การพัฒนาผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่น

DEVELOPMENT OF GRAPE FLAVORED GUMMY JELLY WITH WHEY PROTEIN PRODUCT

ชุติกาญจน์ ไชยปานอนันต์

ณัฐกานต์ น้ำจันทร์

ศวิตา ผโลทัยวรา

โครงงานพิเศษเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (เทคโนโลยีชีวภาพ)

ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2561

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DEVELOPMENT OF GRAPE FLAVORED GUMMY JELLY WITH WHEY PROTEIN PRODUCT

Chutikarn Chaipananan

Natthakan Namjan

Sawita Palothaivara

A SPECIAL PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILMENT OF

THE REQUIRMENT FOR

THE DEGREE OF BACHELOR OF SCIENCE (BIOTECHNOLOGY)

DEPARTMENT OF BIOLOGY, FACULTY OF SCIENCE

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

ACADEMIC YEAR 2018

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงงานพิเศษ	การพัฒนาผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่น Development of grape flavored gummy jelly with whey protein product		
ชื่อนักศึกษา	นางสาว ชุติกาญจน์	ไชยปานอนันต์	รหัส 58050740
	นางสาว ณัฐกานต์	น้ำจันทร์	รหัส 58050744
	นางสาว ศวิตา	ผโลทัยวรา	รหัส 58050816
ปริญญา	วิทยาศาสตรบัณฑิต (เทคโนโลยีชีวภาพ)		
ภาควิชา	ชีววิทยา		
ปีการศึกษา	2561		
อาจารย์ที่ปรึกษา	รศ. ดร. มาริสา จาตุพรพิพัฒน์		

วิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (สจล.) อนุมัติให้โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตร์บัณฑิต (เทคโนโลยีชีวภาพ) ประจำปีการศึกษา 2561

คณะกรรมการสอบ	ลายมือชื่อ
รศ. อารี ฤทธิบูรณ์ ประธานกรรมการ	
ผศ. ดร.สุทธิจิต ศรีวัชรกุล กรรมการ	
รศ. ดร. มาริสา จาตุพรพิพัฒน์ กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษา	

ลิขสิทธิ์ของคณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงงานพิเศษ	การพัฒนาผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่น Development of grape flavored gummy jelly with whey protein product
ชื่อนักศึกษา	นางสาว ชุติกาญจน์ ไชยปานอนันต์ รหัส 58050740 นางสาว ณัฐกานต์ น้ำจันทร์ รหัส 58050744 นางสาว ศวิตา ผโลทัยวรา รหัส 58050816
ปริญญา	วิทยาศาสตรบัณฑิต (เทคโนโลยีชีวภาพ)
ภาควิชา	ชีววิทยา
ปีการศึกษา	2561
อาจารย์ที่ปรึกษา	รศ. ดร. มาริสา จาตุพรพิพัฒน์

บทคัดย่อ

โครงงานพิเศษนี้ได้ทำการพัฒนาผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่น โดยทำการศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างเจลาตินต่อเวย์โปรตีนและคาร์ราจีแนนที่แตกต่างกันทั้งหมด 5 สูตร จากนั้นนำผลิตภัณฑ์ทั้ง 5 สูตรมาทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมี ทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยใช้ระบบ 5 Point Hedonic Scaling รวมทั้งการคำนวณต้นทุนของผลิตภัณฑ์ เพื่อคัดเลือกสูตรที่เหมาะสมที่สุด โดยในที่นี้ คือ สูตรที่ 4 ซึ่งมีอัตราส่วน 50 : 50 จากนั้นนำมาศึกษาการเติมซอร์บิทอลและสารสตีวิโอไซด์เพื่อทดแทนน้ำตาลในผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์กลิ่นรสองุ่นจำนวน 4 สูตร และนำผลิตภัณฑ์ที่ได้มาทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมี ทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยใช้ระบบ 5 Point Hedonic Scaling รวมทั้งการคำนวณต้นทุนของผลิตภัณฑ์ เพื่อคัดเลือกสูตรที่เหมาะสมที่สุด โดยในที่นี้ คือ สูตรที่ 3 ซึ่งมีปริมาณของซอร์บิทอลและสารสตีวิโอไซด์เท่ากับร้อยละ 41.67 และ 0.04 โดยน้ำหนัก ตามลำดับ จากนั้นนำผลิตภัณฑ์มาศึกษาคุณค่าทางโภชนาการ พบว่า ผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์กลิ่นรสองุ่นมีปริมาณไขมันเพียงเล็กน้อย โดยพลังงานส่วนใหญ่ที่ได้จากผลิตภัณฑ์นี้จะมาจากคาร์โบไฮเดรตและโปรตีน ทำการออกแบบฉลากและกราฟิกบนบรรจุภัณฑ์ เพื่อคัดเลือกบรรจุภัณฑ์ที่แสดงออกถึงภาพลักษณ์ที่ดีของผลิตภัณฑ์มากที่สุด นอกจากนี้นำผลิตภัณฑ์ที่ได้รับการคัดเลือกมาทำการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 100 คน พบว่าผู้บริโภคกลุ่มเป้าหมายส่วนใหญ่เป็นเพศหญิงอายุเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 20 ถึง 30 ปี มีรายได้เฉลี่ยต่อเดือนอยู่ที่ 5,000 ถึง 20,000 ซึ่งผู้บริโภคส่วนใหญ่ให้การยอมรับและตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์กลิ่นรสองุ่น เพื่อรวบรวมความคิดเห็นเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์และสามารถนำข้อมูลที่ได้มาพัฒนาผลิตภัณฑ์ต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำสำคัญ : กัมมี่เยลลี่, เจลาติน, คาร์ราจีแนน, กลูโคแมนแนน, กระเจี๊ยบแดง, เวย์โปรตีน, สตีวิโอไซด์, ซอร์บิทอล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Title	Development of grape flavored gummy jelly with whey protein	
Students	Chutikarn Chaipananan	Student ID 58050740
	Natthakan Namjan	Student ID 58050744
	Sawita Palothaivara	Student ID 58050816
Degree	Bachelor of Science (Biotechnology)	
Department	Biology	
Faculty	Science	
University	King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang (KMITL)	
Academic Year	2018	
Advisor	Assoc. Prof. Dr. Marisa Jatupornpipat	

Abstract

We improved grape flavored gummy jelly from carrageenan by adding whey protein in various ratios and examined its physical and chemical attributes using a sensitivity test on a 5 Point Hedonic Scale. We also analysed of the cost for each variation to find the most economic variant, which was the 50:50 ratio. Then we added sorbitol and stevioside to replace sugars within the various gummy jellies before examining the physical and chemical properties and analyzing cost. We found that a variant with sorbitol 41.67% and stevioside 0.04% was optimum. Then, we tested the nutritional value of each variant. The grape flavored gummy jelly with whey protein contained low levels of fatty substances, with the major energy gained from consumption, coming from carbohydrates and proteins. We also need to design the logo and graphics for the product package, to best determine the most appealing image that the product could present. Besides, 100 samples were used to test consumer acceptance, the majority of target group were female, average age 20 to 30 years, with average monthly income ranging from 5,000 to 20,000 baht. Most of the consumers accepted and decided to buy gummy jelly added whey with the grape flavor. The data collected could be used to develop the product further.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Keywords: Gummy jelly, gelatin, carrageenan, glucomannan, rosella, whey protein, stevioside, sorbitol

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานพิเศษ เรื่อง การพัฒนาผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่น จัดขึ้นตามหลักสูตรวิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาเทคโนโลยีชีวภาพ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ซึ่งสามารถสำเร็จลุล่วงได้เป็นอย่างดี โดยได้รับความอนุเคราะห์จาก รองศาสตราจารย์ ดร. มาริสา จาตุพรพิพัฒน์ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานพิเศษ ที่ได้ให้ความช่วยเหลือ คำแนะนำ และข้อคิดเห็น เกี่ยวกับการทำงานตลอดจนตรวจและแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ทำให้โครงงานพิเศษฉบับนี้มีความถูกต้องและสมบูรณ์ ผู้จัดทำขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ อารี ฤทธิ์บูรณ์ และ ผศ. ดร. สุทธิจิต ศรีวัชรกุล ที่กรุณาสละเวลามาเป็นประธานกรรมการ และกรรมการโครงงานพิเศษ พร้อมให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์ที่ทำให้โครงงานพิเศษครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณอาจารย์ทุกท่านที่ได้อบรมสั่งสอน และให้ความช่วยเหลือโดยการถ่ายทอดความรู้ต่างๆ ที่ทำให้โครงงานพิเศษครั้งสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่ในการปฏิบัติงาน ทั้งเครื่องมือและอุปกรณ์ต่างๆ เป็นอย่างดีในการทำโครงงานพิเศษครั้งนี้ ขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่แผนกห้องปฏิบัติการทุกท่านที่ได้ถ่ายทอดความรู้ประสอบการณ์ ขอขอบพระคุณเพื่อนๆ และน้องๆ ที่มีส่วนร่วมช่วยเหลือในการตอบแบบสอบถาม รวมถึง

ข้อเสนอแนะต่างๆ โดยให้กำลังใจและความร่วมมือเป็นอย่างดีผู้จัดทำหวังเป็นอย่างยิ่งว่าโครงงานพิเศษนี้จะเป็นประโยชน์ต่อบุคคลที่สนใจไม่มากก็น้อย หากมีข้อผิดพลาดประการใด ทางผู้ขัดทำต้องขออภัยมา ณ ที่นี้

ชุติกาญจน์ ไชยปานอนันต์

ณัฐกานต์ น้ำจันทร์

ศวิตา ผโลทัยวรา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	ก
Abstract	ค
กิตติกรรมประกาศ	จ
สารบัญ	ฉ
สารบัญตาราง	ฒ
สารบัญภาพ	ถ
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ	ธ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์	3
1.3 ขอบเขตการศึกษา	3
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	4
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	5
2.1 ผลิตภัณฑ์ประเภทลูกกวาด	5
2.1.1 การเสื่อมเสียจากจุลินทรีย์	5
2.2 ผลิตภัณฑ์กัมและเยลลี่	6
2.3 รูปแบบของเยลลี่	7
2.3.1 เยลลี่สำเร็จรูป	7
2.3.2 เยลลี่แบบกึ่งสำเร็จรูป	8
2.4 เจล	9
2.5 ชนิดของเจล	9
2.5.1 เยลลี่	10
2.5.2 เจลแบบตะกอนเบา	10
2.6 การเตรียมเจล	11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.7 การเตรียมเจลจากของเหลว 12

2.8 ไฮโดรคอลลอยด์ (Hydrocolloids) 15

2.9 เจลาติน 16

2.10 คุณสมบัติของเจลาติน 17

2.10.1 การละลาย (Solubility) 17

2.10.2 ความหนืด (Viscosity) 17

2.10.3 สี (Color) 17

2.10.4 ความขุ่น (Turbidity) 18

2.10.5 ความแข็งแรงของเจล (Gel Strength) 18

2.10.6 ความแข็งของเจล (Rigidity) 18

2.10.7 จุดหลอมละลาย (Melting Point) 18

2.11 คาร์ราจีแนน 18

2.12 กระบวนการผลิต 20

2.12.1 การตกตะกอนด้วยแอลกอฮอล์ 20

2.12.2 วิธีการละลายน้ำแข็ง (freeze thaw) 21

2.12.3 วิธีการอัดขึ้นรูปเจล (gel press) 21

2.13 โครงสร้างของคาร์ราจีแนน 22

2.14 สมบัติของคาร์ราจีแนน 23

2.14.1 การละลาย 23

2.14.2 ความหนืด 24

2.14.3 สมบัติในการเกิดเจล 25

2.14.4 ปฏิกิริยาต่อโปรตีน 29

2.14.5 ความเข้ากันได้ของคาร์ราจีแนนกับสารอื่นๆ 29

2.15 การใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมอาหาร 30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.15.1 การนำคาร์ราจีแนนไปใช้กับนม 30

2.15.2 การนำคาร์ราจีแนนไปใช้ในผลิตภัณฑ์อื่นๆ 31

2.16 กลูโคแมนแนน 32

2.17 สมบัติของแป้งบุก 33

2.17.1 ความข้นหนืด (water thickening) 33

2.17.2 การเกิดเจล (gel formation) 33

2.17.3 การเกิดฟิล์ม (film formation) 34

2.17.4 ความหนืด (viscosity) 34

2.18 การใช้ประโยชน์จากแป้งบุก 34

2.18.1 การใช้เป็นอาหารโดยตรง 34

2.18.2 ผลิตภัณฑ์ประเภทแยมและเยลลี่ 35

2.18.3 ผลิตภัณฑ์แปรรูปจากเนื้อสัตว์ 35

2.18.4 ผลิตภัณฑ์แปรรูปที่ไม่เกิดเจล 35

2.18.5 ผลิตภัณฑ์แปรรูปจากแป้ง 35

2.19 องค์ประกอบในการทำเยลลี่ 36

2.19.1 น้ำตาลและกลูโคสไซรัป 36

2.19.2 กรดอินทรีย์ (Acid) 37

2.20 การขึ้นรูปผลิตภัณฑ์กัมและเยลลี่ 40

2.20.1 การขึ้นรูปโดยใช้แม่พิมพ์แป้ง (Starch Moulding) 40

2.20.2 การขึ้นรูปโดยใช้แม่พิมพ์จากวัสดุอื่น (starchless moulding) 41

2.20.3 การขึ้นรูปแบบเทเป็นแผ่น (Shabbing) 41

2.20.4 การขึ้นรูปโดยใช้เอ็กซทรูเดอร์ 41

2.21 การตกแต่งผลิตภัณฑ์ 41

2.22 โปรตีน (Protein) 42

2.22.1 ชนิดของโปรตีน 45

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.23 กรดอะมิโน (amino acid) 45

2.24 บรานชด์เชนอะมิโนแอซิด (branched chain amino acids) 47

2.25 เวย์โปรตีน (Whey Protein) 48

2.25.1 บีต้า-แล็กโทโกลบูลิน (β-lactoglobulin) 50

2.25.2 แอลฟา-แล็กโทโกลบูลิน (α-lactoglobulin) 51

2.25.3 โปรตีโอสเพปโทน (Proteose-peptone) 51

2.25.4 เซรั่ม อัลบูมิน (Serum albumin) 51

2.25.5 อิมมิวโนโกลบูลิน (Immunoglobulins) 51

2.26 แหล่งที่มาและการใช้ประโยชน์จากเวย์โปรตีน 52

2.27 กระบวนการผลิตเวย์โปรตีนผง 53

2.27.1 ชนิดของเวย์โปรตีน 54

2.28 คุณสมบัติเชิงหน้าที่ของเวย์โปรตีน 55

2.28.1 คุณค่าทางโภชนาการ (Nutritive value) 55

2.28.2 การละลาย (Solubility) 56

2.28.3 ความหนืดและความสามารถในการอุ้มน้ำ (Viscosity and Water holding capacity) 56

2.28.4 การเกิดเจล (Gelation) 57

2.28.5 การรวมตัวของน้ำกับน้ำมัน (Emulsification) 58

2.28.6 การเกาะตัวยึดตัว (Adhesion) 58

2.28.7 การเกิดโฟม (Foaming) 59

2.29 สารให้ความหวาน 59

2.29.1 คุณสมบัติของสารให้ความหวาน 59

2.29.1.1 คุณสมบัติทางประสาทสัมผัส 59

2.29.1.2 คุณสมบัติทางเคมี 60

2.29.1.3 คุณสมบัติทางกายภาพ 60

2.29.1.4 คุณสมบัติทางความปลอดภัย 60

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.29.2 การเกิดความหวาน 60
2.29.3 สารให้ความหวานในอุดมคติ 61
2.29.4 ประเภทของสารให้ความหวาน 61
2.30 ซอร์บิทอล (Sorbitol) 62
2.31 ประโยชน์ของซอร์บิทอล 63
2.32 การผลิตซอร์บิทอล 64
2.32.1 การสกัดจากพืช 64
2.32.2 การผลิตจากปฏิกิริยาทางเคมี 65
2.32.3 การผลิตโดยใช้วิธีทางเอนไซม์ 66
2.33 หญ้าหวาน 67
2.33.1 ชื่อทางวิทยาศาสตร์/ชื่อวงศ์/ชื่อสามัญ/ชื่อท้องถิ่น 67
2.33.2 ลักษณะทางพฤษศาสตร์ 67
2.34 การใช้สารสกัดจากหญ้าหวานเพื่อการบริโภค 68
2.35 สารให้ความหวานที่ได้จากหญ้าหวาน 69
2.36 ประโยชน์ที่ได้จากสตีวิโอไซด์ 70
2.36.1 ประโยชน์ของอุตสาหกรรมอาหาร 70
2.36.2 ประโยชน์ทางด้านการแพทย์ 70
2.36.3 ประโยชน์ทางด้านความปลอดภัยและสิ่งแวดล้อม 71
2.36.4 ประโยชน์ทางด้านการทดแทนสารให้ความหวานอื่น 71
2.36.5 ประโยชน์ทางด้านเศรษฐกิจ 71
2.37 ความปลอดภัยในการใช้หญ้าหวาน (Stevia) 72
2.37.1 การศึกษาถึงพิษเฉียบพลัน 72
2.37.2 การศึกษาถึงพิษกึ่งเฉียบพลัน 73

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.38 กระเจี๊ยบแดง	73
2.38.1 ชื่อทางวิทยาศาสตร์/ชื่อวงศ์/ชื่อสามัญ/ชื่อท้องถิ่น/ชื่ออื่นๆ	73
2.38.2 ลักษณะทางพฤกษ์ศาสตร์ของกระเจี๊ยบแดง	74
2.38.3 ส่วนประกอบและคุณค่าทางอาหารของกระเจี๊ยบแดง	75
2.38.4 สารสำคัญ	75
2.39 แอนโทไซยานิน	77
2.40 ปัจจัยที่มีผลต่อสีและการคงตัว	78
2.40.1 โครงสร้างทางเคมี	78
2.40.2 ความเป็นกรด-ด่าง (pH)	79
2.40.3 อุณหภูมิ	80
2.40.4 ออกซิเจนและแสงสว่าง	80
2.40.5 ปัจจัยอื่นๆ	81
2.41 การประเมินลักษณะเนื้อสัมผัสในอาหาร	81
2.42 ความสำคัญของเนื้อสัมผัสในอาหาร	82
2.43 การประเมินลักษณะเนื้อสัมผัสโดยการใช้เครื่องมือ	82
2.43.1 วิธีการวัดค่าพื้นฐานทางวัสดุศาสตร์ (Fundamental measurement)	82
2.43.2 วิธีการวัดค่าแบบประยุกต์ (Empirical measurement)	83
2.43.3 การเลียนแบบวิธีการเคี้ยวของมนุษย์ (Imitative measurement)	83
2.44 ค่าเค้าโครงคุณลักษณะเนื้อสัมผัสทางกายภาพ (Texture Profile Analysis) ด้วยเครื่องมือทำได้อย่างไร	84
2.45 การประเมินค่าคุณลักษณะเนื้อสัมผัสทางกายภาพในตัวอย่างผลิตภัณฑ์อาหาร	85
2.45.1 การวัดค่าแรงกด (Uniaxial compression)	85
2.45.2 การวัดระดับความยืดหยุ่น (Degree of elasticity)	85
2.45.3 การวัดค่าโดยใช้แรงดึง (Tensile test)	86
2.46 ค่าเค้าโครงคุณลักษณะเนื้อสัมผัสทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี Texture Profile	86
2.47 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	89

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย 94

3.1 อุปกรณ์ เครื่องมือ และสารเคมี 94

3.1.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์ 94

3.1.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์ 94

3.1.3 สารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์ 95

3.2 วัตถุดิบ (Raw Material) และสารเคมี 95

3.3 วิธีการทดลอง 95

ตอนที่ 1 การศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างเจลาตินต่อเวย์โปรตีนและคาร์ราจีแนน ในผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่น 95

3.3.1 การวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่น 96

3.3.3.1 คุณสมบัติทางกายภาพ 96

3.3.3.2 คุณสมบัติทางเคมี 97

3.3.2 การทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่น 97

3.3.3 การคำนวณต้นทุนในการผลิตผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่น 97

ตอนที่ 2 การศึกษาการเติมปริมาณของซอร์บิทอลและสารสตีวิโอไซด์ในผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่น 98

ตอนที่ 3 การศึกษาคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์ 99

ตอนที่ 4 การออกแบบตัวอย่างฉลากและกราฟิกบนบรรจุภัณฑ์สำหรับผลิตภัณฑ์ 99

ตอนที่ 5 การศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ 99

บทที่ 4 ผลการวิจัย และอภิปรายผล 102

ตอนที่ 1 ผลการศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างเจลาตินต่อเวย์โปรตีนและคาร์ราจีแนน ในผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่น 101

4.3.1 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่น 101

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.3.1.1 คุณสมบัติทางกายภาพ 101

4.3.1.2 คุณสมบัติทางเคมี 106

4.3.2 ผลการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่น 108

4.3.3 ผลการคำนวณต้นทุนในการผลิตผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่น 101

ตอนที่ 2 ผลการศึกษาการเติมปริมาณของซอร์บิทอลและสารสตีวิโอไซด์ในผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่น 106

4.3.4 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่น 115

4.3.4.1 คุณสมบัติทางกายภาพ 116

4.3.4.2 คุณสมบัติทางเคมี 120

4.3.5 ผลการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่น 121

4.3.6 ผลการคำนวณต้นทุนในการผลิตผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่น 125

ตอนที่ 3 การศึกษาคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่น 126

ตอนที่ 4 การออกแบบตัวอย่างฉลากและกราฟิกบนบรรจุภัณฑ์สำหรับผลิตภัณฑ์ 128

ตอนที่ 5 การยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ 135

บทที่ 5 สรุปผลวิจัยและข้อเสนอแนะ 148

5.1 สรุปผลการวิจัย 148

5.2 ข้อเสนอแนะ 149

เอกสารอ้างอิง 150

ภาคผนวก 159

ภาคผนวก ก ขั้นตอนกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่น 160

ภาคผนวก ข สถิติที่ใช้ในการวางแผนการทดลองและการวิเคราะห์ผลการทดสอบ 164

ภาคผนวก ค การวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ 212

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

ภาคผนวก ง การวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี 215
ภาคผนวก จ การวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ 219
ภาคผนวก ฉ การทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส และการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค 227
ภาคผนวก ช แบบสอบถามกราฟิกผลิตภัณฑ์ 236
ภาคผนวก ซ การประเมินความเป็นไปได้ทางอุตสาหกรรม 242
ประวัติผู้เขียน 247

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	ความชื้นสัมพัทธ์สมดุลของผลิตภัณฑ์ประเภทลูกกวาดแต่ละชนิด	6
2.2	คุณสมบัติของเจลาติน ชนิด A และ ชนิด B	16
2.3	ใบอนุญาตทางกฎหมายของคาร์ราจีแนน	21
2.4	การเปรียบเทียบสมบัติของแคปป้าคาร์ราจีแนนและไอโอต้าคาร์ราจีแนน ในระบบการเกิดเจล (gelling systems)	26
2.5	การเปรียบเทียบสมบัติของตัวของคาร์ราจีแนนแต่ละชนิด	27
2.6	ความเข้มข้นของกรดต่างชนิดที่มีความเป็นกรดด่างเท่ากัน	37
2.7	องค์ประกอบและสมบัติบางประการของเวย์โปรตีน	50
2.8	ดัชนีแสดงคุณค่าทางอาหารของโปรตีนจากแหล่งต่างๆ	56
2.9	สมบัติทางโภชนาการของกระเจี๊ยบแดงสด 100 กรัม	76
2.10	คุณสมบัติเคมีของกระเจี๊ยบแดง	77
2.11	ความหมายของคุณลักษณะเนื้อสัมผัสต่างๆ ในเชิงคุณภาพทางประสาทสัมผัส และคุณภาพทางกายภาพ	88
2.12	คุณลักษณะต่างๆ และตัวอย่างมาตรฐานที่ใช้ตัวอย่างในการประเมิน ทางประสาทสัมผัส	89
3.1	อัตราส่วนระหว่างเจลาตินต่อเวย์โปรตีนและคาราจีแนนที่ใช้ในการผลิตกัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่น ทั้ง 5 สูตร	96
3.2	ปริมาณของซอร์บิทอลและสารสตีวิโอไซด์ในผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีน กลิ่นรสองุ่น ทั้ง 5 สูตร	98
4.1	ผลการประเมินลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ทั้ง 6 สูตร	101
4.2	ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ทั้ง 6 สูตร	104
4.3	ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของผลิตภัณฑ์ทั้ง 6 สูตร	106
4.4	ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ทั้ง 5 สูตร	108

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
4.5	ผลของต้นทุนวัตถุดิบสำหรับการผลิตผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่น (โดยไม่รวมค่าบรรจุภัณฑ์และค่าการตลาด)	112
4.6	ผลการทดสอบประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่นสูตรที่ 4 กับผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่ตามท้องตลาดด้วยวิธี t-test	113
4.7	ผลการประเมินลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ทั้ง 5 สูตร	116
4.8	ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ทั้ง 5 สูตร	118
4.9	ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของผลิตภัณฑ์ทั้ง 5 สูตร	120
4.10	ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ทั้ง 5 สูตร	122
4.11	ผลของต้นทุนวัตถุดิบสำหรับการผลิตผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่น (โดยไม่รวมค่าบรรจุภัณฑ์และค่าการตลาด)	125
4.12	ผลการศึกษาคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่น	126
4.13	สรุปปริมาณพลังงานที่ได้จากสารโปรตีน สารคาร์โบไฮเดรต และไขมันในผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่น	127
4.14	ผลคะแนนการคัดเลือกแบบกราฟิกบนบรรจุภัณฑ์ของผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่น	133
4.15	ผลแสดงความถี่และร้อยละของกลุ่มตัวอย่างจำแนกตามเพศ อายุ และรายได้ต่อเดือน	136
4.16	ผลแสดงความถี่และร้อยละของข้อมูลพฤติกรรมการบริโภคผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่น	138
4.17	ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่น	139
4.18	ผลการทดสอบค่าไคสแควร์ในการยอมรับผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่นของผู้บริโภค โดยจำแนกตามเพศ	140
4.19	ผลการทดสอบค่าไคสแควร์ในการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่นของผู้บริโภค โดยจำแนกตามเพศ	141
4.20	ผลการทดสอบค่าไคสแควร์ในการยอมรับผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่นของผู้บริโภค โดยจำแนกตามอายุ	142

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

4.21 ผลการทดสอบค่าไคสแควร์ในการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่นของผู้บริโภค โดยจำแนกตามอายุ 144

4.22 ผลการทดสอบค่าไคสแควร์ในการยอมรับผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่นของผู้บริโภค โดยจำแนกตามรายได้ 145

4.23 ผลการทดสอบค่าไคสแควร์ในการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่นของผู้บริโภค โดยจำแนกตามรายได้ 146

ตารางผนวกที่

ข-1 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติในตารางที่ 4.1 ผลจากการวิเคราะห์คุณภาพด้านเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่น ทั้ง 6 สูตร 165

ข-2 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติในตารางที่ 4.2 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพของผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่น ทั้ง 6 สูตร 170

ข-3 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติในตารางที่ 4.3 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่น ทั้ง 5 สูตร 175

ข-4 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติในตารางที่ 4.4 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่น ทั้ง 5 สูตร 179

ข-5 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติในตารางที่ 4.6 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่นสูตรที่ 4 และผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่ตามท้องตลาด 183

ข-6 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติในตารางที่ 4.7 ผลจากการวิเคราะห์คุณภาพด้านเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่น ทั้ง 5 สูตร 185

ข-7 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติในตารางที่ 4.8 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพของผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่น ทั้ง 5 สูตร 189

ข-8 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติในตารางที่ 4.9 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่น ทั้ง 5 สูตร 193

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่		หน้า
ข-9	ผลการวิเคราะห์ทางสถิติในตารางที่ 4.10 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่น ทั้ง 5 สูตร	197
ข-10	ผลการวิเคราะห์ทางสถิติในตารางที่ 4.14 ผลการทำแบบสอบถามกราฟิกบนบรรจุภัณฑ์ ทั้ง 3 แบบ	201
ข-11	ผลการวิเคราะห์ทางสถิติในตารางที่ 4.18 ผลการทดสอบค่าไคสแควร์ในการยอมรับผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่น ของผู้บริโภค โดยจำแนกตามเพศ	206
ข-12	ผลการวิเคราะห์ทางสถิติในตารางที่ 4.19 ผลการทดสอบค่าไคสแควร์ในการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่นของผู้บริโภค โดยจำแนกตามเพศ	207
ข-13	ผลการวิเคราะห์ทางสถิติในตารางที่ 4.20 ผลการทดสอบค่าไคสแควร์ในการยอมรับผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่นของผู้บริโภค โดยจำแนกตามอายุ	208
ข-14	ผลการวิเคราะห์ทางสถิติในตารางที่ 4.21 ผลการทดสอบค่าไคสแควร์ในการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่นของผู้บริโภค โดยจำแนกตามอายุ	209
ข-15	ผลการวิเคราะห์ทางสถิติในตารางที่ 4.22 ผลการทดสอบค่าไคสแควร์ในการยอมรับผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่นของผู้บริโภค โดยจำแนกตามรายได้	210
ข-16	ผลการวิเคราะห์ทางสถิติในตารางที่ 4.23 ผลการทดสอบค่าไคสแควร์ในการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่นของผู้บริโภค โดยจำแนกตามรายได้	211
ช-1	ต้นทุนคงที่และต้นทุนแปรผันในการผลิตผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่น	244

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2.1	การสานตัวกันของอนุภาคเพื่อให้เกิดเจล	11
2.2	การจับตัวกันของโมเลกุลภายในเจล	13
2.3	การจัดเรียงตัวกันของโมเลกุลแบบต่างๆ ณ จุดที่จับตัวกัน โดยมีแรงจับจากมากไปหาน้อยตามลำดับ	14
2.4	แหล่งวัตถุดิบที่สำคัญของคาร์ราจีแนน	19
2.5	โครงสร้างทางเคมีของคาร์ราจีแนนชนิดต่างๆ (1) ไอโอต้าคาร์ราจีแนน (2) แคปป้าคาร์ราจีแนน และ (3) แลมบ์ด้าคาร์ราจีแนน	22
2.6	กลไกการเกิดเจลของคาร์ราจีแนน	25
2.7	โครงสร้างกลูโคแมนแนน	32
2.8	โครงสร้างของกรดซิตริก	38
2.9	กระบวนการสังเคราะห์โปรตีน	43
2.10	โครงสร้างของกรดอะมิโน	46
2.11	เวย์โปรตีน	48
2.12	โครงสร้างของซอร์บิทอล	63
2.13	หญ้าหวาน	68
2.14	โครงสร้างของสตีวิโอไซด์	69
2.15	ลักษณะดอกของกระเจี๊ยบแดง	74
2.16	โครงสร้างของแอนโทไซยานิน	78
2.17	การเปลี่ยนสีของแอนโทไซยานินที่ค่าความเป็นกรด-ด่างต่างๆ	79
2.18	ลักษณะแรงกดที่กระทำต่อตัวอย่าง	83
2.19	กราฟที่ได้จากการทำ Texture Profile Analysis	84
2.20	ลำดับการเกิดความรู้สึกเกี่ยวกับเนื้อสัมผัสในปาก	87
4.1	ปริมาณสารอาหารที่ให้พลังงานในผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่น	128
4.2	ฉลากโภชนาการแบบย่อของผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่น	129

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ(ต่อ)

ภาพที่		หน้า
4.3	ฉลาก GDA ของผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่น	130
4.4	แบบกราฟิกบนบรรจุภัณฑ์ของผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีน กลิ่นรสองุ่น แบบที่1	131
4.5	แบบกราฟิกบนบรรจุภัณฑ์ของผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีน กลิ่นรสองุ่น แบบที่2	132
4.6	แบบกราฟิกบนบรรจุภัณฑ์ของผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีน กลิ่นรสองุ่น แบบที่3	133
4.7	ลักษณะของผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่นที่ใช้ในการทดสอบการยอมรับผู้บริโภค	137

ภาพ ผนวกที่

ก-1	ขั้นตอนการต้มน้ำกระเจี๊ยบแดง	164
ก-2	สารก่อเจล, เวย์โปรตีน และกรดซิตริก	165
ก-3	สารให้ความหวาน	165
ซ-1	กราฟแสดงการวิเคราะห์จุดคุ้มทุน	245

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

คำย่อ/สัญลักษณ์	คำอธิบาย
BACC	Branched chain amino acid
BV	Biological Value
CFM	Cross-flow Microfiltration
DE	Dextrose Equvalent
DNA	Deoxyribonucleic Acid
EU	European Union
HWP	Hydrolyzed Whey Protein
IE	Ion Exchange
mRNA	Messenger Ribonucleic Acid
NADH	Nicotinamide Adenine Dinucleotide
NADPH	Nicotinamide Adenine Dinucleotide phosphate
NPU	Net Protein Utilization
PER	Protein Efficiency Ratio
RNA	Ribonucleic Acid
tRNA	Transfer Ribonucleic Acid
TSPP	Tetrasodium Pyrophosphate
USDA	United States Department of Agriculture
US. FDA	US. Food and Drug Administration
WPC	Whey Protein Concentrate
WPI	Whey Protein Isolate

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

ปัจจุบันการรับประทานขนมกัมมี่เยลลี่เป็นที่นิยมในกลุ่มเด็กและผู้ใหญ่บางกลุ่มมากขึ้น ซึ่งผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่จัดเป็นผลิตภัณฑ์ประเภทลูกกวาด ซึ่งมีส่วนแบ่งการตลาดประมาณครึ่งหนึ่งของตลาดลูกกวาดในประเทศไทย และกำลังได้รับความนิยมเพิ่มมากขึ้น (สุวรรณา, 2543) เนื่องจากเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีสีสันหลากหลาย อีกทั้งผู้บริโภคจะเพลิดเพลินกับผลิตภัณฑ์ที่สามารถเคี้ยวได้ ผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีเนื้อสัมผัสเหนียวนุ่ม ยืดหยุ่น มีลักษณะแห้งไม่ติดมือ ซึ่งเป็นลักษณะเฉพาะของผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่จึงทำให้ผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เป็นที่โปรดปรานของคนในทุกเพศทุกวัย นอกจากนี้ยังพบว่าผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่ที่วางขายทั่วไปตามท้องตลาด มักเป็นผลิตภัณฑ์ที่ผลิตมาจากสารที่ทำให้เกิดเจล น้ำตาลทราย กรด สารปรุงแต่งสีและกลิ่นรสสังเคราะห์ของผลไม้ต่างๆ ซึ่งเมื่อพิจารณาถึงคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่จะพบว่า สารอาหารหลักของกัมมี่เยลลี่นั้น คือ คาร์โบไฮเดรต ซึ่งมีคุณค่าด้านพลังงานเท่านั้น (จุฑารัตน์, 2553) การเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการในผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่จึงเป็นการเพิ่มทางเลือกหนึ่งให้แก่ผู้บริโภค เนื่องจากคนไทยได้หันมาใส่ใจสุขภาพมากขึ้น จึงให้ความสนใจกับอาหารที่รับประทาน แน่นอนว่าอาหารที่รับประทานนั้นจะต้องเป็นอาหารที่มีประโยชน์ บำรุงสุขภาพและพยายามหลีกเลี่ยงอาหารที่ไม่ส่งผลดีต่อสุขภาพ เช่น อาหารที่มีรสจัด โดยเฉพาะอาหารที่มีรสหวานจัด ซึ่งผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่นั้นเป็นขนมหวานที่มีสารอาหารที่มีประโยชน์ในปริมาณต่ำและมีปริมาณน้ำตาลค่อนข้างสูง ดั้งนั้น หากรับประทานขนมหวานประเภทกัมมี่เยลลี่ในปริมาณมากและบ่อยครั้งอาจส่งผลเสียต่อสุขภาพได้

ผู้วิจัยจึงได้เล็งเห็นถึงโอกาสในการปรับปรุงและพัฒนาผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่ให้กลายเป็นขนมทานเล่นเพื่อสุขภาพ สำหรับรองรับแนวโน้มการเติบโตของตลาดอาหารเพื่อสุขภาพ และในปัจจุบันมีกลุ่มคนจำนวนหนึ่งที่หันมาใส่ใจสุขภาพด้วยการรับประทานอาหารที่เหมาะสม พอดี และมีประโยชน์ต่อร่างกาย โดยมีแนวทางในการเสริมโปรตีนคุณภาพสูง โปรตีนเป็นโครงสร้างพื้นฐานที่สำคัญสำหรับการสร้างส่วนประกอบอวัยวะ เนื้อเยื่อ กล้ามเนื้อ และเซลล์ต่างๆภายในร่างกาย รวมถึงเสริมสร้างร่างกายให้เจริญเติบโต ซ่อมแซมส่วนที่สึกหรอ ในผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่ที่ผู้วิจัยได้พัฒนาจึงมีเวย์โปรตีนเป็นส่วนผสมที่สำคัญ โดยเวย์โปรตีนนั้นถือเป็นแหล่งของโปรตีนคุณภาพสูงอุดมไปด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรดอะมิโนครบถ้วนทั้ง 20 ชนิดและมีกรดอะมิโนชนิด branched-chain amino acid (BCAAs) ได้แก่ ลิวซีน (leucine), วาลีน (valine) และ ไอโซลิวซีน (isolucine) (อัจฉริยา, 2551) เป็นโปรตีนที่ย่อยง่าย ทำให้ร่างกายสามารถดูดซึมไปใช้สร้างกล้ามเนื้อได้อย่างรวดเร็ว ช่วยเสริมสร้างมัดกล้ามเนื้อให้มีขนาดใหญ่ขึ้นและช่วยซ่อมแซมกล้ามเนื้อที่สูญเสียไปขณะออกกำลังกายอย่างหนักได้อย่างมีประสิทธิภาพ การรับประทานเวย์โปรตีนจะช่วยเสริมสร้างภูมิคุ้มกันให้แข็งแรง อีกทั้งยังมีประสิทธิภาพในการป้องกันโรคร้ายต่าง ๆ เนื่องจากเวย์โปรตีนจะไปเพิ่มสารกลูตาไธโอนให้กับร่างกาย ซึ่งสารนี้ทำหน้าที่ในการต่อต้านอนุมูลอิสระโดยตรง จึงทำให้ระบบภูมิคุ้มกันของร่างกายสามารถทำงานได้มีประสิทธิภาพมากขึ้น เหมาะสำหรับผู้ที่ต้องการเพิ่มปริมาณโปรตีนให้แก่ร่างกายโดยไม่เพิ่มปริมาณคาร์โบไฮเดรต น้ำตาลและไขมันส่วนเกิน และในผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่นั้นจะมีส่วนประกอบหลัก คือ น้ำตาลทราย เนื่องจากน้ำตาลทรายเป็นตัวช่วยแต่งเติมรสชาติให้อร่อย แต่การบริโภคน้ำตาลทรายในปริมาณที่มากเกินไปจะก่อให้เกิดผลเสียต่อสุขภาพ ได้แก่ โรคอ้วน โรคฟันผุ โรคเบาหวาน เป็นต้น และโรคต่างๆดังกล่าวเป็นโรคปฐมภูมิที่นำไปสู่โรคเรื้อรังอื่นๆได้มากมาย ด้วยปัญหาดังกล่าวจึงมีแนวคิดของการบริโภคเพื่อสุขภาพที่เกิดขึ้นในหมู่ผู้บริโภคซึ่งได้ก่อให้เกิดกระแสในการลดการบริโภคน้ำตาลลง เพื่อตัดปัญหาสำคัญที่จะเกิดกับสุขภาพ ทำให้ในปัจจุบันหันมาผลิตผลิตภัณฑ์ต่างๆที่มีปริมาณน้ำตาลลดลงหรือปราศจากน้ำตาลออกมาจำหน่ายในท้องตลาดมากมาย โดยมีการใช้สารให้ความหวานทดแทนน้ำตาล ดังนั้นจึงมีความพยายามอย่างมากในการหาสารให้ความหวานต่างๆมาใช้แทนน้ำตาลทรายโดยในงานวิจัยนี้ได้เลือกใช้สารให้ความที่มีความปลอดภัยและนิยมใช้ในอาหารมาประยุกต์ใช้เป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่น ซึ่งได้มีการเลือกใช้สตีวิโอไซด์ เป็นสารสกัดจากใบหญ้าหวาน ซึ่งเป็นสารให้ความหวานแทนน้ำตาลที่ปลอดภัยต่อสุขภาพ เนื่องจากไม่ให้พลังงานและมีรสคล้ายน้ำตาลมากที่สุดซึ่งความหวานนั้นจะอยู่ในปากได้นาน โดยจะใช้ร่วมกับซอร์บิทอลซึ่งมีคุณสมบัติเพิ่มมวลเหมือนน้ำตาลทรายแต่ให้พลังงานต่ำกว่า ไม่ทำให้น้ำตาลในเลือดเพิ่มขึ้นอย่างเฉียบพลันและไม่ก่อให้เกิดฟันผุอีกด้วย นอกจากนี้ผู้วิจัยยังได้ใช้น้ำกระเจี๊ยบแดงที่ให้รสเปรี้ยว และสีสันที่สวยงามแทนสารปรุงแต่งสีและกลิ่นรสสังเคราะห์

โดยงานวิจัยนี้ได้ดำเนินการพัฒนาผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่น เพื่อเป็นทางเลือกให้ผู้บริโภคที่หลีกเลี่ยงการบริโภคน้ำตาลในปริมาณที่มากเกินไป ดังนั้นการผลิตผลิตภัณฑ์ที่ดีทำให้ตระหนักและมุ่งมั่นที่จะสร้างผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพและขั้นตอนการค้นคว้าวิจัยพัฒนาสูตรออกแบบผลิตภัณฑ์ใหม่สู่ท้องตลาดจะสามารถสร้างความแตกต่างเพื่อเพิ่มมูลค่าทางการตลาดได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาปริมาณอัตราส่วนระหว่างเจลาตินกับเวย์โปรตีนและคาร์ราจีแนนที่เหมาะสมในการพัฒนาผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่น

2. เพื่อศึกษาปริมาณของซอร์บิทอลและสตีวิโอไซด์ที่เหมาะสมในกัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่น ที่มีผลต่อการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

3. เพื่อศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพ เคมีและคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์

4. เพื่อศึกษาและออกแบบบรรจุภัณฑ์ให้เป็นรูปลักษณ์ตัวแทนของผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่น

5. เพื่อศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่น

1.3 ขอบเขตการศึกษา

โครงงานพิเศษวิจัยนี้มีขอบเขตการศึกษาคือ พัฒนากัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่น เพื่อปรับปรุงผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่ให้กลายเป็นขนมทานเล่นที่มีปริมาณสารอาหารประเภทโปรตีนและปริมาณแคลอรี่ที่ต่ำกว่าท้องตลาด โดยมีอัตราส่วนระหว่างเจลาตินต่อเวย์โปรตีนและคาร์ราจีแนนทั้งหมด 5 สูตร ดังนี้ 100 : 0 (ชุดควบคุม) , 70 : 30, 60 : 40, 50 : 50 และ 40 : 60 ตามลำดับ และทำการเติมซอร์บิทอลและสารสตีวิโอไซด์เพื่อทดแทนน้ำตาลในผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่นจำนวน 4 สูตร กำหนดระยะเวลาการศึกษา วันที่ 17 มกราคม พ.ศ. 2562 ถึงวันที่ 25 มิถุนายน พ.ศ. 2562 ทำการสืบค้นข้อมูลผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่ตั้งแต่ ปี พ.ศ. 2545 จนถึง 2561 โดยใช้สิทธิบัตรและงานวิจัย เพื่อศึกษาสูตรพื้นฐาน วิธีการ และวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่น นำผลิตภัณฑ์ที่ได้ไปทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมี ทำการประเมินผลคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส รวมทั้งคำนวณต้นทุนในการผลิตและวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของสูตรที่ดีที่สุดของผลิตภัณฑ์ จากนั้นทำการออกแบบฉลากและกราฟิกบรรจุภัณฑ์ โดยปฏิบัติตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข และทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคของผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 ประโยชน์ที่ได้รับ

1. ได้ข้อมูลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่

2. ได้ศึกษาและพัฒนาผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนที่มีคุณค่าทางอาหารที่ปราศจากน้ำตาล

3. ได้ศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพ เคมีและคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่น

4. ได้ศึกษาและออกแบบบรรจุภัณฑ์ให้เป็นรูปลักษณ์ตัวแทนของผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่น

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ผลิตภัณฑ์ประเภทลูกกวาด

ผลิตภัณฑ์ประเภทลูกกวาดนี้ได้เริ่มมีมาเมื่อสองพันปีก่อนคริสตศักราช ซึ่งชนชาติอียิปต์เป็นชนชาติแรกที่มีศิลปะในการทำผลิตภัณฑ์และผลิตเครื่องมือขึ้นมาใช้ ผลิตภัณฑ์ชนิดแรกที่ทำขึ้นมามีชื่อเรียกว่า ลูกกวาด (Sweetmeats) ทำได้จากการนำน้ำผลไม้, น้ำตาลจากธรรมชาติ (Sweet Herb), ถั่วและเครื่องเทศผสมกับน้ำผึ้ง นอกจากนี้ชนชาติกรีกยังมีการประยุกต์นำแป้งเปียกมาใช้เพื่อช่วยในการทำให้ผลิตภัณฑ์คงรูปด้วย จะเห็นได้ว่าในสมัยก่อนสิ่งที่ให้รสชาติหวานจะเป็นน้ำผึ้ง เพราะในสมัยนั้นยังไม่มีการผลิตน้ำตาลขึ้นมา จึงทำให้ผลิตภัณฑ์มีไม่กี่ชนิด ในปัจจุบันผลิตภัณฑ์ประเภทลูกกวาดมีหลากหลายชนิดมากขึ้น โดยอุตสาหกรรมลูกกวาดจัดเป็นลำดับ 9 ของอุตสาหกรรมอาหาร ผลิตภัณฑ์ประเภทลูกกวาด (Sugar Confectionery) เป็นผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากการผสมกันของซูโครสกับกลูโคสไซรัปในอัตราส่วนที่เหมาะสม ซูโครสในผลิตภัณฑ์จะมีอยู่ 3 สถานะ คือ สถานะที่เป็นสารละลาย (Solution) เช่น กัม, เยลลี่และทอฟฟี่, สถานะที่เป็นอสัณฐาน (Amorphous) เช่น ลูกกวาดชนิดแข็ง, สถานะบางส่วนเป็นอสัณฐานและบางส่วนเป็นสารละลาย เช่น ฟัดจ์ (Fudge)และฟองดองท์ (Fondant) โดยในผลิตภัณฑ์ประเภทลูกกวาดจะต้องมีหลักเบื้องต้น ดังนี้ ผลิตภัณฑ์ประเภทลูกกวาดจะต้องไม่อยู่ภายใต้การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางกายภาพระหว่างเก็บรักษา, ผลิตภัณฑ์ประเภทลูกกวาดจะต้องไม่อยู่ภายใต้กระบวนการหมัก (Fermentation), การเจริญเติบโตของราและจุลินทรีย์อื่นๆที่ทำให้เกิดการเสื่อมเสียระหว่างการเก็บรักษา, ผลิตภัณฑ์ประเภทลูกกวาดจะต้องมีคุณสมบัติทางกายภาพปกติทั่วไปและมีความเฉพาะในแต่ละผลิตภัณฑ์ นอกจากนี้ผลิตภัณฑ์ประเภทลูกกวาดจะต้องมีความสวยงามและดูน่ารับประทาน

2.1.1 การเสื่อมเสียจากจุลินทรีย์

ผลิตภัณฑ์ประเภทลูกกวาดจะต้องมีความชื้นสัมพัทธ์สมดุล (ERH) ต่ำกว่าร้อยละ 75 หรือปริมาณของแข็ง (Solid Content) ไม่ต่ำกว่าร้อยละ 75 จึงจะไม่ก่อให้เกิดการเสื่อมเสียจากจุลินทรีย์ ถ้าผลิตภัณฑ์มีความชื้นสัมพัทธ์สมดุลสูงกว่าร้อยละ 75 ทั้งราและยีสต์จะสามารถเจริญเติบโตในส่วนของสารละลายที่เป็นคาร์โบไฮเดรตเป็นผลทำให้เกิดการเน่าเสียได้ที่ความชื้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัมพัทธ์สมดุลผลิตภัณฑ์ไม่มีการสูญเสียน้ำหรือรับน้ำจากบรรยากาศโดยค่าความชื้นสัมพัทธ์สมดุลจะแสดงอยู่ในรูปของร้อยละ ส่วนปริมาณน้ำอิสระ (Water Activity) จะอยู่ในรูปของทศนิยม (Jackson, 2000) เช่น ความชื้นสัมพัทธ์สมดุลเท่ากับ 70 แสดงว่าผลิตภัณฑ์มีปริมาณน้ำอิสระ (Water Activity) เท่ากับ 0.7 ความชื้นสัมพัทธ์สมดุลของผลิตภัณฑ์ลูกกวาดชนิดต่างๆดังที่แสดงในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ความชื้นสัมพัทธ์สมดุลของผลิตภัณฑ์ประเภทลูกกวาดแต่ละชนิด

ชนิดของผลิตภัณฑ์ประเภทลูกกวาด	ความชื้นสัมพัทธ์สมดุล (ร้อยละ)
ลูกอม	น้อยกว่า 30
คาราเมล	45-50
ครีม	80-85
ฟองดองท์	75-80
ฟัดจ์	60-76
เยลลี่	57-65
มาชเมลโล่	64-72
เตอร์กิชดีไลท์	60-70

ที่มา : Jackson (2000)

2.2 ผลิตภัณฑ์กัมและเยลลี่

ผลิตภัณฑ์ประเภทกัม (Gums) และเยลลี่ (Jellies) เป็นผลิตภัณฑ์ประเภทลูกกวาดกลุ่มใหญ่ที่มีกรรมวิธีการผลิตที่น่าสนใจแตกต่างกัน (Lees and Jackson, 1973) ผลิตภัณฑ์ในกลุ่มนี้สำหรับผู้บริโภคทั่วๆไปมักจะเข้าใจว่าเป็นผลิตภัณฑ์เดียวกันและมักเรียกรวมๆกันว่า เยลลี่ เพราะมี ลักษณะคล้ายๆกันคือ เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีความหยุ่น นิ่ม เหนียว ต้องเคี้ยวกิน มีเนื้อสัมผัส ที่แตกต่าง กันออกไปตั้งแต่อ่อนนุ่มแต่มีความยืดหยุ่นสูง จนเหนียวแข็งกัดขาดได้ยาก กัมและเยลลี่เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีความชื้นสูง คือ มีความชื้นร้อยละ 10 - 25 แต่มีค่าความชื้นสัมพันธ์สมดุลไม่สูงมากนัก ทั้งนี้เนื่องจากไฮโดรคอลลอยด์ที่เป็นส่วนประกอบทำหน้าที่ในการยึดจับน้ำส่วนหนึ่งไว้ (สุวรรณา, 2543)

เยลลี่ หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ทำมาจากน้ำผลไม้ที่ได้มาจากการคั้นหรือมาจากสกัดจากผลไม้สด โดยตรงหรือน้ำผลไม้ที่นำมาผ่านกรรมวิธี หรืออาจจะทำให้เข้มข้น การแช่แข็งนำมาผสมกับสารที่เป็นตัวให้ความหวาน จะมีลักษณะเป็นเจลโปร่งที่แสง และยังมีกลิ่นของตัวผลไม้ มีสีที่สวยดูสะดุดตา จะมีลักษณะที่ลื่นแต่ไม่มีความเยิ้ม และยังไม่มีเนื้อผลไม้ผสมเจือปนอยู่ นอกจากนี้แล้วอาจจะมีการเติมตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรดเพื่อจะปรับรสชาติให้ดีขึ้นและยังช่วยในเรื่องของการก่อเกิดเจล และยังเป็นสารที่ให้ความหนืด ได้แก่ เพคติน เพื่อจะให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีสภาพตัวเจลที่เหมาะสม (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2521) ทั้งนี้แล้วให้รวมถึงตัวของเยลลี่ที่อยู่ในลักษณะแบบแห้งอีกด้วย (กระทรวงสาธารณสุข, 2528)

2.3 รูปแบบของเยลลี่

ผลิตภัณฑ์เยลลี่นั้นทำการจำหน่ายโดยทั่วไปในท้องตลาดนั้นจะสามารถแบ่งออก ได้เป็น 2 รูปแบบ ดังนี้

2.3.1 เยลลี่สำเร็จรูป

จะประกอบไปด้วยเยลลี่ที่รับประทานเป็นแบบอาหารว่าง (dessert jelly) โดยส่วนใหญ่ใช้ตัวคาร์ราจีแนน (carrageenan) ซึ่งเป็นสารที่สามารถทำให้เกิดเจลได้ (gelling agent) จะมีการเติมน้ำตาล เติมน้ำผลไม้ เติมสารแต่งสี เติมกรด หรือสารปรุงแต่งกลิ่นรสลงไป ผลิตภัณฑ์ที่ได้นั้นจะมีทั้งส่วนของรสหวานและรสเปรี้ยว ตัวอย่างของผลิตภัณฑ์ที่พบกันโดยทั่วไปในท้องตลาดนั้น เช่น เจเล่ และเยลลี่ตราปีโป้ อิมพีเรียล และเยลลี่ที่ใช้รับประทานเป็นแบบขนมหวาน (confectionery jelly) ซึ่งเยลลี่ในแบบของชนิดนี้นั้นจะมีส่วนรสหวานแบบเพียงอย่างเดียวเท่านั้น ส่วนใหญ่จะใช้ตัวเจลาติน (gelatin) เป็นตัวสารที่ทำให้เกิดเจลและยังมีการเติมตัวน้ำเชื่อมแบบกลูโคส (glucose syrup) ลงไปอีกด้วย ตัวอย่างของแบบผลิตภัณฑ์ที่พบกันโดยทั่วไปในท้องตลาด เช่น โยโย่และเยลลี่ตราจอลลี่แบร์ หรือแบบผลิตภัณฑ์ที่ผลิตมาจากตัวอะการ์ (agar agar) ซึ่งจะพบได้ในรูปของวุ้นซึ่งเป็นพวกขนมไทยในแบบต่างๆ เช่น วุ้นกะทิ หรือ วุ้นไข่ เป็นต้น ตัวอัลจิเนตนั้นจะสามารถใช้เตรียมเยลลี่แบบอาหารว่าง (dessert jelly) ซึ่งจะมีความคงตัวต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าอุณหภูมิ จะมีความใสและเนื้อแน่น ตัวเจลนั้นจะเกิดขึ้นในเวลาอันรวดเร็วภายใต้อุณหภูมิของตู้เย็น แต่ที่อุณหภูมิของห้องนั้นเจลก็จะสามารถเกิดได้เช่นกันซึ่งเยลลี่แบบอาหารว่าง (dessert jelly) ที่เตรียมจากตัวของอัลจิเนตนั้นจะมีค่าความคงตัวต่อสภาวะในการแช่แข็งด้วย

ส่วนเยลลี่แบบอาหารว่าง (dessert jelly) ที่เตรียมจากตัวอะการ์นั้นก็จะสามารถทนเรื่องของความร้อนได้ดี เพราะตัวอะการ์นั้นจะเกิดเจลได้ที่อุณหภูมิที่ต่ำกว่าอุณหภูมิที่จุดหลอมเหลวอยู่มาก ซึ่งจะทำให้เจลที่ได้นั้นจะสามารถทนอุณหภูมิที่ร้อนได้ดี ตัวเจลที่ได้นั้นจะมีลักษณะเป็นแบบเนื้อที่แข็ง มีความใส เปราะ มีความแตกง่าย และจะเกิดซิเนอรีซิส (syneresis) เป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เจลชนิดที่สามารถผันกลับได้โดยความร้อน (thermo-reversible gel) การเติมตัวน้ำตาลหรือตัวเดกซ์ทริน หรืออาจจะผสมกับตัวโลคัสบีนกัมก็จะทำให้เจลที่ได้นั้นมีความแข็งแรงและมีความยืดหยุ่นเพิ่มขึ้นอีกด้วย ลดการเกิดซิเนอรีซิส (syneresis) ได้แต่ถ้าเติมตัวสตาร์ชหรือตัวโซเดียมอัลจิเนตนั้นก็จะทำให้ได้ผลที่ตรงกันข้ามกันก็คือจะทำให้ตัวนั้นเจลจะมีความแข็งแรงน้อยลง ผลิตภัณฑ์ที่เยลลี่แบบขนมหวานก็จะใช้ความเข้มข้นของตัวอะการ์นั้นในประมาณร้อยละ 0.3-1.8 การผลิตเยลลี่โดยใช้ตัวเพคตินนั้นจะนิยมใช้เพคตินที่มีเมทอกซีสูง (High methoxyl pectin, HW)แบบจะเกิดตัวเจลได้ช้า (slow set) ซึ่งในการผลิตตัวเยลลี่จากตัวเพคตินนั้นจะสามารถทำได้ในสภาวะที่ค่อนข้างที่จะจำกัดทั้งในด้านของเรื่องความเข้มข้นของตัวน้ำตาลที่จะต้องมีค่าสูงกว่าร้อยละ 50 รวมไปถึงค่าความเป็นกรดและด่างที่ใช้จะต้องอยู่ในช่วงที่ระหว่าง 3.4-3.8

การใช้ตัวเจลาตินในการผลิตเยลลี่แบบอาหารว่าง (dessert jelly) จะทำให้ได้เยลลี่ในแบบที่มีลักษณะมีความใส และเมื่อจะใช้ในการผลิตเยลลี่แบบขนมหวาน (confectionery jelly) ซึ่งจะทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้นั้นจะมีลักษณะเนื้อที่สัมผัสเป็นแบบหนุบหนับ (chewy) ซึ่งผลิตภัณฑ์ที่รู้จักกันเป็นอย่างดีก็คือ กัมมีแบร์ นั้นจะมีปริมาณค่าของแข็งสุดท้ายจะอยู่ในช่วง 80-83 องศาบริกซ์ (°Brix) นอกจากนี้แล้วเมื่อลองนำเอาตัวเจลาตินไปผสมทำงานร่วมกับตัวของพอลิเมอร์ชนิดต่างๆ ก็จะทำให้ได้ลักษณะแบบเนื้อสัมผัสที่ค่อนข้างจะมีความแตกต่างกันออกไป ดังต่อไปนี้ นำเจลาตินมาผสมกับตัวอะการ์และตัวเพคตินจะทำให้ได้ตัวลักษณะเนื้อสัมผัสแบบที่เปราะแตกง่าย, นำเจลาตินผสมกับตัวสตาร์ชดัดแปลงจะทำให้ได้ตัวลักษณะเนื้อสัมผัสแบบที่เป็นยืดหยุ่น (elastic) ลดลง นอกจากนี้การนำเจลาตินผสมกับตัวกัมอะราบิกจะทำให้ได้ตัวลักษณะเนื้อสัมผัสแบบที่มีความแข็งและแน่น

2.3.2 เยลลี่แบบกึ่งสำเร็จรูป

ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่จะมีลักษณะที่เป็นแบบผงซึ่งจะประกอบไปด้วยตัวเจลาตินและน้ำตาล สารแต่งสีกรดซิตริก และสุดท้ายคือสารที่ปรุงแต่งกลิ่นและรส ยกตัวอย่างเช่น โลโบ้ เยลลี่กึ่งสำเร็จรูปตราเบสท์ฟูดส์ อิมพีเรียล เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 เจล

คำว่า “เจล” แปลว่าแช่แข็ง ซึ่งมาจากภาษาละติน gelare หมายถึงการทำให้โซลแข็งตัวหรือสารละลาย โดยโซลหรือสารละลายหลายชนิด ซึ่งจะเปลี่ยนแปลงไปเป็นเจลได้ โดยมีอุณหภูมิ ในสภาพแวดล้อมและความเข้มข้นที่เหมาะสม โซลและสารละลายที่เป็นของเหลว ซึ่งมีอนุภาคเล็กๆหรือโมเลกุล กระจายอยู่ในตัวทำกระจาย (น้ำ) โดยเปลี่ยนแปลงรูปได้ตามลักษณะที่บรรจุ ส่วนเจลโดยปกติจะไม่เปลี่ยนรูปได้โดยง่าย เนื่องจากมีลักษณะกึ่งแข็ง เป็นวุ้น เป็นความแข็งที่เกิดจากการสานตัวกันระหว่างโมเลกุลหรืออนุภาค แต่เจลหลายชนิดก็มีลักษณะทางกายภาพไม่ต่างจากของเหลว สามารถไหลหรือเปลี่ยนแปลงรูปได้ตามลักษณะของภาชนะบรรจุ ดังนั้นการที่จะพิจารณาว่าของเหลวเป็นเจลหรือไม่จึงต้องมีหลักเกณฑ์ และ หลักเกณฑ์ที่พิจารณามีอยู่ 2 ประการ คือประการที่หนึ่งเจลจะต้องมีส่วนผสมอยากน้อย 2 ส่วน ส่วนหนึ่งจะเป็นของเหลวและอีกส่วนหนึ่งจะเป็นของแข็ง ประการที่สองเจลจะต้องมีคุณสมบัติเป็นของแข็ง เป็นลักษณะที่ทราบได้โดยการตรวจดูค่าแรงดันไหล เจลทุกชนิดจะมีค่าแรงดันไหลไม่มากก็น้อย มีอาหารหลายชนิดที่มีลักษณะเหมือนแจล แต่ส่วนที่เป็นของเหลงจะระเหยออกไป เหลือแต่ของแข็ง และมีเนื้อที่แน่นมาก ในกรณีเช่นนี้จะไม่เรียกว่าเจล แต่มีคุณสมบัติคล้ายเจล กล่าวคือ สามารถดูดตัวทำกระจาย พองตัวและเปลี่ยนเป็นเจลได้ในที่สุด เรียกกันว่า “ซีโรเจล” (Zerogel) เช่น เจลาตินแห้ง เป็นต้น ผลิตภัณฑ์จากธรรมชาติหลากหลายชนิด เช่น แป้ง หนังสัตว์แห้ง และ เส้นใยเซลลูโลส สามารถดูดน้ำและพองตัวได้จึงอาจจัดอยู่ในกลุ่มของซีโรเจลได้ สำหรับเจลที่ปราศจากของเหลวและไม่สามารถดูดของเหลวหรือพองตัว จะไม่เรียกว่าซีโรเจล แต่เรียกว่า “เรซินหรือกลาส“ (resin or glass) ซึ่งส่วนใหญ่เป็นสารแมคโครโมเลกุลาร์ (สารแมคโครโมเลกุลาร์ (macromolecules)) (มลฤดี และ ศุทธีนี, 2543)

2.5 ชนิดของเจล

เจลมี 2 แบบ คือ แบบที่เป็นเยลลี่ (jelly) และ แบบที่เป็นตะกอนเบา (gelatinous precipitates) เจลที่เตรียมได้จากสารอินทรีย์หรือสารอนินทรีย์เป็นเจลที่มีตัวกระจายและตัวทำกระจายอยู่ทั่วไปทั้งระบบ โดยแต่ละองค์ประกอบ มีการเชื่อมต่อกันในสามทิศทางอย่างไม่ขาดตอน เมื่อนำไปทำให้แห้งความหยุ่นตัวยังคงมีอยู่ในหลายโอกาสเมื่อเรียกว่า “เจล” จะหมายความถึงเยลลี่ ส่วนเจลแบบที่สองที่เป็นตะกอนเบาเกิดจากสารอนินทรีย์ เมื่อความเข้มข้นของสารละลายเพิ่มสูงขึ้นจะทำให้เป็นเจลเร็วขึ้น และทำให้น้ำแยกตัวออกมา ซึ่งอาจจะทำให้เกิดเป็นเยลลี่ได้ถ้าความอิ่มตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ยิ่งยวดสูงมากพอ และมีการควบคุมอัตราการตกตะกอนช้าลง ตัวอย่างสารที่ให้เกิดเจลลักษณะนี้ ได้แก่ ซิลิกา แมงกานีสอาซีเตท และออกไซด์ เป็นต้น เจลที่ได้ไม่หยุ่นตัวเมื่อนำไปทำแห้ง

2.5.1 เยลลี่

เยลลี่ที่เตรียมจากสารอนินทรีย์จะพบน้อยมากในอาหาร เป็นเจลที่เกิดจากอนุภาคที่ดูดน้ำได้ดี โดยการสานตัวกันในสามทิศทาง มีลักษณะคล้ายกับฟองน้ำและดูดน้ำทั้งหมดไว้ เจลชนิดนี้เกิดขึ้นกับเกลือบางชนิดเท่านั้น สารอนินทรีย์ที่ให้เจลแบบตะกอนเบาก็อาจเกิดเยลลี่ได้ถ้าอยู่ในสภาวะเหมาะสม ส่วนเยลลี่ที่เกิดจากสารอินทรีย์พบมากที่สุดในอาหาร สารที่ให้เจลแบบนี้ ได้แก่ วุ้น แป้ง เพคติน และเจลาติน อนุภาคที่เกิดเจลอาจมีรูปร่างกลม ยาว หรือรูปร่างแบบอื่นๆก็ได้ เหมือนกับเจลแบบตะกอนเบา ซึ่งจะมีทั้งที่เป็นผลึกและอสัญฐาน ในธรรมชาติเจลแบบนี้มีโครงสร้างที่ซับซ้อนมีทั้งเจลเนื้อเดียว, เจลเนื้อผสมและเจลที่มีเนื้ออื่นผสม เยลลี่หลายชนิดมีลักษณะไม่แตกต่างไปจากโซล ถ้าตรวจดูด้วยสายตา ตัวอย่างเช่น โซลของเจลาตินที่เจือจางมีลักษณะไม่แตกต่างกับเยลลี่ที่เกิดขึ้นหลังจากที่ทำให้โซลเย็นตัว ในขณะที่โซลเข้มข้นเกิดเจลอย่างเห็นได้ชัดเจน เจลที่เกิดขึ้นทั้งสองกรณีมีลักษณะใส โซลเจลาตินที่มีความเข้มข้นต่ำสามารถเทได้เหมือนของเหลวแต่เมื่อตรวจดูด้วยเครื่องมือที่มีความไวสูง ก็พบว่าโซลของเจลาตินที่มีความเข้มข้นต่ำให้ค่าแรงดันไหล ซึ่งเป็นลักษณะของเจลแสดงว่าจุดที่โมเลกุลจับตัวกันใช้แรงต่ำมาก สามารถแตกออกจากกันได้ง่าย เมื่อตั้งทิ้งไว้จะจับตัวกันใหม่ เป็นคุณสมบัติที่เรียกว่า ทิโซทรอปิก (thixotropic) (มลฤดี และ ศุทธินี, 2543)

2.5.2 เจลแบบตะกอนเบา

เจลชนิดนี้เกิดจากสารอนินทรีย์ที่ไม่ละลายน้ำ แต่สามารถดูดซับน้ำได้ดี ส่วนใหญ่เป็นพวกที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ เช่น แมกนีเซียมไฮดรอกไซด์ เฟอริกออกไซด์ เป็นต้น ตะกอนมีความหนืดหรือมีลักษณะปั้นได้ ประกอบด้วยผลึกเล็กๆเป็นจำนวนมาก ผลึกหรืออนุภาคที่สามารถเกิดเจลได้อาจมีรูปยาวบางหรือรูปร่างแบบอื่นๆก็ได้ แต่ถ้ามีรูปร่างยาวบางจะเกิดเจลได้ดีกว่า โดยเฉพาะผลึกที่มีรูปร่างยาวและบอบบางจะงอตัวได้ การสานตัวกันจะทำได้ดี แต่ถ้าอนุภาคมีรูปร่างกลมหรือรูปร่างแบบอื่นๆ จะมีลักษณะแข็งงอตัวได้ยาก การสานตัวกันจะทำได้ลำบาก ถึงแม้จะมีโมเลกุลน้ำเกาะติดอยู่ก็ตาม การเกิดเจลจะทำได้ยากนอกจากอนุภาคเหล่านั้นจะมีวิธีการจับตัวกันเป็นเส้นตรงยาวได้เป็นสายอนุภาคที่งอตัวได้ จะทำให้เกิดการสานตัวกันใน 3 ทิศทาง เจลที่เกิดขึ้นจึงมีความนุ่ม ซึ่งเป็นลักษณะของเจลที่แท้จริง อนุภาคที่ประกอบกันเป็นเจลนั้นถ้าดูดน้ำได้ไม่มาก พร้อมทั้งสานตัวกันก็ทำได้ไม่ดีนัก ตะกอนเบาจะเกิดขึ้นได้เมื่อใช้สารละลายที่มีความเข้มข้นสูงขึ้น เช่น ในกรณีของเกลือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แคลเซียมคาร์บอเนต เป็นต้น เจลแบบตะกอนเบาจะพบในอาหารบ้างแต่ไม่มากนัก เช่น พบในกรณีของการผสมน้ำเหลือกับน้ำปูนใสเพื่อเตรียมน้ำเกลือสำหรับดองผลไม้ เป็นตะกอนของเกลือแมกนีเซียมไฮดรอกไซด์ หรือพบในหม้อทำไอน้ำเมื่อใส่สารเคมี จำพวกเกลือฟอสเฟตลงไปเพื่อกำจัดความกระด้าง ทำให้เกิดตะกอนเบาของเกลือแคลเซียมฟอสเฟต เป็นต้น การเกิดตะกอนเบาในอาหารเป็นสิ่งที่ไม่ต้องการ แต่จะมีประโยชน์ในการกำจัดสารบางชนิดก่อนนำน้ำไปใช้ (มลฤดี และ ศุทธีนี, 2543)

2.6 การเตรียมเจล

ภาพที่ 2.1 การสานตัวกันของอนุภาคเพื่อให้เกิดเจล

ที่มา : Tomohisa (2003)

เจลอาจเตรียมได้จากของแข็งหรือจากของเหลว ส่วนที่เตรียมได้จากของแข็งจะต้องใช้สารพวก สารแมคโครโมเลกุลาร์ (macromolecules) ที่ดูดน้ำและพองตัวได้ ส่วนที่เตรียมจากของเหลวตัวกระจายอาจมีขนาดเล็ก เป็นสารละลายอย่างแท้จริงหรือเป็นตัวกระจายที่มีขนาดใหญ่อยู่ในเกณฑ์ของสารคอลลอยด์ก็ได้อย่างไรก็ตามการที่สารละลายหรือสารคอลลอยด์ จะเป็นเจลได้ตัวกระจายต้องจับตัวกันเป็นอนุภาคเล็กๆ และ กระจายไปทั่วระบบก่อน หลังจากนั้นจึงจับตัวกันใน 3 ทิศทาง อนุภาคของแข็งที่เกิดขึ้นนั้น อาจอยู่ในรูปของผลึกหรืออสัณฐานก็ได้ ด้วยเหตุนี้สภาวะใดก็ตามที่ทำให้เกิดความอิ่มตัวยิ่งยวด อย่างเช่น การลดอุณหภูมิ, การระเหยน้ำ, การใส่สารบางชนิด หรือการทำปฏิกิริยาเคมี จะเป็นขั้นตอนแรกของการเตรียมเจล หลังจากนั้นจะต้องทำให้มีสภาวะแวดล้อม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เหมาะสมเพื่อให้เกิดการสานตัวกันเป็นร่างแห ลักษณะการสานตัวกันอาจเกิดขึ้นได้ 4 รูปแบบ เมื่ออนุภาคมีลักษณะการสานตัวกัน เกิดจากการเคลื่อนที่เข้าหากันและเกาะตัวกันเป็นเส้นยาว เมื่ออนุภาคมีรูปร่างยาวรี การสานตัวกันจะเกิดจากปลายแหลมเข้าไปเกาะกับส่วนหนึ่งส่วนใดของอนุภาคอื่นๆ เมื่ออนุภาคมีลักษณะเป็นเส้นยาวแบบ สารแมคโครโมเลกุลาร์ (macromolecules) การสานตัวกันจะเกิดการเรียงตัวกันของส่วนใดส่วนหนึ่งของเส้น ทำให้ส่วนนั้นเกิดเป็นผลึกขึ้น_หรือ เกิดจากปฏิกิริยาเคมีแบบครอสลิงค์ แรงที่อนุภาคจับตัวกันนั้นมีทั้งแบบแรงแวนเดอร์วาลส์ และแรงประจุ นอกจากนี้แล้วยังมีโมเลกุลหรือ อนุภาคอื่นๆ เข้ามาเกาะเกี่ยวด้วย โดยจะเข้าไปเกาะอนุภาคที่เกิดเจล เช่น น้ำ เป็นต้น การสานตัวกันนั้นจะเกิดขึ้นทั้งระบบหรือไม่ ขึ้นอยู่กับชนิดของอาหาร วิธีการเตรียม และความเข้มข้น ถ้าสารละลายมีความเข้มข้นต่ำเกินไปจะเกิดเพียงตะกอนขุ่นเท่านั้น อย่างไรก็ตาม ความเข้มข้นที่เปลี่ยนจากตะกอนขุ่นมาเป็นเยลลี่ของสารแต่ละชนิดจะเกิดขึ้นอย่างไม่แน่นอน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสภาวะการเตรียม (มลฤดี และ ศุทธินี, 2543)

2.7 การเตรียมเจลจากของเหลว

ในการเตรียมเจลอาจใช้ของเหลวที่เป็นโซลหรือสารละลายก็ได้ ถ้าใช้สารละลายจะเหมาะสำหรับการเตรียมเจลจากสารอนินทรีย์ การเตรียมเจลทั้งแบบตะกอนและแบบเยลลี่ จะใช้วิธีของ Von Weiman ส่วนจะเกิดจะเจลแบบใดนั้นขึ้นอยู่กับคุณสมบัติการดูดซับน้ำ ถ้าสารชนิดนั้นดูดซับน้ำได้ดีจะเกิดเยลลี ในทางตรงกันข้ามถ้าสารชนิดนั้นดูดซับน้ำได้น้อยจะเกิดเจลแบบตะกอนเบา ถ้าผสมสารละลายเข้าด้วยกันแล้วเกิดตะกอนทันทีจะให้ตะกอนแบบตะกอนหนักและตะกอนเบาไม่สม่ำเสมอ ซึ่งเป็นปัญหาการผลิตเนื่องด้วยการผสมในระยะแรกเมื่อเทส่วนผสมลงไปส่วนหนึ่งจะเกิดเจลอย่างรวดเร็ว จะให้เจลที่มีเนื้อแข็งและเมื่อผสมอีกส่วนหนึ่งลงไปจะเกิดเจลอีกเป็นเจลที่มีลักษณะเบา เจลที่ได้จึงมีทั้งหนักและเบา ถ้ามีการกวนระหว่างการผสมจะทำให้โครงสร้างของเจลถูกทำลายไป แต่สามารถทำให้อัตราการตกตะกอนต่ำลงโดยไม่ทำให้ความเข้มข้นที่จุดใดจุดหนึ่งสูงเกินไปจะทำให้ได้ผลิตภัณฑ์เยลลี่ เช่น การใส่สารละลายตัวใดตัวหนึ่งลงไปทีละน้อย ในขณะทำการกวนให้เข้ากัน เป็นต้น การลดอุณหภูมิให้ต่ำลงในขณะทำการผสมก็ทำให้อัตราการตกตะกอนช้าลงและช่วยให้เกิดเยลลี่ได้ดีขึ้น (มลฤดี และ ศุทธินี, 2543)

การเตรียมเจลอาจทำได้จากโซลโดยเฉพาะโซลของสารแมคโครโมเลกุลาร์ (macromolecules) การเกิดเจลแบบนี้จะต้องเกิดผลึกขึ้นแบบใดแบบหนึ่งอย่างแน่นอน แต่มิใช่ผลึก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขนาดใหญ่จนกระทั่งมองเห็นได้ การที่จะทำให้ผลึกเกิดขึ้นได้นั้นจะต้องลดการละลายของสารให้ต่ำลง เช่น การลดอุณหภูมิ การใส่สารบางชนิดลงไปเพื่อลดการละลาย การทำให้เกิดปฏิกิริยาเคมีเพื่อเปลี่ยนแปลงโมเลกุลของตัวละลาย เป็นต้น เมื่อการละลายลดถึงระดับหนึ่งความอิ่มตัวจะเกิดขึ้น โมเลกุลของสารละลายจะจับตัวกันเอง เนื่องจากโมเลกุลมีความยาวมากการจับตัวกันจึงเกิดขึ้นหลายจุด และหลายโมเลกุล ทำให้เกิดตาข่ายขึ้นดังในภาพที่ 2.2 ถ้าจุดที่จับตัวกันมีโมเลกุลเข้าเกี่ยวข้องน้อย เจลที่เกิดขึ้นยังคงมีลักษณะเป็นของเหลว ถ้าจุดที่จับตัวกันนั้นมีโมเลกุลเข้าเกี่ยวข้องมาก จะทำให้เกิดผลึกขึ้น ณ จุดนั้น แต่จะมีโมเลกุลเข้าเกี่ยวข้องจำนวนเท่าใดนั้นขึ้นอยู่กับความอิ่มตัวยิ่งยวดและจำนวนผลึกที่เกิดขึ้นพร้อมๆกัน การเกิดผลึกแบบนี้ทำให้โมเลกุลจับตัวกันอย่างแน่นหนา และแยกเป็น 2 ส่วน คือส่วนที่เป็นของแข็งและ ส่วนที่เป็นของเหลว ซึ่งเป็นลักษณะของเจลอย่างแท้จริง เมื่อตั้งทิ้งไว้นานการจับตัวกันที่จุดใหม่ๆ จะเกิดขึ้นอีก พร้อมทั้งผลึกที่เกิดขึ้นก่อนแล้วจะมีขนาดใหญ่ขึ้น แต่ก็ยังไม่สามารถตรวจสอบได้ด้วยกล้องจุลทรรศน์ การที่ของเหลวเปลี่ยนไปเป็นของแข็งผสมกับของเหลวจะตรวจสอบได้ด้วยวิธีเอ็กซเรย์ทางตรง ถ้าผลึกมีขนาดใหญ่จนถึงระดับหนึ่งจะปรากฏให้เห็นเป็นจุดที่เรียกว่า interference spot ส่วนจำนวนโมเลกุลที่เกี่ยวข้องกับผลึกนั้น กล่าวกันว่ามีจำนวนอย่างน้อย 30 ซึ่งนับว่าค่อนข้างสูง และสงสัยกันว่าจะเกิดขึ้นได้อย่างไร เมื่อโมเลกุลในสารละลายมีการเคลื่อนไหวได้ดี หรืออยู่กันไม่ยุ่งเหยิงอย่างที่คิด ซึ่งพบว่าเป็นความจริงมีบางส่วนของโมเลกุลจัดเรียงตัวกันอยู่แล้ว

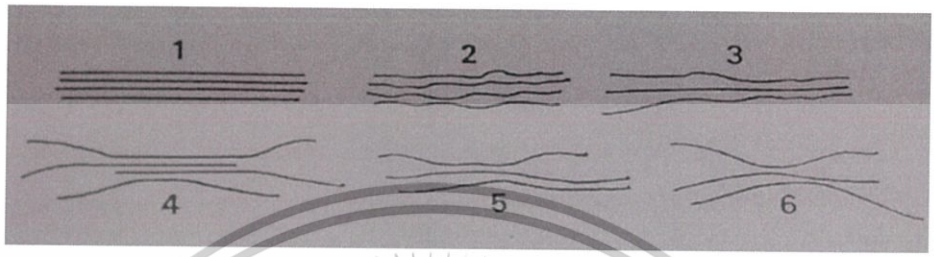
ภาพที่ 2.2 การจับตัวกันของโมเลกุลภายในเจล

ที่มา : ณรงค์ (2538)

ขนาดของผลึกขึ้นอยู่กับสภาวะของการเกิดผลึกและอายุของเจล ถ้าทำให้เกิดเจลอย่างรวดเร็วจะทำให้ผลึกที่มีลักษณะแตกต่างไปจากผลึกที่เกิดขึ้นอย่างช้าๆอายุของเจล, อุณหภูมิที่เก็บและการใส่สารบางชนิดลงไปก็จะทำให้เกิดผลึกลักษณะแตกต่างกันออกไป อย่างไรก็ตามจุดที่โมเลกุล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จับตัวกันนั้น อาจมีขนาดเล็กไม่อยู่ในเกณฑ์ที่เรียกว่าผลึก แต่ก็มีความสำคัญมากต่อโครงสร้างและคุณสมบัติของเจล สำหรับโมเลกุลที่จับตัวกันนั้นมีแรงจับ (พลังงาน) ไม่เท่ากัน ถ้าส่วนของโมเลกุลมีการเรียงตัวกันได้อย่างแนบสนิทจะเกิดแรงจับตัวกันสูงสุด มีความเหนียวแน่นมาก แต่ถ้าโมเลกุลเรียงตัวกันได้ไม่แนบสนิทมากนัก แรงจับตัวกันจะลดลงดังในภาพที่ 2.3



ภาพที่ 2.3 การจัดเรียงตัวกันของโมเลกุลแบบต่างๆ ณ จุดที่จับตัวกัน โดยมีแรงจับจากมากไปหาน้อยตามลำดับ

ที่มา : ณรงค์ (2538)

เจลบางชนิดจะเกิดขึ้นเมื่อทำให้ร้อนและจะเปลี่ยนเป็นโซลเมื่อทำให้เย็นตัว เช่น เมธิลเซลลูโลส เป็นต้น แต่เจลบางชนิดเกิดจากการทำให้โซลเย็นตัว ถ้าความเข้มข้นของโซลสูงมากพอและอุณหภูมิที่เกิดเจลต่ำมากพอ เช่น โซลของเจลาตินที่มีความเข้มข้นร้อยละ 1 จะเกิดเจลที่อุณหภูมิต่ำกว่า 10 องศาเซลเซียส และไม่เกิดเจลเลยที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส โดยทั่วๆไปอุณหภูมิที่เจลหลอมเหลวเป็นโซลและอุณหภูมิที่โซลแข็งตัวเป็นเจลจะไม่เท่ากัน อาจห่างกันถึง 5-10 องศาเซลเซียส เจลาตินมีช่วงความแตกต่างเช่นนี้ต่ำกว่าวุ้น วุ้นหลอมเหลวที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส และแข็งตัวที่อุณหภูมิต่ำกว่า 35 องศาเซลเซียส โซลเพคตินจะเปลี่ยนเป็นเจลได้ถ้ามีกรดและน้ำตาลมากพอ โดยกรดและน้ำตาลจะทำหน้าที่ลดการละลายให้น้อยลง แต่ถ้าใส่แอลกอฮอล์หรือกลีเซอรีนลงไป โซลเพคตินจะเกิดเจลได้ ถึงแม้จะไม่มีกรดเนื่องจากเพคตินละลายในแอลกอฮอล์หรือกลีเซอรีนได้น้อยกว่าละลายน้ำ

โดยทั่วไปเยลลี่อาจแบ่งตามองค์ประกอบและการบริโภคได้ 2 ประเภท คือ เยลลี่ที่มีลักษณะคล้ายแยม มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดไม่ต่ำกว่าร้อยละ 68 และมีองค์ประกอบที่เป็นสัดส่วนของน้ำตาล เพคตินและกรดที่เหมาะสมสำหรับการเกิดเจลที่ดี ใช้ประโยชน์เพื่อประกอบอาหารเช่นเดียวกับแยม ส่วนเยลลี่อีกประเภทหนึ่งที่เรียกว่า เฟรชเยลลี่ (fresh jelly)มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดไม่เกินร้อยละ 20 มีลักษณะใส ลื่น แต่ไม่เยิ้ม ใช้ประโยชน์สำหรับบริโภคโดยตรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8 ไฮโดรคอลลอยด์ (Hydrocolloids)

ไฮโดรคอลลอยด์เป็นโพลิเมอร์แบบชนิดที่ชอบน้ำ (hydrophilic) ที่ได้จากทั้งพืช สัตว์ จุลินทรีย์ รวมไปถึงโพลิเมอร์ที่ดัดแปลงมาจากทั้งจากการสังเคราะห์หรือมาจากธรรมชาติ โพลิเมอร์เหล่านี้จะแสดงหน้าที่ที่สำคัญในอาหาร เช่น เป็นสารก่อให้เกิดความหนืด ทำให้เกิดการก่อเจล, เป็นสารที่ทำให้เกิดความคงตัวอยู่รูปและเป็นอิมัลซิไฟเออร์ (emulsifier) เป็นต้น โดยทั่วไปจะเป็นโมเลกุลที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูงประกอบไปด้วยหมู่ไฮดรอกซี (-OH) และอาจจะเป็นพอลิอิเล็กโทรไลต์ (polyelectrolyte)อื่นๆ โดยชนิดของไฮโดรคอลลอยด์สามารถแบ่งได้ตามแหล่งที่มาออกเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ (นิธิยา, 2534)

1) ไฮโดรคอลลอยด์ที่ได้มาจากสิ่งธรรมชาติ ซึ่งได้จากส่วนต่างๆของพืชได้แก่เมล็ดหรือยาง เช่น กัมอาราบิก (gum arabic) โลคัสบีนกัม (locust bean gum) ลำต้นหรือราก ยกตัวอย่างเช่น พวกแป้งหรืออาจได้จากพวกสาหร่ายในทะเล ยกตัวอย่างเช่นแคร์ราจีแนน (carrageenan) หรืออาจนำมาจากพวกสัตว์ ยกตัวอย่างเช่น ไคติน (chitin) หรืออาจมาจากกระบวนการหมักโดยใช้เชื้อจุลินทรีย์ ยกตัวอย่างเช่น แซนแทนกัม (xanthan gum)

2) ไฮโดรคอลลอยด์แบบสังเคราะห์ (synthetic hydrocolloids) เช่น โพลีเอธิลีนออกไซด์โพลีเมอร์ (polyethylene oxide polymers)

3) ไฮโดรคอลลอยด์ที่ดัดแปลงจากสารที่ได้มาจากธรรมชาติ (modified natural hydrocolloids) ได้แก่ อนุพันธ์ของเซลลูโลส เช่น คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส (Carboxymethyl cellulose / CMC)

ส่วนใหญ่แล้วไฮโดรคอลลอยด์ที่นำไปใช้ประโยชน์ในด้านอุตสาหกรรมอาหารเป็นไฮโดรคอลลอยด์จากธรรมชาติและดัดแปลงจากธรรมชาติ ไฮโดรคอลลอยด์แต่ละชนิดจะมีสมบัติแตกต่างกันเมื่อนำมาใช้จะสามารถทำหน้าที่ได้หลากหลายอย่าง เช่น เป็นสารทำให้เพิ่มความคงตัว (stabilizer), สารทำให้เพิ่มความหนืด (thickener), สารที่ก่อให้เกิดเจล (gelling agent) และหน้าที่อื่นๆ ในผลิตภัณฑ์อาหาร ปัจจัยในการเลือกใช้ไฮโดรคอลลอยด์ที่ควรพิจารณา ได้แก่ ลักษณะเนื้อหรือรูปร่าง (body) ที่ต้องการ, เมื่อมีอาหารอยู่ในปากมีลักษณะความรู้สึกอย่างไร (mouthfeel), เนื้อสัมผัส (texture) ของเจล (gel) ที่ต้องการมีลักษณะอย่างไร,ลักษณะปรากฏที่ต้องการ (appearance) มีลักษณะอย่างไร, ความคงตัว (stability) ต่อกระบวนการผลิตมีลักษณะอย่างไร และความคงตัวของการเก็บรักษามีลักษณะอย่างไร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณะโครงสร้างของไฮโดรคอลลอยด์ที่ต่างกันจะมีคุณสมบัติที่แตกต่างกันดังต่อไปนี้ โครงสร้างโพลิเมอร์ลักษณะเชิงเส้นแบบที่มีสายกิ่งก้าน (linear with side chains) ให้ความหนืดสูง ปกติจะไม่เกิดเจลแต่จะเกิดเจลได้เมื่ออยู่ร่วมกับสารประกอบอื่นๆในสภาวะที่เหมาะสม ยกตัวอย่าง เช่น โลคัสบีนกัมและกัวกัม, โครงสร้างโพลิเมอร์ในลักษณะเชิงเส้น (linear) เมื่อละลายน้ำหรือเมื่อเกิดการกระจายตัวจะให้ความหนืดสูง เกิดเจลและเกิดการคืนตัวได้ง่ายดาย (retrogradation) ยกตัวอย่างเช่น แอลจิเนต, อะการ์, เพคตินและเซลลูโลส เป็นต้น, โครงสร้างโพลิเมอร์ลักษณะที่มีกิ่งก้าน (branched chains) ให้ความหนืดต่ำและคงตัวดี จะไม่มีการเกิดเจล มีความเหนียว ยกตัวอย่างเช่น กัมอะราบิก

2.9 เจลาติน

เป็นโปรตีนชนิดหนึ่งที่ได้จากเส้นใยคอลลาเจน ประกอบด้วยกรดอะมิโนทั้งหมด 19 ชนิดต่อกันด้วยพันธะเปปไทด์ (peptide) เป็นสายยาว ย่อยง่าย เจลาตินเป็นโปรตีนที่มีคุณค่าทางโภชนาการที่ไม่สมบูรณ์ เนื่องจากขาดกรดอะมิโนที่จำเป็น คือ ทริปโตเฟน เจลาตินผลิตจาก 3 แหล่งด้วยกัน คือ หนังหมู กระดูกวัวและหนังวัว ที่กำจัดเกลือแร่ออกแล้ว เจลาตินที่ได้จากแต่ละแหล่งจะมีองค์ประกอบที่แตกต่างกัน (Glicksman, 1969) องค์ประกอบโดยทั่วไปของเจลาตินประกอบด้วย คาร์บอนร้อยละ 50.11 ไฮโดรเจนร้อยละ 6.56 ไนโตรเจนร้อยละ 17.81 ซัลเฟอร์ร้อยละ 0.26 และออกซิเจนร้อยละ 25.26 เจลาตินแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ ชนิด A เป็นเจลาตินที่ผลิตจากหนังหมูโดยใช้กรดในการสกัด ชนิด B เป็นเจลาตินที่ผลิตจากกระดูกวัวและหนังวัว โดยใช้ด่างในการสกัด เจลาตินทั้ง 2 ชนิดนี้จะมีคุณสมบัติที่แตกต่างกัน ดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 คุณสมบัติของเจลาติน ชนิด A และ ชนิด B

คุณสมบัติ	ชนิด A	ชนิด B
ความชื้น	8-12 (ร้อยละ)	8-12 (ร้อยละ)
pH	3.8-5.5	5.0-7.5
จุดไอโซอิเล็กทริก	7.0-9.0	4.7-5.1
ความแข็งของเจล	50-300 (บลูม)	50-275 (บลูม)
ความหนืด	2.0-7.0 (เซนติพอยส์)	2.0-7.5 (เซนติพอยส์)
เถ้า	0.3 (ร้อยละ)	0.5-2.0 (ร้อยละ)

ที่มา : Glicksman (1969)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.10 คุณสมบัติของเจลาติน

เจลาตินเป็นส่วนประกอบที่ใช้กันโดยทั่วไปในการผลิตผลิตภัณฑ์ประเภทลูกกวาดเจลาตินจะมีหน้าที่ในการขึ้นรูปและปรับปรุงโครงสร้างและเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ (Garcia, 2000) ผลิตภัณฑ์กัมและเยลลี่ เจลาตินจะมีเนื้อสัมผัสค่อนข้างนุ่ม เหนียวและมีความยืดหยุ่น โดยคุณสมบัติของเจลาตินจะมีดังนี้

2.10.1 การละลาย (Solubility)

เจลาตินจะไม่ละลายในน้ำเย็น แต่จะเกิดการพองตัวและสามารถละลายในน้ำร้อนได้ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นอกจากนี้เจลาตินยังสามารถละลายในสารละลายโพลีไฮดริกแอลกอฮอล์ (Polyhydric Alcohols) เช่น ซอร์บิทอล (Sorbital) โพรพิลีนไกลคอล (Propylene Glycol) และ กลีเซอร์รีน (Glycerin) แต่จะไม่ละลายในสารละลายแอลกอฮอล์ (Alcohol) และอะซิโตน (Acetone)

2.10.2 ความหนืด (Viscosity)

ความหนืดเกิดจากเจลาตินละลายในน้ำ ความหนืดเป็นคุณสมบัติหนึ่งของเจลาตินที่มีความสำคัญ เจลาตินโดยทั่วไปจะมีความหนืดประมาณ 2-7 เซนติพอยส์ ความหนืดของเจลาตินจะขึ้นอยู่กับมวลโมเลกุลมากกว่าความแข็งแรงของเจล เจลตินที่มีความแข็งแรงของเจลสูงจะมีความหนืดต่ำกว่าเจลาตินที่มีความแข็งแรงของเจลต่ำ ในสารละลายที่ไม่มีเกลือความหนืดจะต่ำสุดที่จุดไอโซอิเล็กทริก ความหนืดของเจลจะเพิ่มขึ้นเมื่อความเข้มข้นของเจลเจลาตินสูงขึ้น และอุณหภูมิลดลง โดยสารละลายเจลาตินจะเริ่มเกิดเจลเมื่ออุณหภูมิลดลงความหนืดจะสูงขึ้นอย่างช้า ๆ จนกระทั่งการเกิดเจลคงที่

2.10.3 สี (Color)

สีของเจลาตินขึ้นอยู่กับชนิดของวัตถุดิบที่ใช้และขั้นตอนการสกัด เจลาตินจากหนังหมูจะมีสีจางกว่าจากกระดูก แต่สีของเจลาตินไม่มีอิทธิพลต่อคุณสมบัติของเจลาติน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.10.4 ความขุ่น (Turbidity)

ความขุ่นเกิดจากสิ่งสกปรกที่ไม่ละลายน้ำ (Insoluble Impurities) ที่มาจากขั้นตอนการสกัด การเติมเกลือ (Neutral Salt) จะมีผลทำให้ความใส ความหนืด และความแข็งแรงของ ‘เจลของเจลาตินคงที่

2.10.5 ความแข็งแรงของเจล (Gel Strength)

คุณสมบัติที่สำคัญอย่างหนึ่งของเจลาติน คือสามารถเปลี่ยนกลับได้ (Reversible) โดยขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ (Borchard and Lechtenfeld, 2001) การเกิดเจลของเจลาตินเกิด จากโมเลกุลของ เจลาตินจับกับน้ำด้วยพันธะไฮโดรเจน ความแข็งแรงของเจลจะวัดโดยใช้เครื่องบลูมจีโอมิเตอร์ (Bloom Gelometer) ซึ่งเป็นเครื่องมือมาตรฐานสำหรับอุตสาหกรรมเจลาติน โดยทั่วไปจะมีความแข็งแรงประมาณ 50-300 บลูม

2.10.6 ความแข็งของเจล (Rigidity)

เจลของเจลาตินจะมีความยืดหยุ่น (Elastic) ความแข็งของเจลจะมีความสัมพันธ์ผกผันกับอุณหภูมิ เมื่ออุณหภูมิลดลงความแข็งของเจลก็จะเพิ่มขึ้น เวลาในการเกิดเจลขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของเจลาติน ความแข็งของเจลจะเพิ่มขึ้นเมื่อเวลาเพิ่มขึ้น

2.10.7 จุดหลอมละลาย (Melting Point)

เจลาตินจะมีจุดหลอมละลายต่ำประมาณ 27-34 องศาเซลเซียส จุดหลอมละลายจะเพิ่มขึ้น เมื่อความเข้มข้นของเจลาตินสูงขึ้นและจะมีความสัมพันธ์โดยตรงกับน้ำหนักโมเลกุลของเจลาติน คือ ถ้าน้ำหนักโมเลกุลของเจลาตินสูง จุดหลอมละลายจะสูงขึ้น

2.11 คาร์ราจีแนน

สารที่สกัดได้จากสาหร่ายทะเลสีแดง (*Rhodophyceae*) คือ คาร์ราจีแนน ซึ่งทางการค้าจะใช้ชนิดที่ผลิตผลิตภัณฑ์ได้แก่ ชนิด *E. spinosum* และ *Euchema cottonii* กาแลคโตสถือเป็นโครงสร้างหลักเชื่อมต่อกันด้วยพันธะไกลโคไซด์และยังเป็นซัลเฟตพอลิแซ็คคาไรด์ คาร์ราจีแนนยังมีกลุ่มย่อยอีกหลายชนิดตามตำแหน่งและจำนวนของกลุ่มเอสเอทซัลเฟตและจำนวนของ 3,6 anhydro-D-galactose (3,6-AG) ได้แก่ แคปป้าคาร์ราจีแนน (**K**; kappa), ไอโอต้าคาร์ราจีแนน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(I; iota) และ แลมบ์ด้าคาร์ราจีแนน (λ; lambda) ซึ่งคาร์ราจีแนนทั้ง 3 ชนิดนี้จะประกอบไปด้วยโครงสร้างของโพลีแซคคาไรด์ตัวหลักที่ซ้ำๆกันหลายหน่วย ภายในตัวสาหร่ายส่วนใหญ่นั้นจะมีคาร์ราจีแนนอย่างน้อยนั้น 2-3 ตัวผสมกันอยู่ แคปป้าคาร์ราจีแนนและไอโอต้าคาร์ราจีแนน เพียงเท่านั้นที่จะมีสมบัติสามารถเกิดเจลได้ ในเวลาที่มีโปแตสเซียมไอออน ในส่วนของประเภทแลมบ์ด้าคาร์ราจีแนน นั้นไม่สามารถเกิดเจลได้ (วราภรณ์, 2534)

แหล่งที่มาของตัวสาหร่ายสีแดงที่เป็นวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตตัวคาร์ราจีแนนดังภาพที่ 2.4 เช่น *Chondrus crispus* ซึ่งพบในน้ำที่เย็นเล็กน้อยใช้ผลิตคาร์ราจีแนนชนิดแคปป้าและแลมบ์ด้า *Eucheuma* ซึ่งพบในน้ำอุ่นใช้ผลิตคาร์ราจีแนนชนิดแคปป้าและไอโอต้า ส่วน *Gigartina* ซึ่งพบในน้ำเย็นจัดใช้ผลิตคาร์ราจีแนนชนิดแคปป้าและแลมบ์ด้าเขตที่ทำการเพาะเลี้ยงสาหร่ายอยู่ในประเทศฟิลิปปินส์และอินโดนีเซีย การใช้ประโยชน์จากสาหร่ายเหล่านี้เริ่มแพร่หลายขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วงเวลาสิบปีที่ผ่านมา การเก็บเกี่ยวสาหร่ายในแหล่งน้ำเย็นจะทำการเก็บเกี่ยวเพียงปีละครั้ง ในขณะที่การเพาะเลี้ยงสาหร่ายในแหล่งน้ำอุ่นใช้เวลาเพียงแค่ 3 เดือนแต่อาจใช้เวลา 3-6 เดือนกว่าการผลิตจะสมบูรณ์

ภาพที่ 2.4 แหล่งวัตถุดิบที่สำคัญของคาร์ราจีแนน

ที่มา : Thomas (1992)

ผู้ผลิตจะต้องแน่ใจว่าสามารถเก็บเกี่ยวสาหร่ายเหล่านี้ในระยะเวลาที่ถูกต้องและต้องทำให้แห้งอย่างรวดเร็วเพื่อรักษาคุณภาพของคาร์ราจีแนน หลังจากที่ทำให้มีระดับความชื้นที่เหมาะสมแล้วสาหร่ายเหล่านี้จะถูกส่งไปเก็บในโกดังก่อนนำไปสกัดต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.12 กระบวนการผลิต

ก่อนที่จะทำการผลิตจะต้องมีการตรวจสอบคุณภาพของสาหร่ายอีกครั้ง เพื่อที่จะผลิตผลิตภัณฑ์สุดท้ายที่มีคุณภาพตามต้องการ การเลือกวัตถุดิบที่เหมาะสมและการคำนึงถึงปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อกระบวนการสกัดมีความจำเป็นอย่างยิ่ง ต่อการผลิตผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพสูงอย่างสม่ำเสมออย่างไร ก็ตามผู้ผลิตที่ดีจะต้องผสมผลิตภัณฑ์สุดท้ายที่สกัดได้เข้าด้วยกันเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพสม่ำเสมอและต้องจัดหาสมบัติเฉพาะของผลิตภัณฑ์ที่ผู้บริโภคต้องการอีกด้วย หลังจากทำการเลือกสาหร่ายและ กระบวนการผลิตที่เหมาะสมแล้ว จะต้องนำสาหร่ายไปทำความสะอาดก่อนที่จะนำเข้าถังสกัด คาร์ราจีแนนในรูปเจลซึ่งอยู่ในสาหร่ายที่อุณหภูมิห้องจะถูกสกัดโดย ใช้น้ำที่มีอุณหภูมิสูงกว่าจุดหลอมเหลวของเจลเหล่านั้น การสกัดจะทำภายใต้สภาวะที่เป็นด่าง ซึ่งต่างทำหน้าที่สกัดสาหร่ายได้โดยการทำให้สาหร่ายเปื่อยยุ่ยและชะลอการทำลายพันธะพอลิเมอร์ของกาแล็กแทน (galactan) จากการย่อยของกรด และช่วยจัดโครงสร้างของสายกาแล็กแทน (galactan) เพื่อเพิ่มสมบัติการเกิดเจลของสารที่สกัดได้ เทคนิคการสกัดคาร์ราจีแนนนี้ได้ถูกพัฒนาโดยผู้ผลิตโดยรายละเอียดของการสกัดจะถูกเก็บไว้เป็นความลับทางการค้า กรรมวิธีการผลิตผลิตที่ใช้กันโดยทั่วไปมีอยู่ 3 วิธี (วราภรณ์, 2534) ได้แก่

2.12.1 การตกตะกอนด้วยแอลกอฮอล์

- การสกัด (extraction) สาหร่ายที่ถูกคัดเลือกไว้จะต้องนำไปล้างเพื่อเอาสิ่งแปลกปลอมออกก่อน จากนั้นตัวคาร์ราจีแนนนั้นจะถูกทำการสกัดออกมาจากตัวสาหร่ายด้วยสารละลายที่เป็นด่างที่เจือจางการสกัดนั้นจะใช้เวลาประมาณ 1-24 ชั่วโมงจึงจะเสร็จสมบูรณ์

- การทำให้บริสุทธิ์ (purification) ส่วนของสาหร่ายที่เหลือนั้นจะถูกทำการแยกออกมาจากในส่วนที่สกัดได้แล้ว ทำได้โดยใช้การนำมาหมุนเหวี่ยง (centrifugation) หรือทำการกรอง (filtration)และในส่วนที่สกัดได้นั้นจะถูกนำไปทำให้เกิดความบริสุทธิ์ได้โดยการ นำมากรองเพื่อจะให้ได้ตัวสารละลายตัวคาร์ราจีแนนร้อยละ 1-2

- การทำให้เข้มข้น (concentration) จะใช้เครื่องระเหยระบบแบบสุญญากาศได้ตัวคาร์ราจีแนนเข้มข้นร้อยละ 2-3

- การตกตะกอน (precipitatetion) ตัวคาร์ราจีแนนนั้นถูกมาทำให้เกิดการตกตะกอนจากตัวของสารละลายโดยจะทำการเติมไอโซโพรพิลแอลกอฮอล์ (isopropyl alcohol) ทำให้ เกิดเป็นเส้นใยcoagulum (fibrous coagulum) แยกออกมา

- การทำแห้ง (drying) คาร์ราจีแนนที่ได้จะถูกทำให้แห้ง ก่อนนำไปบดให้ มีขนาดอนุภาคตามต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.12.2 วิธีการละลายน้ำแข็ง (freeze thaw)

นำคาร์ราจีแนนที่ได้จากขั้นตอนการตกตะกอนมาผ่านกระบวนการแช่เยือกแข็ง จากนั้นทำการระเหยเอาน้ำออกและนำไปทำแห้งและนำไปบด

2.12.3 วิธีการอัดขึ้นรูปเจล (gel press)

นำคาร์ราจีแนนที่ได้จากขั้นตอนการตกตะกอนมาผ่านโปแตสเซียมคลอไรด์ที่เย็นทำให้เกิดเจล จากนั้นนำมาอัดเอาน้ำออกโดยใช้ความดันแล้วนำไปทำแห้งแล้วจึงไปบด

ตารางที่ 2.3 ใบอนุญาตทางกฎหมายของคาร์ราจีแนน

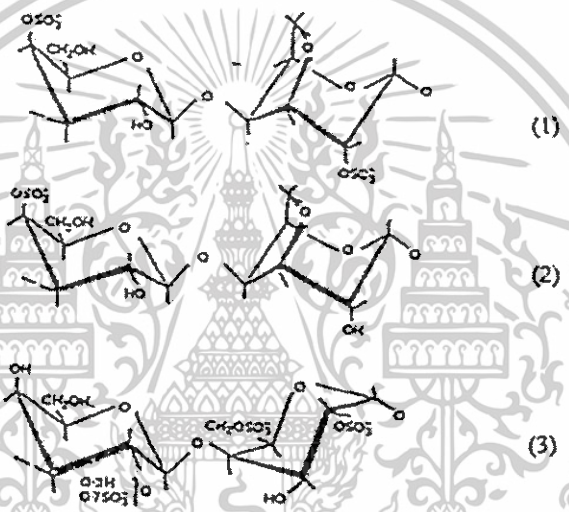
ใบอนุญาตทางกฎหมาย	ฉบับที่
1 Food and Drug Administration (FDA) Established as Generally Recognized as Safe (GRAS) Approved as food additive	21 CFR 182.7255 21 CFR 172.620
2 Food Chemical Codex Establishes food grade specifications	3rd Edition National Academy Press, 1981
3 US Pharmacopeia National Formulary Establishes pharmaceutical grade specifications	US Pharmacopeia Convention, 1955
4 European Community (EC) Establishes European food grade specifications	Official EC Journal L223, Volume 21. 8/14/78
5 Food Agriculture Organization/World Health Organization Joint Expert Comunice on Food Additives Confirms safety of carrageenan and sets international food specifications	Evaluation of Certain Food Additives and Contaminants World Health Organization Technical Report 710, 1984

ที่มา : Thomas (1992)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความปลอดภัยในการใช้คาร์ราจีแนนได้ถูกทดสอบโดยใช้วิธีการทางชีววิทยาและพิษวิทยา คาร์ราจีแนนได้รับการยอมรับให้ใช้ในผลิตภัณฑ์อาหาร ดังตารางที่ 2.3 โดยคาร์ราจีแนนได้ถูกกำหนดโดย United States Department of Agriculture (USDA) ว่า เป็นสารที่สกัดจากพืชทะเลบริสุทธิ์ที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูงกว่า 100,000 โมเลกุล และสามารถใช้เป็นสารให้ความข้นหนืดและทำให้เกิดเจลได้

2.13 โครงสร้างของคาร์ราจีแนน



ภาพที่ 2.5 โครงสร้างทางเคมีของคาร์ราจีแนนชนิดต่างๆ (1) ไอโอต้าคาร์ราจีแนน (2) แคปป้าคาร์ราจีแนน และ (3) แลมบ์ด้าคาร์ราจีแนน

ที่มา : Clegg (1995)

คาร์ราจีแนนทั้งสามชนิดมีองค์ประกอบเป็นน้ำตาลกาแลคโตสที่ถูกเอสเตอร์ไฟล์ด้วยกรดซัลฟูริกที่ตำแหน่งและระดับต่างๆกัน ดังภาพที่ 2.5 แคปป้าคาร์ราจีแนนประกอบด้วย 1,3-linked galactoside จะมีในส่วนของกลุ่มประเภทซัลเฟตที่ตำแหน่งที่ 4 และ ตำแหน่งที่1,4-linked 3,6 anhydro-D-galactose (3,6 AG) โดยจะมีสารตั้งต้นคือ mu-carrageenan แต่ถ้ามีปริมาณของแอนไฮไดจากการปิดวงเท่ากับ 3,6 anhydride มากถึงขนาดร้อยละ 28 ถึง 35 จะมีผลทำให้เกิดการไวต่อโปแทสเซียมและจะทำให้มีความสามารถในการก่อเกิดเจล ถึงแม้ว่าจะมีการดัดแปลงให้มี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3,6 AG สูงที่สุด แต่อาจจะมีความแตกต่างกันที่จำนวนปริมาณของซัลเฟตในตำแหน่งที่ 4 ที่ 1,3-linked galactoside และกลุ่มซัลเฟตที่ตำแหน่งที่ 2 หรือ 6 ใน 1,4-linked galactoside จะทำให้คาร์ราจีแนนชนิดแคปป้ามีคุณสมบัติที่แตกต่างกันออกไป นอกจากจะมีความต่อตัวโปแตสเซียมและยังสามารถตกตะกอนแยกตัวออกมาจากตัวคาร์ราจีแนนต่างชนิดได้อีกด้วย โดยใช้ตัวโปแตสเซียมคลอไรด์ (วราภรณ์, 2534)

ไอโอต้าคาร์ราจีแนนส่วนประกอบคือ 1,3-linked galactose จะมีกลุ่มซัลเฟตในตำแหน่งที่ 4 และ 1,4-linked 3,6-AG มีกลุ่มซัลเฟตในตำแหน่งที่ 2 สารตั้งต้นคือ nu-carrageenan ความแตกต่างของแอนไฮไดรในคาร์ราจีแนนชนิดแคปป้าและชนิดไอโอต้าคือ จำนวนของกลุ่มซัลเฟตในตำแหน่งที่ 2 บน 1,4-linked galactoside ของไอโอต้าจะมีสูงกว่าแคปป้าประมาณร้อยละ 25 ถึง 50 ความไวต่อโปแตสเซียมมีการลดลงซึ่งจะเกิดการทำให้ได้เจลที่อ่อนนุ่มแต่ถ้ามีกลุ่มซัลเฟตในตำแหน่งที่ 2 มากถึงร้อยละ 80 จะไวต่อแคลเซียมและยังสกัดได้จากตัว *Eucheumaspinosum*

แลมบ์ด้าคาร์ราจีแนน ส่วนประกอบคือ 1,3-linked galactose ซึ่งมีกลุ่มซัลเฟตในตำแหน่งที่ 2 ประมาณร้อยละ 70 และ 1,4-linked galactose มีกลุ่มซัลเฟตในตำแหน่งที่ 6 ซึ่งคาร์ราจีแนนชนิดนี้จะไม่มีการปิดวงเป็น 3,6 AG จึงมีทำให้เกิดการไม่มีคุณสมบัติในการก่อเกิดเจลและจะไม่มีความไวต่อตัวโปแตสเซียม บางครั้งที่พันธะ 1 และพันธะ 3 อาจจะต่อกับน้ำตาลกาแลคโตส

2.14 สมบัติของคาร์ราจีแนน

สมบัติของคาร์ราจีแนนจะขึ้นอยู่กับประจุลบของหมู่ซัลเฟตที่อยู่ในโมเลกุลเป็นสำคัญและยังแตกต่างกันในแต่ละชนิดของคาร์ราจีแนนด้วย ทำให้มีสมบัติเด่นในการเกิดปฏิกิริยากับโปรตีนทำให้คาร์ราจีแนนสามารถนำไปใช้ประโยชน์กับอาหารที่มีน้ำนมเป็นส่วนผสมได้

2.14.1 การละลาย

คาร์ราจีแนนทุกชนิดสามารถละลายได้ในน้ำไอโอต้าคาร์ราจีแนนและแคปป้าคาร์ราจีแนนที่เป็นเกลือโซเดียมสามารถละลายในน้ำเย็น ขณะที่เกลือชนิดอื่นที่ไม่สามารถทำให้เกิดการละลายได้อย่างมีความสมบูรณ์ แต่การเกิดการพองตัวของตัวคาร์ราจีแนนนั้นยังจะขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆอย่างอื่น เช่น ระดับและชนิดของตัวไอออนแบบบวกที่มีอยู่หรือความหนาแน่นอนุภาคของตัวคาร์ราจีแนน โดยแคปป้าคาร์ราจีแนนและไอโอต้าคาร์ราจีแนนนั้นจะสามารถละลายตัวได้ในอุณหภูมิที่สูงกว่า 70 องศาเซลเซียส ชนิดแลมบ์ด้าคาร์ราจีแนนจะมีความสามารถในการละลายได้อย่างดีในน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่มีความเย็น แม้ว่าจะไม่มีตัวไอออนชนิดบวกอยู่ก็ตาม ชนิดไอโอต้าคาร์ราจีแนนนั้นจะมีความไวต่อตัวแคลเซียมไอออนและยังที่จะสามารถกระจายตัวได้ในขณะที่มีความเย็น ซึ่งทำให้เกิดลักษณะในแบบที่เป็นทิโซทรอปิก (thixotropic) ดังนั้นแล้วจึงจะทำหน้าที่เป็นสารตัวที่สามารถทำให้แขวนลอยได้ ผลจากตัวโปแตสเซียมไอออนนั้นก็จะคล้ายคลึงกัน ถ้าใช้ความเข้มข้นที่มากเกินพอ

คาร์ราจีแนนทุกชนิดสามารถละลายได้ในนมร้อน ส่วนในแลมบ์ด้าคาร์ราจีแนนสามารถกระจายตัวได้ดีที่สุด ขณะมีแคปป้าคาร์ราจีแนนและไอโอต้าคาร์ราจีแนนโดยปกติแล้วไม่สามารถละลายได้ในนมเย็น แต่อาจถูกใช้เป็นสารให้ความข้นหนืดหรือสารทำให้เกิดเจลได้ถ้าใช้เตตระโซเดียมไพโรฟอสเฟต (TSPP) เกลือชนิดนี้ช่วยทำให้เกิดเจลในนมเย็น

คาร์ราจีแนนละลายได้ดีและมีความคงตัวในความเป็นกรด-ด่าง (pH) สูงกว่า 7 ถ้าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ต่ำกว่า 7 ความคงตัวจะลดลงโดยเฉพาะเมื่อเวลามีอุณหภูมิที่สูงขึ้น ในส่วนของภาวะเวลามีน้ำตาลที่ความเข้มข้นสูงปนอยู่ด้วยนั้นทั้งในสารละลายชนิดแคปป้าคาร์ราจีแนนและชนิดแลมบ์ด้าคาร์ราจีแนน ยังจะคงสามารถละลายตัวได้ดีเมื่อตอนที่ได้รับความร้อนที่เพียงพอแต่ไอโอต้าคาร์ราจีแนนนั้นจะสามารถละลายหรือจะกระจายตัวได้น้อยกว่าแบบสองชนิดแรก

2.14.2 ความหนืด

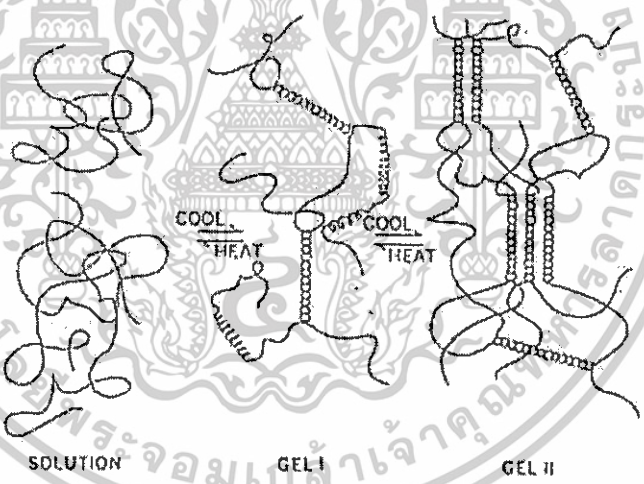
คาร์ราจีแนนนั้นได้ถูกนำไปใช้ในการเป็นสารตัวที่ให้ความข้นหรือความหนืดในการทำงานร่วมกับตัวสารให้ความข้นและความหนืดชนิดอื่น ๆ ยกตัวอย่างเช่น พวกแป้ง (starch) หรือกัม เมื่อเวลาตัวของคาร์ราจีแนนนั้นถูกทำให้มีความเย็น ในเรื่องของความหนืดนั้นจะมีค่าเพิ่มขึ้นจนกระทั่งถึงอุณหภูมิที่สามารถก่อเกิดเจลได้ ดังนั้น ถ้าจะพิจารณาในเรื่องของสมบัติของการต้านการไหลของตัวคาร์ราจีแนนนั้น ซึ่งจะเป็นสิ่งที่สำคัญและจำเป็นในการที่จะชี้ถึงค่าของความแตกต่างระหว่างในเรื่องของสถานะสารละลายกับเรื่องของสถานะเจล ซึ่งการเปลี่ยนสถานะจากตัวของสารละลายไปเป็นตัวเจลนั้น จะขึ้นอยู่กับเรื่องของชนิดและเรื่องของความเข้มข้นของตัวไอออนแบบบวกและการวัดค่าความหนืดนั้นจะต้องวัดในอุณหภูมิที่มีความสูงที่เพียงพอ ยกตัวอย่างเช่น ที่อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส ทั้งนี้เพื่อหลีกเลี่ยงในเรื่องของการเกิดเจล โดยส่วนใหญ่แล้วความเข้มข้นของตัวคาร์ราจีแนนที่ใช้กันโดยปกติจะเท่ากับร้อย 1.5 (น้ำหนักต่อน้ำหนัก) แต่ถ้าในกรณีนี้ของตัวคาร์ราจีแนน ทั้งชนิดที่สามารถก่อเกิดเจลและชนิดที่ไม่สามารถก่อเกิดเจลได้ อาจจะถูกนำมาทำการเปรียบเทียบกันกับตัวสารไฮโดรคอลลอยด์ในชนิดอื่นๆที่ต่างออกไป ตัวของคาร์ราจีแนนที่จะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สามารถละลายได้ในน้ำอุณหภูมิที่เย็นนั้นมักจะถูกใช้ในความเข้มข้นร้อยละ 1 ในน้ำที่มีค่าอุณหภูมิห้องและยังทำการการวัดค่าความหนืดซึ่งจะทำในอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

ในทางปฏิบัติการวัด ค่าความหนืด ทำโดยใช้เครื่องวัดความหนืดชนิดหมุน (Rotational viscometers) เช่น Brookfield คาร์ราจีแนนทางการค้ามีช่วง ความหนืดระหว่าง 5-800 เซนติพอยส์ เมื่อใช้คาร์ราจีแนนความเข้มข้นร้อยละ 1.5 ที่อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส คาร์ราจีแนนที่มีความหนืดน้อยกว่า 100 เซนติพอยส์ จะมีสมบัติด้านการไหลใกล้เคียงแบบนิวโตเนียน การไหลจะเป็นแบบนิวโตเนียนเพิ่มขึ้น เมื่อมีการเพิ่มความเข้มข้นและน้ำหนักโมเลกุลของคาร์ราจีแนน สารละลายจะแสดงสมบัติการไหลแบบชูโดพลาสติก (Pseudoplastic shear thinning) ในการวัดค่าความหนืด ด้วยเครื่องวัดความหนืดจะต้องระบุอัตราการเฉือน (shear rate) ที่ใช้ ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญในการนำไปใช้ในระดับอุตสาหกรรม

2.14.3 สมบัติในการเกิดเจล



ภาพที่ 2.6 กลไกการเกิดเจลของคาร์ราจีแนน

ที่มา : Rees, 1969

คาร์ราจีแนนแต่ละชนิดมีสมบัติในการเกิดเจลแตกต่างกัน คาร์ราจีแนนชนิดแคปป้าและไอโอต้ามีความสามารถที่จะเกิดเจลได้เมื่อสารละลายของคาร์ราจีแนนนั้นมีความเย็นตัวลง ซึ่งเจลเหล่านี้จะเป็นเจลที่เปลี่ยนกลับมาสภาพเดิมเมื่อมีการได้รับความร้อน (thermoreversible aqueous gel) คือ สามารถที่จะละลายได้ทุกเมื่อ เมื่อได้รับความร้อนและเกิดเจลขึ้นอีกครั้งในขณะที่เย็นตัวลง Rees (1969) ได้พูดกล่าวเอาไว้ว่าเมื่อคาร์ราจีแนนเกิดการละลายน้ำจะมีการเกิดเจล เนื่องจากมีการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เกิดเป็นเกลียวคู่ (double helix) ในอุณหภูมิที่เหนือจุดหลอมเหลวของตัวเจล การปั่นกวนและอุณหภูมิจะสามารถทำให้เกลียวเกิดการคลายตัวเป็นแรนดอมคอยล์ (random coil) เมื่อเย็นตัวลงแล้วจะเกิดการสร้างโครงสร้างข่ายโพลิเมอร์ 3 มิติ แต่ละเส้นของสายโพลิเมอร์จะเกิดการรวมตัวกันเข้าทำให้เกิดจุดเชื่อมต่อ (เจล1) และเมื่อปล่อยให้เย็นลงอีกครั้งจะเกิดการเกาะกันของจุดเชื่อมต่อ (เจล2) มากขึ้น ทำให้เกิดการแข็งตัวของเจลดังภาพที่ 2.6 การเติมโลหะไอออนจะมีผลต่อการเกิดเจล ส่วนแลมบ์ด้าคาร์ราจีแนนไม่สามารถเกิดเจลได้

การเติมโลหะไอออนลงในเจลจะมีผลต่อการเกิดเจล เช่น เจลของแคปป้าคาร์ราจีแนนเมื่อเติมโปแตสเซียมไอออนจะเกิดเจลที่มีความยืดหยุ่น แต่ถ้าเติมแคลเซียมไอออนจะเกิดเจลที่มีเนื้อแข็งทำให้เกิดรูปทรงได้ง่าย ซึ่งตรงข้ามกับไอโอต้าคาร์ราจีแนน เมื่อเติมตัวแคลเซียมไอออนลงไปจะเกิดเจลที่จะมีความยืดและหยุ่น คุณสมบัติที่สำคัญของตัวคาร์ราจีแนนทั้งสามแบบและสมบัติของชนิดแคปป้าคาร์ราจีแนนและชนิดไอโอต้า คาร์ราจีแนนในระบบการเกิดเจล (gelling systems) นั้นแสดงในตารางที่ 2.4 และ 2.5 ตามลำดับ

ตารางที่ 2.4 การเปรียบเทียบสมบัติของแคปป้าคาร์ราจีแนนและไอโอต้าคาร์ราจีแนนในระบบการเกิดเจล (gelling systems)

แคปป้าคาร์ราจีแนน	ไอโอต้าคาร์ราจีแนน
ละลายได้ในน้ำร้อน	ละลายได้ในน้ำร้อน
เนื้อเจลใส	เนื้อเจลใส
เนื้อเจลเปราะ	เนื้อเจลยืดหยุ่น
แข็งและมีรูปทรง	อ่อนนุ่ม
ไม่คงตัวต่อการละลายน้ำแข็ง	คงตัวต่อการละลายน้ำแข็ง
เกิดซิเนอรีซิสมาก	ไม่เกิดซิเนอรีซิส
ต้องการโปแตสเซียมในการเกิดเจล	ต้องการแคลเซียมในการเกิดเจล
ผันกลับได้เมื่อได้รับความร้อน	ผันกลับได้เมื่อได้รับความร้อน
เกิดเป็นเจลที่อุณหภูมิห้อง	เกิดเป็นเจลที่อุณหภูมิห้อง
มีความคงตัวดี	มีความคงตัวดี
ทำปฏิกิริยากับโปรตีน	ทำปฏิกิริยากับโปรตีน

ที่มา: Glicksman (1982)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.5 การเปรียบเทียบสมบัติของตัวของคาร์ราจีแนนแต่ละชนิด

สมบัติ	K	λ	I
ปริมาณของตัวซัลเฟตในหมู่ที่ 3 และ 6-anhydro	ร้อยละ 25 ร้อยละ 28	ร้อยละ 35 ร้อยละ 0	ร้อยละ 32 ร้อยละ 30
ผลของตัวไอออนแบบบวก	เกิดตัวเจลขึ้นกับ K^+	ไม่สามารถเกิดเจล	จะสามารถเกิดเจลกับตัว C^{+2}
ชนิดของเจล	จะมีความเปราะและจะเกิดซิเนอรีซิสคืนกลับด้วยความร้อน	ไม่สามารถเกิดเจล	มีความยืดหยุ่นและไม่สามารถเกิดซีเนอรีซีส (syneresis) ที่คืนกลับได้ด้วยความร้อน
การละลายในน้ำที่เย็น	สามารถพองตัวดี	สามารถละลายได้	thixotropic dispersions กับตัว Ca^{+2}
การละลายในส่วนของสารละลายในน้ำตาล	ละลายในสารละลายที่มีความร้อน	ละลายในสารละลายที่มีความร้อน	สามารถละลายได้ยาก
การละลายในส่วนของน้ำนมเวลาเติม $Na_4P_2O_7$	ไม่เกิดการละลาย ความหนืดจะเพิ่มขึ้นหรืออาจจะมีการเกิดเจล	จะเกิดเจล มีการเพิ่มความหนืดและทำให้เกิดเจลที่ดีขึ้น	ไม่เกิดการละลาย ความหนืดนั้นจะมีค่าเพิ่มขึ้น หรืออาจจะเกิดเจล

ที่มา : Graham (1978)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การผสมคาร์ราจีแนนชนิดแคปป้าคาร์ราจีแนนกับไอโอต้าคาร์ราจีแนนเข้าด้วยกันจะทำให้ได้เจลที่มีลักษณะเนื้อสัมผัสเปลี่ยนแปลงไปจากการใช้ แคปป้าคาร์ราจีแนนเพียงชนิดเดียว เจลผสมที่ได้จะมีความยืดหยุ่นเพิ่มขึ้นและมีความคงตัวต่อการละลายน้ำแข็ง (freeze-thaw) ซึ่งเป็นการวัดลักษณะเนื้อสัมผัสแบบการกดทะลุ (penetration) พบว่า เจลจากแคปป้าคาร์ราจีแนนมีระยะทางที่เจลแตกสั้นกว่าเจลผสมแสดงให้เห็นว่าเจลผสมที่ได้จะมีลักษณะยืดหยุ่นกว่าเจลที่เตรียมจากแคปป้าคาร์ราจีแนนเพียง ชนิดเดียว ในทางการค้าได้มีการผสมคาร์ราจีแนนทั้งสองชนิดเข้าด้วยกัน ทำให้สมบัติในการทำหน้าที่เป็นสารก่อเจล (gelling agent) ดีขึ้นและนำไปใช้ประโยชน์ในผลิตภัณฑ์อาหารได้หลายชนิด เช่น เจลขนมหวาน (dessert gels), whipped topping และ ผลิตภัณฑ์นม (fluid milk products)

ถ้าผสมโลคัสบีนกัมในแคปป้าคาร์ราจีแนน จะช่วยเสริมให้เจลมีความแข็งแรงเพิ่มขึ้น เปลี่ยนลักษณะเนื้อเจลจากที่เปราะและแตกง่ายเป็นมีความยืดหยุ่นดีและเกิดซิเนอรีซิสลดลง อัตราส่วนที่เหมาะสมของแคปป้าต่อโลคัสบีนกัมคือ 2 ต่อ 1 จะทำให้เกิดเจลที่แข็งแรงมากขึ้นและที่อัตราส่วน 1 ต่อ 4 จะทำให้เกิดซิเนอรีซิสลดน้อยที่สุด ในการนำไปใช้กับผลิตภัณฑ์อาหารต้องทำให้ทั้งคาร์ราจีแนนและโลคัสบีนกัมละลายให้หมดเสียก่อนที่จะเกิดเจล นิยมใช้กับผลิตภัณฑ์อาหาร เช่น ขนมหวาน (dessert gels)

การผสมโลคัสบีนกัมกับไอโอต้าคาร์ราจีแนนจะไม่มีผลต่อความแข็งแรงของเจล แต่จะมีผลต่ออุณหภูมิที่จะเกิดเป็นเจลและความหนืดของเจล เพราะเจลที่เกิดไอโอต้าคาร์ราจีแนนจะเกิดเจลที่อุณหภูมิต่ำและมีของไหลแบบทิโซทรอปิก (thixotropic flow) ถ้าผสมโลคัสบีนกัม 1 ส่วน กับไอโอต้าคาร์ราจีแนน 10 ส่วนจะช่วยให้เกิดเจลที่อุณหภูมิสูงขึ้นและเจลที่ได้มีสมบัติเป็นซูโดพลาสติก (Pseudoplastic) การเตรียมเจลแคปป้าคาร์ราจีแนน โดยใช้โปแตสเซียมคลอไรด์ร้อยละ 0.2 พบว่าเจลที่ได้จะมีความแข็งและความยืดหยุ่นมากขึ้น เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของซูโครสและเกลือโปแตสเซียม นอกจากนี้ยังพบว่าเจลจะมีความคงตัวที่ความเป็นกรด-ด่าง เท่ากับ 9 คาร์ราจีแนนส่วนใหญ่จะคงตัวที่ความเป็นกรด-ด่างเป็นกลางถึงเป็นด่าง ในขณะที่ถ้าความเป็นกรด-ด่างต่ำจะเกิดการไฮโดรไลซิสของไกลโคซิดิลิงคเกจ (glycosidic linkage) มีผลทำให้สูญเสียความหนืดและการเกิดเจล นอกจากนี้ความร้อนยังเป็นตัวเร่งการเกิดไฮโดรไลซ์มากขึ้นที่ความเป็นกรด-ด่างต่ำคาร์ราจีแนนสามารถนำมาใช้ร่วมกับวัตถุดิบอื่นๆได้ เช่น แป้ง, น้ำตาล, กัม เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในปีค.ศ. 1997 ได้มีการพัฒนาวิธีการเตรียมเจลจากกลูโคแมนแนน โดยการเตรียมเจลจากกลูโคแมนแนนในสภาวะที่เป็นกลางหรือเป็นกรดนั้นจำเป็นต้องใช้ไบโอพอลิเมอร์ชนิดอื่นๆ เข้ามาช่วยให้เกิดเจล ซึ่งแต่เดิมนั้นการเตรียมเจลจากกลูโคแมนแนนนั้นต้องเตรียมในสภาวะที่เป็นด่างเท่านั้น จึงมีการใช้กลูโคแมนแนนร่วมกับแคปป้าคาร์ราจีแนน พบว่าเจลที่ใช้กลูโคแมนแนนจะมีน้ำหนักโมเลกุลสูงกว่า หรือมีปริมาณกลูโคแมนแนนมากกว่าจะให้เจลที่มีความแข็งแรงกว่า วราภรณ์ (2534 อ้างถึงใน lida *et al.*, 1994) พบว่าเจลผสมของแคปป้าคาร์ราจีแนนกับกลูโคแมนแนน มีความยืดหยุ่นและคงตัวสูงกว่าเจลที่ผสมระหว่างแคปป้าคาร์ราจีแนนกับโลคัสบีนกัม ในช่วงอุณหภูมิ 5-40 องซาเซลเซียส เจลผสมระหว่างแคปป้าคาร์ราจีแนนกับกลูโคแมนแนนอัตราส่วน 6:4 มี ค่า ที่ทำให้เกิดการแตกหัก (breaking stress) สูงสุด วราภรณ์ (2534 อ้างถึงใน Berry and Bigner, 1996) ศึกษาไอโอต้าคาร์ราจีแนนผสมกับแป้งบุกในการผลิตนักเก็ตหมู เพื่อช่วยปรับปรุงในด้านความชุ่มเนื้อ (juiciness) และความนุ่ม (tenderness) ของนักเก็ตหมู

2.14.4 ปฏิกิริยาต่อโปรตีน

การใช้คาร์ราจีแนนผสมกับอาหารที่มีปริมาณโปรตีน หมู่ซัลเฟตในโมเลกุลของคาร์ราจีแนนจะทำปฏิกิริยากับหมู่ที่มีประจุในโมเลกุลของโปรตีนได้ ดังนั้นการนำคาร์ราจีแนนไปใช้ประโยชน์กับผลิตภัณฑ์นม เช่น เติมคาร์ราจีแนนลงในส่วนผสมของไอศกรีมเพื่อเพิ่มความคงตัว ช่วยให้ส่วนผสมของไอศกรีมผสมเข้าเป็นเนื้อเดียวกันได้ง่ายและไม่มีส่วนที่เป็น ของเหลวแยกตัวออกระหว่างการเก็บรักษา ปริมาณคาร์ราจีแนนที่ใช้ประมาณ 0.01-0.02 เปอร์เซ็นต์ของส่วนผสมทั้งหมด

2.14.5 ความเข้ากันได้ของคาร์ราจีแนนกับสารอื่นๆ

คาร์ราจีแนนที่มีอยู่หลายชนิดสามารถนำไปใช้ร่วมกับผลิตภัณฑ์ได้หลายชนิดในอุตสาหกรรมอาหาร เช่น แป้ง น้ำตาล กัม ฯลฯ คาร์ราจีแนนเป็นโมเลกุลที่มีประจุลบ ซึ่งสามารถเข้ากันได้ดีกับพวกที่มีประจุลบอื่นๆ พอกับพวกที่ไม่มีประจุ แต่อย่างไรก็ตามคาร์ราจีแนนสามารถเข้ากันได้ดีที่สุดกับพวกที่มีประจุบวก การเกิดปฏิกิริยากับเจลาตินและโปรตีนชนิดอื่นๆที่ความเป็นกรด-ด่างต่ำกว่าจุดไอโซอิเล็กทริค (isoelectric point) ของโปรตีน การตกตะกอนด้วยคาร์ราจีแนนจะเกิดขึ้นในการใช้งานทั่วไปจะใช้ในการนำโปรตีนที่ไม่ต้องการออกไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.15 การใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมอาหาร

การนำคาร์ราจีแนนไปใช้สามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ ได้แก่ การนำไปใช้กับนม (ผลิตภัณฑ์นม) และการนำไปใช้กับน้ำ (ผลิตภัณฑ์อื่นๆ)

2.15.1 การนำคาร์ราจีแนนไปใช้กับนม

คาร์ราจีแนนถูกนำไปใช้ในผลิตภัณฑ์ในรูปส่วนผสมแห้ง ซึ่งถูกเติมในนมเพื่อให้ได้ลักษณะของผลิตภัณฑ์ตามที่ผู้บริโภคต้องการ โดยในผลิตภัณฑ์นมจะแบ่งออกเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ ดังนี้ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่ม รวมทั้งผลิตภัณฑ์ที่เป็นผงแห้ง เช่น อาหารเช้าสำเร็จรูป (instant breakfast powder) และ มิลล์เชค (milkshake) จะใช้คาร์ราจีแนนเป็นสารทำให้แขวนลอยให้ความหนืด ให้ความคงตัวกับผลิตภัณฑ์ โดยเฉพาะผลิตภัณฑ์ที่ต้องการละลายขณะเย็นในนมช็อคโกแลต ประกอบด้วยโกโก้ร้อยละ 1, น้ำตาลร้อยละ 6, คาร์ราจีแนนร้อยละ 0.025 -0.035 และสารให้กลิ่นรส ส่วนประกอบทั้งหมดนี้ถูกขายในอุตสาหกรรมนมในรูปนมผง (dairy powder) ซึ่งจะถูกผสมเข้าด้วยกันกับนมระหว่างการพาสเจอร์ไรซ์ ขณะทำให้เย็นการทำปฏิกิริยาระหว่างเคซีนและคาร์ราจีแนนสามารถสร้างโครงสร้างของเจลเพื่อให้ผงโกโก้แขวนลอยและเพื่อให้ผลิตภัณฑ์มีความคงตัว นอกจากนี้ยังช่วยให้มีความหนืด ซึ่งเป็นลักษณะเฉพาะของผลิตภัณฑ์ นอกจากนี้ยังมีการใช้แคปป้าคาร์ราจีแนนในเครื่องดื่มที่ต้องผ่านการพาสเจอไรซ์ และในผลิตภัณฑ์ที่มีไขมันนมมาก แคปป้าคาร์ราจีแนนจะช่วยป้องกันการแยกตัวของไขมันในช่วงกระบวนการผลิตและช่วงการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ในส่วนของผลิตภัณฑ์ประเภทครีมจะใช้แคปป้าคาร์ราจีแนนความเข้มข้นประมาณร้อยละ 0.01-0.05 ในพวกคอทเทจชีส (cottage cheese) และเชดด้าชีส (cheddar cheese) จะช่วยป้องกันการแยกชั้นของไขมัน ป้องกันการแยกของเวย์โปรตีน อีกทั้งเป็นโครงร่างให้กับผลิตภัณฑ์และทำให้เกิดลิ่มน้ำนม (curd) ในผลิตภัณฑ์การใช้แคปป้าคาร์ราจีแนนและไอโอต้าคาร์ราจีแนนร่วมกับ TSPP ในผลิตภัณฑ์ช่วยให้มีความคงตัวมากขึ้น ในผลิตภัณฑ์พุดดิ้ง (puddings) ใช้แลมบ์ด้าคาร์ราจีแนนและไอโอต้าคาร์ราจีแนนร่วมกับ TSPP ช่วยควบคุมการเกิดซิเนอรีซิสและปรับปรุงเนื้อสัมผัสในผลิตภัณฑ์พุดดิ้ง (puddings) และไส้พาย (pie fillings) ซึ่งใช้แป้งเป็นส่วนผสมหลัก แคปป้าคาร์ราจีแนนช่วยให้เกิดความเป็นเนื้อเดียวกันมากขึ้น ในผลิตภัณฑ์ไอศกรีม (Frozen desserts) จะใช้แคปป้าคาร์ราจีแนนเป็นสารให้ความคงตัวเพื่อช่วยป้องกันการแยกของเวย์โปรตีน, เพิ่มความรู้สึกในปาก ควบคุมการเติบโตของผลึกน้ำแข็งในไอศกรีมและชะลอการละลายของผลึกน้ำแข็งในไอศกรีม อย่างไรก็ตาม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แคปป้าคาร์ราจีแนนไม่ใช้เป็นสารให้ความคงตัวตัวหลักเนื่องจากคาร์ราจีแนนจะไปสร้างความหนืดให้กับผลิตภัณฑ์ทำให้ไม่สามารถเพิ่มปริมาณการผลิตได้

2.15.2 การนำคาร์ราจีแนนไปใช้ในผลิตภัณฑ์อื่นๆ

การผลิตผลิตภัณฑ์ของหวานที่เป็นเจล (Dessert gels) โดยทั่วไปนิยมใช้เจลาตินเป็นสารทำให้เกิดเจล ลักษณะผลิตภัณฑ์ที่ได้จะเป็นเจลใส เนื้อสัมผัสเรียบ และรสชาติดีเจลที่ได้จากเจลาตินสามารถละลายได้ในปาก ไอโอต้าคาร์ราจีแนนสามารถผลิตเจลที่เหนียวคล้ายกับเจลาติน แต่มีข้อเสียคือจุดหลอมเหลวของเจลสูง การที่เจลจากคาร์ราจีแนนไม่หลอมเหลวที่อุณหภูมิห้องและไม่ต้องการความเย็นในการเกิดเจลจึงมีความสำคัญอย่างมากกับผลิตภัณฑ์ประเภทพร้อมรับประทาน (ready-to-eat) ซึ่งเป็นที่นิยมอย่างมากในยุโรป เจลเหล่านี้จะต้องทนต่อสภาวะการละลายน้ำแข็ง (freeze-thaw)

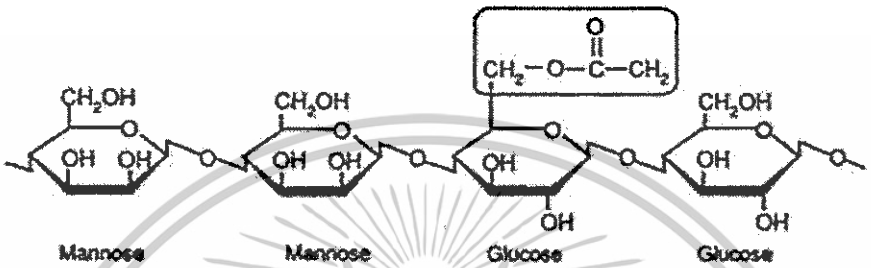
แคปป้าคาร์ราจีแนนทำให้เกิดเจลลักษณะแข็งเปราะซึ่งต่างจากเจลาตินมากที่เดียว จึงมีการคิดค้นที่จะใช้โลคัสบีนกัมหรืออะการ์ร่วมกับแคปป้าคาร์ราจีแนน เพื่อปรับปรุงให้ได้ลักษณะเนื้อสัมผัสที่เป็นที่ยอมรับ โลคัสบีนกัมที่ใช้ในทางการค้ามีการกระจายตัวไม่ดี เจลที่ได้จะไม่ใส จึงได้มีการพัฒนาโลคัสบีนกัมให้ใส ในส่วนของไอโอต้าคาร์ราจีแนนมักจะถูกใช้ร่วมกับแคปป้าคาร์ราจีแนนและโลคัสบีนกัม เพื่อควบคุมลักษณะเนื้อสัมผัสของเจล เนื่องจากการเกิดเจลของคาร์ราจีแนนไม่สามารถทำได้ในน้ำเย็น จึงใช้เกลือโซเดียมเพื่อช่วยให้ผลิตภัณฑ์สามารถสร้างเจลได้ในน้ำเย็น และยังมีผลิตภัณฑ์เจลลี่แคลอรี่ต่ำ (Low calorie jellies) โดยในผลิตภัณฑ์เจลลี่ที่มีเนื้อผลไม้ จะประกอบด้วยน้ำตาล, เพคตินที่มีเมทอกซีสูง ร้อยละ 65 และกรด เนื่องจากความจำเป็นที่จะต้องใช้น้ำตาลเพื่อเหนี่ยวนำให้เกิดเจล การแทนที่น้ำตาลด้วยสารให้ความหวานแคลอรี่ต่ำจึงไม่สามารถจะทำได้ แต่ไบโอพอลิเมอร์ผสมระหว่าง แคปป้าคาร์ราจีแนนและไอโอต้าคาร์ราจีแนน หรือแคปป้าคาร์ราจีแนนร่วมกับโลคัสบีนกัม สามารถใช้ร่วมกับสารให้ความหวานแคลอรี่ต่ำได้จะทำให้ได้ผลิตภัณฑ์มีแคลอรี่ต่ำ อีกทั้งคาร์ราจีแนนถูกเติมในเครื่องดื่มน้ำผลไม้ที่มีเนื้อผลไม้ผสมอยู่ด้วย เช่น น้ำส้ม เครื่องดื่มแช่เยือกแข็งชนิดเข้มข้น โดยใช้เป็นสารช่วยให้เกิดการกระจายตัวของเนื้อผลไม้ในผลิตภัณฑ์ ให้ความรู้สึกขณะดื่มและให้ความคงตัวคาร์ราจีแนนที่ใช้จะต้องมีความคงตัวในสภาพที่เป็นกรด

ในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ การใช้แคปป้าคาร์ราจีแนนและไอโอต้าคาร์ราจีแนนร่วมกันหรือการใช้แคปป้าคาร์ราจีแนนร่วมกับโลคัสบีนกัม จะช่วยรักษากลิ่นรสของปลาที่บรรจุในกระป๋อง แคปป้าคาร์ราจีแนนจะสร้างพันธะกับน้ำอิสระ และทำปฏิกิริยากับโปรตีนสามารถรักษาความชื้น และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมาณโปรตีนที่ละลายได้ในแฮม แคปป้าคาร์ราจีแนนที่นำไปใช้ในผลิตภัณฑ์ประเภทสัตว์ปีกเพื่อช่วยรักษาความชื้น กลิ่นรส เนื้อสัมผัส ความสามารถในการแล่ และความคงตัวในสภาวะการละลายน้ำแข็ง (freeze-thaw)

2.16 กลูโคแมนแนน



ภาพที่ 2.7 โครงสร้างกลูโคแมนแนน

ที่มา : Arnarson (2018)

ในประเทศญี่ปุ่นได้มีการผลิตแป้งจากหัวบุกเพื่อใช้ทำอาหารมาอย่างยาวนาน โดยนิยมใช้หัวบุกพันธุ์ *Amorphophallus konjac* เป็นพันธุ์ที่พบมากและมีปริมาณกลูโคแมนแนน (glucomainan) สูง และเรียกแป้งที่ผลิตได้นี้ว่า แป้งคอนยัก (konjac flour) ส่วนในประเทศสหรัฐอเมริกาในช่วงปี ค.ศ.1900 เริ่มมีการนำแป้งคอนยักมาใช้เป็นวัตถุเจือปนอาหาร (food ingredient) ในอาหารหลาย ๆ ชนิดและสามารถใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารได้ เนื่องจากได้รับการตรวจสอบว่าหัวบุกปลอดภัย ในประเทศไทยเริ่มมีการศึกษาเกี่ยวกับการผลิตและการใช้ประโยชน์จากแป้งที่ได้จากหัวบุก หรือเรียกมีอีกชื่อหนึ่งตามภาษาพื้นเมืองว่า “หัวกะบุก” โดยพันธุ์ที่พบและมีปริมาณกลูโคแมนแนนสูง คือพันธุ์เนื้อทราย (*A. oncophyllus*)

แป้งบุกมีลักษณะค่อนข้างกลม มีสีแตกต่างกันไปตามลักษณะพันธุ์นั้นๆและวิธีการผลิต เช่น สีค่อนข้างขาว, สีขาวออกเหลืองและสีขาวออกน้ำตาล เป็นต้น มีขนาด 100-500 ไมครอน สารสำคัญที่พบในบุกคือ กลูโคแมนแนน มีน้ำหนักโมเลกุลมากกว่า 300,000 โมเลกุล ซึ่งเป็นคาร์โบไฮเดรทประเภทพอลิแซ็กคาไรด์ กลูโคแมนแนนจัดเป็นเฮมิเซลลูโลส โมเลกุลของกลูโคแมนแนนเกิดจากการรวมตัวกันของน้ำตาลกลูโคสและน้ำตาล แมนโนสในอัตราส่วน 2 : 3 ซึ่งเชื่อมต่อกันด้วยพันธะไกลโคไซด์ที่ตำแหน่งเบต้า 1,4 และมีหมู่อะเซทิลกระจายอยู่ประมาณ 1 ใน 5 ของน้ำตาลที่เหลือบนสายโมเลกุลของกลูโคแมนแนน ดังภาพที่ 2.7 ซึ่งมีผลต่อการละลายน้ำ เมื่อนำแป้งมาละลายน้ำจะได้

เอกสารนี้ [illegible] ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารละลายข้นหนืดและสามารถเกิดเจลได้เมื่อใช้ร่วมกับสารละลายด่างหรือไฮโดรคอลลอยด์บางชนิด เช่น แซนแทนกัม และคาร์ราจีแนน เป็นต้น

2.17 สมบัติของแป้งบุก

แป้งบุกจะมีสมบัติหลายด้านด้วยกัน เช่น เป็นสารให้ความข้นหนืด สามารถเกิดเจลได้หรือใช้เป็นสารให้ความคงตัวหรือสารอิมัลชั่นขึ้นอยู่กับจุดประสงค์ของการนำไปใช้และลักษณะของผลิตภัณฑ์สมบัติบางประการที่น่าสนใจ ได้แก่

2.17.1 ความข้นหนืด (water thickening)

นำแป้งบุกมาละลายน้ำอนุภาคของแป้งจะดูดซับน้ำไว้ แล้วเกิดการพองตัวทำให้ได้สารละลายที่มีความหนืดเพิ่มขึ้น ลักษณะโซล (sol) ของแป้งบุกจะเป็นแบบซูโดพลาสติก อัตราการดูดซับน้ำ (hydration) จะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและเวลา โดยเมื่อเพิ่มอุณหภูมิจะมีผลทำให้อัตราการดูดซับน้ำเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว นอกจากนั้นการเพิ่มอัตราแรงเฉือนก็มีผลทำให้อัตราการดูดซับน้ำเพิ่มขึ้นด้วย

2.17.2 การเกิดเจล (gel formation)

การเกิดเจลของแป้งบุกเป็นเรื่องที่น่าสนใจโดยทั่วไปแล้วเจลที่ได้จากโพลีแซคคาไรด์อื่นๆ เมื่อนำมาให้ความร้อนจนถึงอุณหภูมิหนึ่งๆ เจลจะแตกหรือเกิดการแยกตัวของโครงสร้างตาข่ายพอลิเมอร์ (polymer network) ทำให้สูญเสียความเป็นเจลไปในสภาวะที่มีด่างอ่อน ๆ เช่น โปแตสเซียมคาร์บอเนต แป้งบุกจะให้เจลที่ทนต่อความร้อน (thermal stability) ความแข็งแรงมากและยังมีความคงตัวสูงแม้นำไปต้มในน้ำเดือด การให้ความร้อนซ้ำแก่เจลมีส่วนทำให้เจลมีความแข็งแรงและเสถียรภาพเพิ่มขึ้น การเกิดเจลของแป้งบุกสามารถแบ่งได้เป็น 2 ลักษณะคือ การใช้ไฮโดรคอลลอยด์ช่วยในการเกิดเจล โดยการเกิดเจลเมื่อใช้ร่วมกับแคปป้าคาร์ราจีแนน การนำแคปป้าคาร์ราจีแนนมาผสมกับแป้งบุกทำให้เกิดเป็นเจลได้ โดยเจลที่ได้จะสามารถผันกลับได้ด้วยความร้อน (thermal reversible gel) และมีความยืดหยุ่น โดยมีอัตราส่วนของปริมาณการใช้แป้งบุกร่วมกับสารก่อเจลชนิดอื่น ดังนี้ การใช้กลูโคแมนแนนร่วมกับแคปป้าคาร์ราจีแนนในช่วง 50 ต่อ 50 ถึง 70 ต่อ 30 จะได้เจลที่มีความแข็งแรงสูงอยู่หรือการเกิดเจลเมื่อใช้กลูโคแมนแนนร่วมกับแซนแทนกัม (xanthan gum) การใช้กลูโคแมนแนนร่วมกับแซนแทนกัมจะทำให้ได้เจล ซึ่งเจลที่ได้จะเป็นเจลที่ไม่ผันกลับได้ด้วยความร้อน มีความยืดหยุ่น และความแข็งแรงของเจลจะแตกต่างกันไปขึ้นกับอัตราส่วน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระหว่างกลูโคแมนแนนและแซนแทนกัมที่ใช้โดยอัตราส่วนที่เหมาะสมเป็น 60 ต่อ 40 ถึง 50 ต่อ 50 นอกจากนี้ยังมีการใช้ด่างในการเกิดเจลโดยสารละลายด่างที่นิยมใช้ได้แก่ แคลเซียมไฮดรอกไซด์และโปแตสเซียมคาร์บอเนต เจลที่ได้เป็นชนิดไม่ผันกลับด้วยความร้อน (thermal irrevesible gel) แต่การใช้ สารละลายด่างในการเกิดเจลนั้นทำให้เกิดปัญหาบางประการ เช่น เจลที่ได้สูญเสียน้ำง่าย มีกลิ่นด่างตกค้าง ค่าความเป็นกรด-ด่างและที่สำคัญขั้นตอนการเตรียมเจลค่อนข้างเตรียมยาก จำเป็นต้องอาศัยประสบการณ์และความชำนาญในขั้นตอนการผสมหรือขึ้นรูปผลิตภัณฑ์

2.17.3 การเกิดฟิล์ม film formation)

เมื่อสารละลายแป้งบุกเกิดการสูญเสียน้ำหรือนำไปทำแห้ง จะเกิดฟิล์มซึ่งฟิล์มจากแป้งบุกจะมีลักษณะอ่อน (suppleness) และสามารถทำได้ทั้งฟิล์มในลักษณะโปร่งใส โปร่งแสงและทึบแสง การเพิ่มปริมาณของสารฮิวเมกเตนท์ (humectant) เช่น กลีเซอรีน มีผลทำให้ค่าความแข็งแกร่งของฟิล์มลดลง แต่กลับมีผลให้ค่าลักษณะอ่อนของฟิล์มเพิ่มขึ้น โดยจะได้ฟิล์มที่มีลักษณะเหนียว (tough film) ซึ่งฟิล์มที่เกิดขึ้นนี้มีเสถียรภาพทั้งในน้ำร้อน, น้ำเย็นหรือในระบบที่เป็นกรดและด่างได้ดีและฟิล์มจะมีความคงตัวสูงแม้จะนำไปต้มในน้ำเดือดเป็นเวลาหลายชั่วโมงก็ตาม ซึ่งอัตราการแพร่ผ่านของน้ำในฟิล์มขึ้นอยู่วิธีที่เติมสารลงไปว่าเป็นแบบไฮโดรฟิลลิกจะมีอัตราการแพร่ผ่านของน้ำเพิ่มขึ้น วิธีไฮโดรโฟบิกจะมีค่าการแพร่ผ่านของน้ำลดลง

2.17.4 ความหนืด (viscosity)

เมื่อใช้แป้งบุกร่วมกับแป้ง หรือใช้ร่วมกับกัมชนิดอื่นๆและสารให้ความคงตัว สามารถเพิ่มความหนืดของผลิตภัณฑ์โดยไม่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางด้านกลิ่นรส แป้งบุกมีผลให้ความหนืดของแป้งหรือไฮโดรคอลลอยด์ที่ใช้ร่วมด้วยมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมาก อีกทั้งยังรักษาค่าความหนืดของระบบให้คงที่ทั้งในกระบวนการให้ความร้อนและการทำให้เย็น เช่น การใช้แป้งบุกร่วมกับแป้งข้าวโพดแปรรูป (modified waxy maize starch) หรือใช้แป้งบุกร่วมกับแป้งข้าวโพด (corn starch) เป็นต้น

2.18 การใช้ประโยชน์จากแป้งบุก

2.18.1 การใช้เป็นอาหารโดยตรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ในเชิงพาณิชย์ ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชาวญี่ปุ่นเป็นกลุ่มผู้บริโภคที่รู้จักผลิตภัณฑ์โดยตรงจากแป้งบุกมานานแล้ว โดยนิยมนำแป้งบุกมาผลิตเป็นเส้น (vermicilli) หรือเป็นก้อน ผลิตภัณฑ์ดังกล่าวนิยมใช้ด่างเป็นตัวทำให้เกิด

เจล ดังนั้นก่อนนำมารับประทานจึงควรล้างด้วยน้ำสะอาดหลาย ๆ ครั้งจน กระทั่งความเป็นด่างหมดไป แล้วจึงนำมาลวกด้วยน้ำเดือดอีกครั้ง สะเด็ดให้แห้งก่อนนำไปรับประทานหรือปรุงเป็นอาหารต่อไป

2.18.2 ผลิตภัณฑ์ประเภทแยมและเยลลี่

เนื่องจากแป้งบุกมีสมบัติทำให้ข้นหนืดและสามารถเกิดเจล ได้เมื่อใช้ร่วมกับด่างหรือสารไฮโดรคอลลอยด์บางชนิด เช่น แคปป้าคาร์ราจีแนนหรือแซนแทนกัม ทำให้มีการนำแป้งบุกมาผลิตแยมและเยลลี่ ซึ่งผลิตภัณฑ์ที่ได้จะมีลักษณะเนื้อสัมผัสของเจลแตกต่างกันไป ขึ้นกับวิธีการที่ใช้การใช้ด่างทำให้เกิดเจลทำให้เกิดปัญหา เช่น กลิ่นด่างตกค้างและลักษณะของเจลที่ได้บางครั้งไม่เป็นที่ต้องการ การนำแป้งบุกใช้ร่วมกับสารไฮโดรคอลลอยด์ ในการผลิตแยมและเยลลี่จึงเป็นวิธีที่นิยมใช้เนื่องจากสามารถแก้ปัญหาเรื่องกลิ่นของด่างได้และสามารถที่จะผลิตเยลลี่ทั้งในลักษณะของเจลาตินและเพคติน

2.18.3 ผลิตภัณฑ์แปรรูปจากเนื้อสัตว์

แป้งบุกถูกนำมาใช้เพื่อลดปริมาณไขมันและช่วยเพิ่มเส้นใยอาหารในผลิตภัณฑ์ให้มากขึ้น ผลิตภัณฑ์ที่ใช้แป้งบุกทดแทนไขมันได้รับการยอมรับทางประสาทสัมผัสทั้งทางด้านลักษณะเนื้อสัมผัส, ลักษณะปรากฏ และกลิ่นรส เป็นต้น

2.18.4 ผลิตภัณฑ์แปรรูปที่ไม่เกิดเจล

แป้งบุกสามารถนำมาใช้เป็นสารให้ความหนืดและสารให้ความคงตัวในผลิตภัณฑ์แปรรูปที่ไม่เกิดเจล โดยเฉพาะผลิตภัณฑ์ประเภทอิมัลชั่น เช่น ไอศกรีม, วิปปิ้งครีม, เมอแร็งก์ (meringues) และ นม (milk drink) เป็นต้น ในการผลิตไอศกรีมจะช่วยลดต้นทุนได้เป็นอย่างมาก

เนื่องจากแป้งบุกมีราคาที่ถูกกว่าและยังสามารถใช้ในปริมาณที่น้อยกว่าอีกด้วย ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีการยอมรับทางประสาทสัมผัสอยู่ในเกณฑ์ที่ผู้บริโภคยอมรับได้ นิยมใช้แป้งบุกประมาณร้อยละ 0.1-0.5 (น้ำหนักต่อน้ำหนัก)

2.18.5 ผลิตภัณฑ์แปรรูปจากแป้ง

ผลิตภัณฑ์พาสต้า (pasta product) เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีเสถียรภาพของอายุการเก็บแตกต่างกันไปขึ้นกับกระบวนการให้ความร้อนก่อนนำมาบริโภค ซึ่งบ่อยครั้งอาจเกิดปัญหาในเรื่องเนื้อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัมผัสหรือเกิดลักษณะที่ไม่ต้องการ การใช้แป้งบุกร่วมกับแป้งสามารถจะช่วยปรับปรุงลักษณะเนื้อสัมผัสให้ดีขึ้นและยังคงรักษาความรู้สึกทางปาก (mouth feel) ของผลิตภัณฑ์หลังจากผ่านการนำไปให้ความร้อนหลายๆ ครั้ง นอกจากนี้แป้งบุกยังถูกนำมาใช้ในการทำเส้นก๋วยเตี๋ยวที่มีค่าพลังงานต่ำ (low-caloric noodles) ซึ่งเส้นก๋วยเตี๋ยวที่ได้จะมีค่าการยอมรับทางประสาทสัมผัสอยู่ในเกณฑ์พอใช้ เนื่องจากการผลิตที่สภาวะต่างมีผลทำให้ เส้นก๋วยเตี๋ยวที่ได้มีกลิ่นด่างตกค้างอย่างมากและกำจัดออกได้ยาก

2.19 องค์ประกอบในการทำเยลลี่

2.19.1 น้ำตาลและกลูโคสไซรัป

สารให้ความหวานสามารถแบ่งได้ 2 กลุ่ม คือ กลุ่มแรกเป็นสารให้ความหวานสมบูรณ์ คือมีคุณสมบัติทั่วๆไปของสารให้ความหวาน ซึ่งสามารถใช้ได้โดยลำพังของสารเอง กลุ่มที่สองเป็นสารให้ความหวานที่มีรสชาติไม่ปกติ และไม่สามารถใช้ได้โดยลำพังแต่อาจใช้คุณสมบัติอื่นๆ เช่น คุณสมบัติการส่งเสริมกลิ่นรสในผลิตภัณฑ์อาหาร สารให้ความหวานที่นิยมและเป็นที่ยอมรับโดยทั่วไป ได้แก่ น้ำตาล ซึ่งจัดอยู่ในกลุ่มคาร์โบไฮเดรต พบในผัก ผลไม้ น้ำผึ้ง นม น้ำตาลที่ใช้เป็นสารให้ความหวานโดยทั่วไป คือ น้ำตาลซูโครส เป็นน้ำตาลโมเลกุลคู่ ประกอบด้วยโมเลกุลของกลูโคสและฟรักโทส ซึ่งเป็นส่วนผสมหลักในการผลิตลูกกวาดทั่วไป น้ำตาลมีคุณสมบัติ คือ ให้ความหวาน ซึ่งเป็นลักษณะที่เด่นมากของผลิตภัณฑ์ในกลุ่มมีที่มีน้ำตาลเป็นส่วนผสมหลัก ให้เนื้อและน้ำหนักแก่ผลิตภัณฑ์ เนื่องจากในส่วนผสมโดยทั่วไป จะมีการใช้น้ำตาลถึง ร้อยละ 70 ของน้ำหนักทั้งหมด น้ำตาลซูโครส ได้จากน้ำอ้อยหรือหัวบีทมาทำให้เข้มข้นแล้วตกผลึก และทำให้บริสุทธิ์ แต่ก็ยังมีสารอินทรีย์อื่นๆ ประมาณร้อยละ 0.1 และแร่ธาตุอื่นๆด้วย น้ำตาลซูโครส เป็นผลึกสีขาว มีรสหวาน หลอมตัวที่อุณหภูมิ 54 องศาเซลเซียส มีความสามารถละลายในแอลกอฮอล์ได้น้อย สามารถละลายในน้ำได้ 204 กรัมต่อน้ำ 100 กรัม ที่อุณหภูมิห้อง สารละลายน้ำตาลซูโครสอิ่มตัวแจะมีน้ำตาลซูโครส 67.1 กรัมต่อสารละลาย 100 กรัม ที่อุณหภูมิห้อง แต่ถ้าอุณหภูมิเป็น 100 องศาเซลเซียส จะมีน้ำตาลซูโครส 487 กรัมต่อสารละลาย 100 กรัม ได้มีการทดลองต้มน้ำผลไม้โดยเติมน้ำตาลในปริมาณต่างๆกัน พบว่าเมื่อไม่เติมน้ำตาล จะได้เยลลี่ที่มีลักษณะแข็ง สีขุ่นคล้ำ ปริมาณเยลลี่ที่ได้น้อย เมื่อเติมน้ำตาลปริมาณน้อยๆ ปริมาณเยลลี่ที่ได้จะเพิ่มขึ้น สีอ่อนลง เยลลี่สีใสขึ้น และเนื้อสัมผัสอ่อนลง เมื่อเพิ่มปริมาณ น้ำตาลขึ้นอีก จนกระทั่งพอดีจะให้เยลลี่ลักษณะดีตามที่ต้องการและถ้าเพิ่มปริมาณน้ำตาลต่อไปอีก จะได้ปริมาณเยลลี่มากขึ้น ใสขึ้น แต่จะเหนียวข้นขึ้นด้วย ซึ่งปริมาณของเยล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของผลงานทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลี่ที่ได้จะมากขึ้นตามปริมาณน้ำตาล (ศิริลักษณ์ , 2525) นอกจากนี้ยังนิยมใช้กลูโคสไซรัป โดยกลูโคสไซรัปจัดเป็นวัตถุดิบที่สำคัญในการผลิตลูกกวาดทุกชนิดรองลงมาจากน้ำตาล หน้าที่ของกลูโคสไซรัป คือ ทำให้น้ำตาลที่อยู่ในสภาวะเป็นสารละลายอิ่มตัวยิ่งยวดไม่ตกผลึกออกมาหรือเกิดผลึกช้าลง หรือน้อยลงนอกจากนี้ยังมีผลต่อรสชาติและอายุการเก็บรักษา ขึ้นอยู่กับว่ากลูโคสไซรัปนั้นมีองค์ประกอบอย่างไร และถูกใช้ในสัดส่วนเท่าไรในสูตร โดยกลูโคสไซรัปที่จำหน่ายจะมีค่าสมมูลเด็กซ์โทรส (DE) แตกต่างกัน ตามกรรมวิธีการผลิต (สุวรรณา, 2543) กลูโคสไซรัปที่ใช้ในอุตสาหกรรมประเภทลูกกวาดจะใช้อยู่ 3 ชนิด คือ ชนิดค่าสมมูลเด็กซ์โทรส (DE) ต่ำมีค่าประมาณ 20 ชนิดค่าสมมูลเด็กซ์โทรส (DE) ปานกลาง มีค่า 40-42 และชนิดค่าสมมูลเด็กซ์โทรส (DE) สูง มีค่า 60-65 ดังนั้นในการนำไปใช้งานจะตองเลือกให้เหมาะสมกับผลิตภัณฑ์แต่ละประเภท

2.19.2 กรดอินทรีย์ (Acid)

กรดเป็นสารปรุงแต่งที่ช่วยให้ผลิตภัณฑ์ลูกกวาด เยลลี่และกัม มีรสชาติดีขึ้น กรดที่นิยมใช้กับผลิตภัณฑ์ลูกกวาด มีอยู่ประมาณ 4-5 ชนิด ได้แก่ กรดซิตริก กรดมาลิก กรดทาร์ทาริก กรดแลกติกและกรดอะซิติก โดยในการวิเคราะห์หาปริมาณกรด จะรายงานในรูปของกรดซิตริกเสมอ และปริมาณกรดที่ใช้มักจะไม่ได้บอกค่าความเป็นกรดด่าง (pH) ดังตารางที่ 2.6 แสดงความเข้มข้นของกรดตาง ๆ ที่มีความเป็นกรด-ด่างเท่ากันโดยค่าความเป็นกรด-ด่างจะมีความสำคัญในการผลิตผลิตภัณฑ์ ประเภทลูกกวาด ในการควบคุมความเป็นกรด-ด่างจะมีผลในการป้องกันการเกิดอินเวอร์ชั่นของน้ำตาล ป้องกันการเกิดไฮโดรไลซิสของเจลาตินซึ่งจะมีผลให้ความแข็งแรงของเจลเจลาตินลดลง (สุวรรณา, 2543)

ตารางที่ 2.6 ความเข้มข้นของกรดต่างชนิดที่มีความเป็นกรดด่างเท่ากัน

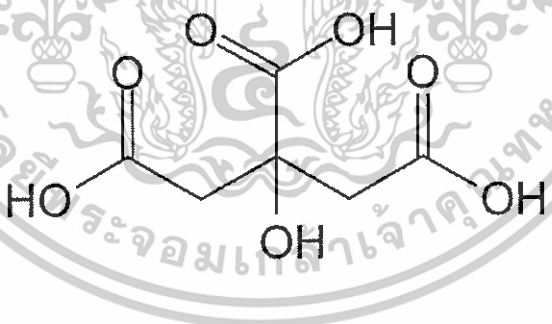
กรด	ความเป็นกรดด่าง	ความเข้มข้น (ร้อยละ)
ไฮโดรคลอริก	2.0	0.032
ทาร์ทาริก	2.0	0.032
ซิตริก	2.0	2.440
แลกติก	2.0	1.912
อะซิติก	2.0	1.950

ที่มา : Lees and Jackson (1973)

กรดซิตริกทำหน้าที่ปรับเยลลี่ให้เป็นกรด เพื่อช่วยเพิ่มกลิ่นและรสของอาหาร, ช่วยป้องกันการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์และปรับปรุงลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ กรดจะมีผลต่อปุ่ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประสาท รับความรู้สึกทำให้ผู้บริโภครู้สึกได้ถึงกลิ่นและรสของกรดที่เติมลงไป ช่วยเพิ่มความหวานของน้ำตาลในผลิตภัณฑ์ นอกจากนี้ยังสามารถช่วยทำให้เกิดเจลในผลิตภัณฑ์ด้วย นิยมใช้กรดซิตริกกับผลิตภัณฑ์เยลลี่มากกว่ากรดอื่นๆ มักใช้ในรูปสารละลาย สามารถละลายน้ำได้ดี มีกลิ่นเป็นที่ยอมรับและ เป็นสารกีเลต (Chelating agent) ที่ประสิทธิภาพสูง ในการเกิดเจลความเป็นกรดด่างที่เหมาะสมที่สุดนั้น สัมพันธ์กับปริมาณน้ำตาลที่ใช้ด้วย เมื่อกรดสูงขึ้น ปริมาณน้ำตาลที่ใช้ลดลง ความเป็นกรดของน้ำผลไม้ควรจะเท่ากับร้อยละ 0.5-0.75 ถ้าความเป็นกรดเกินร้อยละ 1 จะทำให้เยลลี่คืนตัวภายหลังได้ กรดซิตริกหรือกรดมะนาวเป็นกรดอินทรีย์ชนิดหนึ่งซึ่งมีชื่อทางเคมีว่า 2-hydroxy-1,2,3-propane tricarboxylic acid มีสูตรโครงสร้างคือ $C_6H_8O_7$ ดังภาพที่ 2.8 แยกได้เป็นครั้งแรกจากน้ำมะนาว ในปี ค.ศ.1784 ซึ่งน้ำมะนาวมีกรดซิตริกอยู่ร้อยละ 7-9 กรดชนิดนี้พบตามธรรมชาติโดยเป็นส่วนประกอบของเนื้อเยื่อผลไม้หลายชนิด เช่น ส้ม มะนาว สับปะรด แพร์ มะเดื่อ และผลไม้อื่นๆ กรดซิตริกที่สกัดจากผลไม้ เรียกว่ากรดซิตริกธรรมชาติ ซึ่งมีการผลิตกรดซิตริกเพื่อเป็นการค้าขึ้นเป็นครั้งแรก ในประเทศอังกฤษตั้งแต่ปี ค.ศ. 1826 เป็นต้นมา โดยผลิตจากแคลเซียมซิเตรทที่ได้มาจากน้ำมะนาว ต่อมาในปีค.ศ.1880 ได้มีการสังเคราะห์กรดซิตริกจากกลีเซอรอล และจากวัตถุดิบอื่นๆ แต่การสังเคราะห์กรดซิตริกจากวัตถุดิบต่างๆ มีข้อเสีย เช่น วัตถุดิบที่ใช้มีราคาแพง หรือวัตถุดิบที่ใช้เป็นอันตรายหรือใช้กระบวนการผลิตหลายขั้นตอน เป็นต้น



ภาพที่ 2.8 โครงสร้างของกรดซิตริก

ที่มา : siamchemi (2016)

ในปี ค.ศ. 1893 พบว่าเชื้อรา *Penicilium glaucum* สามารถผลิตกรดซิตริกได้เมื่อนำมาเลี้ยงในสารละลายน้ำตาล แต่เชื้อนี้ไม่สามารถนำมาใช้ในการผลิตกรดซิตริก เพื่อเป็นการค้าได้ ต่อมาในปี ค.ศ.1917 พบว่าเชื้อรา *Aspergillus niger* สามารถผลิตกรดซิตริกได้ในปริมาณมากกว่าเชื้อ *Penicillium* และมีการผลิตกรดซิตริกโดยเชื้อจุลินทรีย์เพื่อเป็นการค้าขึ้นครั้งแรกในปี ค.ศ. 1923 โดยบริษัท Chas. Pfizer & Co.ในเมืองนิวยอร์ก ประเทศสหรัฐอเมริกา ต่อมาก็มีการผลิตกรดซิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตริก โดยกระบวนการหมักบนผิวหน้าอาหารเหลว (Surface culture) โดยเชื้อรา *Aspergillus niger* ในประเทศต่างๆ เช่น อังกฤษ เบลเยี่ยม เชกโกสโลวาเกีย และเยอรมัน โดยใช้กากน้ำตาลจากหัวบีท ซึ่งเป็นแหล่งน้ำตาลที่ราคาถูก และในสมัยสงครามโลกครั้งที่สองได้มีการผลิตกรดซิตริกจากเชื้อ *Aspergillus niger* โดยกระบวนการหมักบนอาหารแข็ง (Submerged culture) ซึ่งอาหารเลี้ยงเชื้อที่ใช้ ได้แก่ กลูโคสไซรับที่บริสุทธิ์ หรือ กากน้ำตาลจากอ้อยหรือหัวบีท และในปัจจุบันจะมีการใช้จุลินทรีย์มากกว่าร้อยละ 99 ในการลดกรดซิตริกในระดับอุตสาหกรรม มีโรงงานเพียงไม่กี่แห่งเท่านั้นในประเทศเม็กซิโกและอเมริกาใต้ที่ใช้การแยกกรดซิตริกจากผลไม้ กรดซิตริกที่ผลิตขึ้นเพื่อเป็นการค้าจะผลิตในรูปปราศจากน้ำ หรือโมโนไฮเดรต ซึ่งการผลิตกรดซิตริกในรูปปราศจากน้ำจะได้จากการตกผลึกของสารละลายกรดที่ร้อน ในขณะที่กรดซิตริกในรูปโมโนไฮเดรตจะได้จากการตกผลึกสารละลายที่อุณหภูมิต่ำกว่า 36.5 องศาเซลเซียส กรดซิตริกที่ผลิตขึ้นทั่วโลกจะใช้ในอุตสาหกรรมต่างๆ โดยใช้ในอุตสาหกรรมอาหารร้อยละ 75, อุตสาหกรรมยาร้อยละ 10 และอุตสาหกรรมอื่นๆร้อยละ 15 ในอุตสาหกรรมอาหารและยามีการใช้กรดซิตริกอย่างกว้างขวาง เนื่องจากเป็นสารที่ละลายได้ดีในน้ำและแอลกอฮอล์ มีรสเปรี้ยว กลิ่นหอม มีความเป็นพิษต่ำ ย่อย สลายได้ง่าย ราคาถูก และหาได้ง่าย นอกจากนี้กรดซิตริกยังใช้กันอย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรมเครื่องสำอาง และอุตสาหกรรมอื่นๆ ประโยชน์ของการใช้กรดซิตริก, เกลือและเอสเตอร์ของกรดซิตริก มีดังนี้

1. อุตสาหกรรมอาหารและเครื่องดื่ม โดยใช้เป็นส่วนผสมในการทำลูกกวาด, ลูกอม, ผลไม้เชื่อม, แยม, เยลลี่, ผักผลไม้ดอง, น้ำหวาน, น้ำเชื่อม, น้ำอัดลม, น้ำผลไม้, ไวน์, อาหารแข็ง, อาหารกระป๋อง, เนยแข็ง, ไอศกรีมและอื่นๆ ซึ่งกรดซิตริกมีบทบาทสำคัญในการเพิ่มกลิ่นรส ควบคุมความเป็นกรด ลดความฝาด ป้องกันการเปลี่ยนสีและกลิ่นของเครื่องดื่มและอาหารแข็ง ป้องกันการอุ่นของไวน์ เป็นอิมัลซิไฟเออร์ในผลิตภัณฑ์นมต่างๆ นอกจากนี้ยังมีคุณสมบัติในการเก็บถนอมอาหารอีกด้วย

2. อุตสาหกรรมยา ใช้เป็นส่วนผสมในการทำยาบางชนิด เป็นสารทำให้เกิดฟองฟู เมื่อผสมกับ คาร์บอเนตหรือไบคาร์เนต โดยใช้ในการเตรียมยาลดกรดหรือแอสไพรินที่ละลายน้ำได้ นอกจากนี้ยังใช้เป็นสารที่ทำให้คงตัว ในวิตามินซีอีกด้วย การใช้ผสมกับยาจะใช้ในรูปของเกลือหรือเอสเตอร์ของกรดซิตริก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. อุตสาหกรรมเครื่องสำอาง ใช้เป็นส่วนผสมของครีมนวดผมและโลชั่น โดยจะควบคุมระดับความเป็นกรด-ด่างของผลิตภัณฑ์ และช่วยเพิ่มความแวววาวและความอ่อนนุ่มของผลิตภัณฑ์ด้วย นอกจากนี้ยังเป็นวัตถุกันเสียอีกด้วย

4. อุตสาหกรรมอื่นๆ เช่น ใช้ทำความสะอาดโลหะ ล้างสนิมเนื่องจากกรดซิตริกสามารถรวมตัวกับโลหะหนัก เช่น เหล็กและทองแดงได้เป็นอย่างดี ใช้ผสมกับผงซักฟอกในรูปของไตรโซเดียมซิเตรท แทนการใช้พอลิฟอสเฟต เพื่อช่วยในการทำความสะอาดให้ดีขึ้น ใช้เป็นพลาสติไซเซอร์ (plasticizer) ในแผ่นฟิล์ม พลาสติกที่ใช้ห่อหุ้มอาหารในรูปของไตรเอทิล ไตรบิวทิล และอะซิติลไตรบิวทิลเอสเตอร์ เนื่องจากไม่มีความเป็นพิษ ใช้เป็นส่วนผสมของหมึกพิมพ์น้ำและสี เป็นต้น

นอกจากประโยชน์ต่างๆที่กล่าวมาแล้ว เกลือของกรดซิตริกยังมีประโยชน์ในทางการแพทย์อีกด้วย เช่น เฟอริกแอมโมเนียมซิเตรท ใช้ในการรักษาโรคโลหิตจาง หรือการใช้ไตรโซเดียมซิเตรทในการเก็บรักษาเลือด โดยจะป้องกันเลือดไม่ให้เกาะกันเป็นก้อน

2.20 การขึ้นรูปผลิตภัณฑ์กัมและเยลลี่

2.20.1 การขึ้นรูปโดยใช้แม่พิมพ์แป้ง (Starch Moulding)

แม่พิมพ์เป็นแม่พิมพ์ที่ทำจากแป้ง โดยบรรจุแป้งในถาดเกลี่ยให้เรียบแล้วนำแบบพิมพ์ซึ่งทำจากปูนพลาสเตอร์มากดให้เป็นรูปร่างที่ต้องการ แป้งที่ใช้ในต่างประเทศเป็นแป้งข้าวโพด ในประเทศไทยนิยมใช้แป้งมัน ส่วนแป้งที่ดีที่สุดในการทำแม่พิมพ์คือ แป้งข้าวเจ้า แป้งที่ใช้จะมีการนำมาสเปรย์ด้วยน้ำมัน (Mineral Oil) ไม่เกินร้อยละ 0.3 ส่วนมากแล้ว จะใช้เพียงแค่ร้อยละ 0.1 หรือน้อยกว่าในการผลิตไม่นิยมใช้น้ำมันพืชเนื่องจากจะทำให้เกิดการเห็นได้ง่าย น้ำมันที่ใช้จะช่วยให้แม่พิมพ์แป้งคงรูปได้ดี และผงแป้งไม่มีไฟฟ้าสถิตย์ สาเหตุที่ใช้ปริมาณน้ำมันต่างกันนั้นเนื่องมาจากประสิทธิภาพของวิธีการผสมและเครื่องมือที่ใช้ในการผสม (สุวรรณา, 2543)

ในการผลิตแม่พิมพ์แป้งจะนำแป้งไปอบโดยใช้ตู้อบแบบถาด (Tray Drying) เพื่อไล่ความชื้นออกจากแม่พิมพ์แป้ง การขึ้นรูปผลิตภัณฑ์กัมและเยลลี่จะใช้แป้งที่มีความชื้นน้อยกว่าร้อยละ 6 โดยแม่พิมพ์แป้งจะดูดความชื้นออกจากผลิตภัณฑ์ ถ้าเยลลี่มีความหนืดมากจะต้องใช้ไอน้ำพ่น เพื่อไม่ให้เกิดหางเวลาหยอด แม่พิมพ์จะดูดความชื้นร้อยละ 2 หลังจากที่หยอดและทิ้งไว้ในแม่พิมพ์ข้ามคืน แป้งที่ใช้จะนำไปอบให้แห้งเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ได้ การขึ้นรูปด้วยแม่พิมพ์มีข้อดีคือ สามารถเปลี่ยนรูปร่างของผลิตภัณฑ์ได้โดยไม่ต้องเสียค่าใช้จ่ายมาก (Pyrz, 1994) การใช้แม่พิมพ์แป้งจะต้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทิ้งผลิตภัณฑ์ให้เซ็ทตัวในแม่พิมพ์แป้ง มี 2 วิธีใหญ่ ๆ คือใช้เตาอบ อบที่อุณหภูมิประมาณ 50 องศาเซลเซียส การอบจะใช้เวลาประมาณ 1 ชั่วโมง และวิธีที่สองคือ ทิ้งไว้ให้แป้งดูดน้ำที่อุณหภูมิห้องประมาณ 25-37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา ประมาณ 12-24 ชั่วโมง

2.20.2 การขึ้นรูปโดยใช้แม่พิมพ์จากวัสดุอื่น (starchless moulding)

การขึ้นรูปโดยใช้แม่พิมพ์จากวัสดุอื่น เริ่มเมื่อประมาณ 40 ปีก่อน โดยใช้แม่พิมพ์ยางระยะหลังใช้เป็นยางซิลิโคน (Silicone Rubber) พลาสติกหรือโลหะ แม่พิมพ์ชนิดนี้จะไม่ดูดความชื้น ดังนั้นในการขึ้นรูปจะต้องหยอดที่ความชื้นต่ำกว่าแม่พิมพ์แป้งประมาณร้อยละ 2 ทำให้ต้องระเหยน้ำมากขึ้นกว่าเดิมการแกะผลิตภัณฑ์ออกจากแม่พิมพ์จะต้องใช้ระบบลมเป่าให้หลุดออกจากแม่พิมพ์ โดยก่อนที่จะหยอดจะมีการสเปรย์สารที่ทำให้แม่พิมพ์หลุดออกง่าย (Releasing Agent) ลงในแม่พิมพ์ (สุวรรณา, 2543)

2.20.3 การขึ้นรูปแบบเทเป็นแผ่น (Shabbing)

วิธีนี้เหมาะกับการทำผลิตภัณฑ์ที่เป็นชั้นแบบขนมชั้น โดยปล่อยเจลให้แข็งตัวทีละชั้น ก่อนเทชั้นต่อไปทับลงไป (สุวรรณา, 2543)

2.20.4 การขึ้นรูปโดยใช้เอ็กซทรูเดอร์

การขึ้นรูปโดยใช้เอ็กซทรูเดอร์ จะใช้หม้อต้ม (Cooker extruder) ในการผลิตเป็นการใช้อุปกรณ์เพียงชิ้นเดียวแล้วทำรูปร่างได้มากมาย (สุวรรณา, 2543)

2.21 การตกแต่งผลิตภัณฑ์

การตกแต่งผลิตภัณฑ์เป็นขั้นตอนสุดท้ายในกระบวนการผลิต เพื่อทำความสะอาดผิวและป้องกันตัวขนมติดกันระหว่างการเก็บรักษา มีหลายวิธีดังต่อไปนี้ (สุวรรณา, 2543) คือ

1) ล้าง (Washing) เฉพาะผลิตภัณฑ์ที่ขึ้นรูปด้วยวิธีเทเป็นแผ่นหรือใช้แม่พิมพ์ที่ไม่ใช่แป้งและอาจมีการใช้สารที่ทำให้แม่พิมพ์หลุดออกง่าย เมื่อล้างแล้วต้องนำไปอบแห้งต่อเพื่อป้องกันมิให้เกิดปัญหาจากจุลินทรีย์

2) เคาะออกจากแป้ง (Destarching) เมื่อคว่ำถาดขนมและร่อนแป้งออก อาจมีเศษแป้งติดอยู่บนเนื้อขนมบ้าง หากจะนำไปเคลือบน้ำมันหรือเกลือกน้ำตาล จะทำให้เป็นจุดด่างไม่สวยงามจึง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต้องปัดแป้งส่วนนี้ออก โดยใช้ลมเป่าหรือเคาะเขย่าหรือใช้แปรงปัดก็ได้ ผลิตภัณฑ์บางชนิดจะต้องรอให้เนื้อแข็งพอก่อนจึงนำไปเคาะปัดเศษแป้งออก

3) อบไอน้ำ (Steaming) โดยใช้ไอน้ำแห้ง เพื่อเจลาติไนซ์ส่วนแป้งที่มาจากแม่พิมพ์ ทำให้ผลิตภัณฑ์ขึ้นเงา

4) ทำให้เกิดผลึก (Crystalization) เนื่องจากความชื้นในผลิตภัณฑ์บางชนิดค่อนข้างสูง จึงทำให้ความชื้นสัมพัทธ์สมดุลของผลิตภัณฑ์ค่อนข้างสูง และสูงกว่าความชื้นสัมพัทธ์ในบรรยากาศรอบๆ ทำให้เนื้อขนมแห้งเหี่ยวลงได้ จึงต้องเลือกใช้บรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมหรือทำการเคลือบผลิตภัณฑ์ป้องกันไว้ก่อน โดยการทำให้เกิดผลึกน้ำตาลเป็นชั้นที่ผิวนอกปกป้องตัวผลิตภัณฑ์ไว้

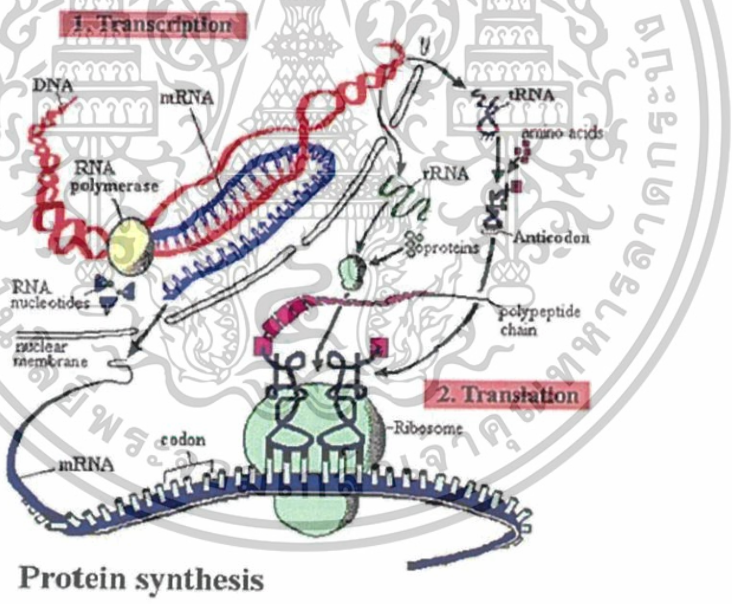
5) เคลือบน้ำมันหรือขัดเงา (Oiling and Polishing) วิธีนี้นอกจากจะทำให้ผลิตภัณฑ์มันวาวแล้วยังช่วยป้องกันไม่ให้ผลิตภัณฑ์เกาะติดกันในห่อ และช่วยรักษาความชื้นของตัวผลิตภัณฑ์ด้วย น้ำมันที่ใช้เคลือบ คือ วาสลีนร้อยละ 0.1 โดยทำในหม้อหมุน

2.22 โปรตีน (Protein)

โปรตีนเป็นสารประกอบชีวเคมีที่เกิดจากการรวมตัวกันของโมเลกุลของออกซิเจน, ไฮโดรเจน และคาร์บอน โดยมีสารไนโตรเจนและสารอื่นๆเพิ่มเข้ามา เช่น เหล็ก, กำมะถันและฟอสฟอรัส เป็นต้น โปรตีนนออกจากจะให้พลังงานแล้วยังเป็นส่วนประกอบของน้ำย่อยซึ่งเป็นสารประกอบของสารเคมีจำพวกเอนไซม์และฮอร์โมน ซึ่งทำหน้าที่ควบคุมการทำงานต่างๆของร่างกาย เช่นการย่อยอาหาร, การหายใจและการใช้แร่ธาตุต่างๆของร่างกาย และเป็นส่วนประกอบของอวัยวะ, เนื้อเยื่อ, กล้ามเนื้อและเซลล์ต่างๆภายในร่างกาย ซึ่งจะทำหน้าที่ช่วยเสริมสร้างร่างกายให้เจริญเติบโต, เสริมสร้างระบบภูมิต้านทานภายในร่างกายและช่วยซ่อมแซมเซลล์ที่สึกหรอในอวัยวะต่างๆของร่างกาย (Chesley *et al.*, 1992) ซึ่งโปรตีนเป็นสารอาหารที่ร่างกายจำเป็นต้องได้รับอย่างเพียงพอทั้งในด้านคุณภาพและปริมาณเพื่อเสริมสร้างให้ร่างกายเจริญเติบโต ในกรณีที่ร่างกายได้รับคาร์โบไฮเดรตและไขมันไม่เพียงพอโปรตีนจะทำหน้าที่ให้พลังงานแก่ร่างกาย ร่างกายได้นำโปรตีนมาใช้ในการซ่อมแซมเซลล์ต่างๆ และส่งเสริมระบบภูมิต้านทานภายในร่างกาย โดยในร่างกายคนเราจะมีโปรตีนอยู่ถึงร้อยละ 12 ของน้ำหนักตัวและอยู่ในอวัยวะต่างๆทั่วร่างกาย เช่น อยู่ภายในโครงกระดูกร้อยละ 18, ผิวหนังร้อยละ 10, ในเนื้อเยื่อไขมัน (adipose tissue) ร้อยละ 4 และประกอบกันเป็นกล้ามเนื้อลายร้อยละ 45 นอกจากนี้โปรตีนยังเป็นส่วนประกอบของเม็ดเลือดแดงอีกด้วย ซึ่งจะเป็นตัวที่พาโมเลกุลของออกซิเจนไปยังส่วนต่างๆของร่างกาย โปรตีนเป็นสารอาหารชนิดหนึ่งที่ร่ายกายขาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของผลงานทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไม่ได้ โดยโปรตีนเป็นพอลิเมอร์สายยาวของกรดอะมิโนจะประกอบด้วยพอลิเพปไทด์หนึ่งสายหรือมากกว่าที่พับกันเป็นรูปทรงกลมหรือเส้นใย โดยมีพันธะเพปไทด์ (peptide bond) เป็นพันธะที่เชื่อมระหว่างสายพอลิเพปไทด์แต่ละสาย โดยจะเชื่อมระหว่างหมู่คาร์บอกซิลของกรดอะมิโนโมเลกุลหนึ่งทำปฏิกิริยากับหมู่อะมิโนอีกโมเลกุลหนึ่งที่อยู่ติดกันกรดอะมิโนทั้งหมดของโปรตีนจะจับกันด้วยพันธะเพปไทด์ทั้งสิ้น โดยทั่วไปรหัสพันธุกรรมจะประกอบไปด้วยกรดอะมิโน 20 ชนิด ลำดับกรดอะมิโนในโปรตีนกำหนดโดยลำดับของยีนซึ่งเข้ารหัสในรหัสพันธุกรรม โปรตีนมากกว่าหนึ่งสามารถทำงานร่วมกันเพื่อสร้างโปรตีนเชิงซ้อนที่มีความเสถียร โดยโปรตีนบางชนิดสามารถพับตัวไปเป็นโครงสร้างที่มีลักษณะแข็งโดยมีการผันแปรเพียงเล็กน้อย เรียกโครงสร้างแบบนี้ว่า โครงสร้างปฐมภูมิ ส่วนโปรตีนชนิดอื่นจะมีการจัดเรียงใหม่สามารถเปลี่ยนจากโครงสร้างหนึ่งไปเป็นอีกโครงสร้างหนึ่งได้ การเปลี่ยนแปลงของโครงสร้างนี้มักเกี่ยวข้องกับการส่งต่อสัญญาณ ดังนั้น โครงสร้างของโปรตีนจึงเป็นสื่อกลางซึ่งกำหนดหน้าที่ของโปรตีนหรือกิจกรรมของเอนไซม์



ภาพที่ 2.9 กระบวนการสังเคราะห์โปรตีน

ที่มา : Miller (2001)

กระบวนการสังเคราะห์โปรตีนจะเริ่มจาก DNA ภายในนิวเคลียสสังเคราะห์ RNA 3 ชนิด ได้แก่ mRNA, tRNA และ rRNA จากนั้น RNA ทั้ง 3 ชนิด จะถูกส่งออกมาที่ไซโทพลาสซึม โดย mRNA จะทำหน้าที่เข้าจับกับไรโบโซม ต่อจากนั้น tRNA โมเลกุลแรกที่มีหน้าที่เป็นตัวนำกรดอะมิโน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มาจะเข้าจับกับ mRNA อีกตำแหน่งหนึ่ง แล้วจึงมีการสร้างพันธะเพปไทด์ระหว่างกรดอะมิโนที่ tRNA นำมา เมื่อสร้างพันธะพปไทด์แล้ว RNA โมเลกุลแรกจะหลุดออกจาก mRNA และไรโบโซมจะเคลื่อนที่ต่อไปบน mRNA จากนั้น tRNA โมเลกุลใหม่จึงเข้าจับกับ mRNA ตัวต่อไป และมีการสร้างพันธะเพปไทด์ต่อไปเรื่อยๆจนได้สายของเพปไทด์ที่มีลำดับของกรดอะมิโนตามรหัสบน mRNA

เซลล์เนื้อเยื่อโดยทั่วไปจะมีการสังเคราะห์โปรตีนจากกรดอะมิโนเพื่อเก็บไว้ในเซลล์และมีบางส่วนที่ถูกขับออกสู่กระแสเลือด โปรตีนทุกชนิดในร่างกายจะมีการสลายเป็นกรดอะมิโนและถูกสังเคราะห์ขึ้นมาใหม่ตลอดเวลา โดยโปรตีนที่ถูกสร้างขึ้นส่วนหนึ่งจะอยู่ในพลาสมาและอีกส่วนหนึ่งจะถูกเก็บไว้ที่ตับ ในภาวะที่ร่างกายได้รับคาร์โบไฮเดรตและไขมันไม่เพียงพอต่อความต้องการของร่างกาย กรดอะมิโนจะถูกเผาผลาญเพื่อให้ได้พลังงานมาชดเชย (ศรีสกุล, 2539) โดยร่างกายจะเปลี่ยนโปรตีนให้กลายเป็นคาร์โบไฮเดรตหรือไขมัน แล้วมีการเผาผลาญให้เกิดพลังงานแทน โดยโปรตีน 1 กรัมจะให้พลังงาน 4 แคลลอรี่ แต่อย่างไรก็ตามมีเพียงส่วนน้อยที่ร่างกายได้พลังงานจากการสลายกรดอะมิโนและโปรตีนทั้งนี้เป็นเพราะกรดอะมิโนมีหน้าที่หลักในการสร้าง โปรตีนต่างๆ ให้กับร่างกาย อย่างไรก็ตามมีการสลายกรดอะมิโนเพื่อให้ได้เป็นพลังงานหากอยู่ในสถานการณ์ดังต่อไปนี้ ได้แก่ ในสภาวะปกติโปรตีนมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลาโดยการสลายเป็นกรดอะมิโน กรดอะมิโนที่ถูกปลดปล่อยออกมานี้หากไม่ได้นำไปใช้ประโยชน์ในการสังเคราะห์โปรตีนโมเลกุลใหม่ กรดอะมิโนก็จะสลายต่อไปเป็นพลังงานหรือในกรณีที่มีการรับประทานกรดอะมิโนมากเกินความต้องการของร่างกายที่จะนำไปใช้สังเคราะห์เป็นโปรตีน กรดอะมิโนที่มากเกินพอนี้จะถูกสลายไป เพราะร่างกายไม่สามารถสะสมกรดอะมิโนไว้ได้หรือในกรณีที่มีการอดอาหารหรือในกรณีที่เป็นโรคเบาหวานจะมีการสลายโปรตีนเพื่อนำมาใช้เป็นพลังงานมากขึ้น แต่อย่างไรก็ตามแม้ว่าในกรณีที่เป็นโรคเบาหวานในกระแสเลือดแม้จะมีน้ำตาลในปริมาณมากแต่ร่างกายก็ไม่สามารถนำน้ำตาลไปใช้ได้ เนื่องมาจากมีความผิดปกติของการส่งน้ำตาลเข้าสู่ภายในเซลล์ หรือในกรณีที่มีการอดอาหาร ปริมาณน้ำตาลกลูโคสในกระแสเลือดจะไม่เพียงพอต่อความต้องการของร่างกาย จะเห็นว่าทั้งสองกรณีนี้เซลล์ในร่างกายอยู่ในสภาวะขาดสารคาร์โบไฮเดรตซึ่งเป็นสารพลังงานที่สำคัญเป็นอันดับแรก ดังนั้นร่างกายจึงมีการปรับตัวโดยการเพิ่มการสลายโปรตีนให้เป็นกรดอะมิโนและสลายกรดอะมิโนให้เป็นพลังงานอีกทีหนึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.22.1 ชนิดของโปรตีน

1. โปรตีนชั้นดี (Complete Protein) เป็นโปรตีนสมบูรณ์ที่มีคุณภาพสูงในการซ่อมแซมและสร้างเนื้อเยื่อ เนื่องจากมีกรดอะมิโนที่จำเป็นต่อร่างกายทุกชนิด และอยู่ในสัดส่วนที่เหมาะสมที่ร่างกายจะทำไปใช้ประโยชน์ได้อย่างเต็มที่ โปรตีนประเภทนี้มักจะพบอยู่ในอาหารประเภทเนื้อ, นม, ไข่, ปลา และถั่วเหลือง เช่นในน้ำนมจะมีเคซีนและเวย์โปรตีน, ในไข่จะมี โอโวมิวคอยด์ (ovomucoid), โอโวแทรนส์เฟอริน (ovotranseferin) และ โอเวลบูมิน (ovalbumin)

2. โปรตีนชั้นกลาง (Partially Complete Protein) เป็นโปรตีนที่ช่วยให้สามารถดำรงชีวิตอยู่ได้แต่ไม่ได้อยู่ในปริมาณที่เพียงพอสำหรับการเจริญเติบโตและนำไปใช้ในการซ่อมแซมส่วนที่สึกหรอของร่างกาย เนื่องจากขาดกรดอะมิโนที่จำเป็นเพียงอย่างใดอย่างหนึ่ง ได้แก่ โปรตีนจากพืช, ผักและถั่วต่างๆ ยกเว้นถั่วเหลืองและลูกนัท เช่น เกลียดิน (gliadin) ซึ่งเป็นโปรตีนจากข้าวสาลี

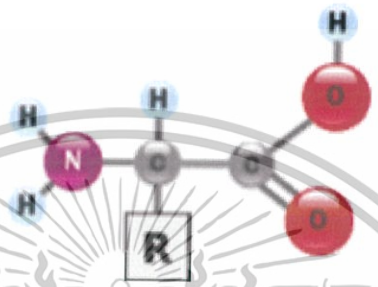
3. โปรตีนชั้นต่ำ (Totally Incomplete Protein) เป็นโปรตีนที่มีประสิทธิภาพต่ำไม่สามารถซ่อมแซมส่วนที่สึกหรอหรือสร้างเนื้อเยื่อได้ จึงไม่สามารถช่วยให้ดำรงชีวิตอยู่ได้ จัดเป็นโปรตีนที่ไม่สมบูรณ์ เนื่องมาจากขาดกรดอะมิโนที่จำเป็นต่อร่างกายหลายตัว ได้แก่ เจลาติน ซึ่งสกัดมาจากเอ็นเยื่อเกี่ยวพันของสัตว์ หรือโปรตีนในข้าวโพด

2.23 กรดอะมิโน (amino acid)

กรดอะมิโน คือ หน่วยโครงสร้างพื้นฐานของโปรตีนซึ่งเป็นส่วนประกอบสำคัญที่มีอยู่ในสิ่งมีชีวิตทุกชนิดโดยกรดอะมิโนเป็นชีวโมเลกุลที่มีทั้งหมู่คาร์บอกซิลิกและหมู่ฟังก์ชันอะมิโน ($-NH_2$) ที่ตำแหน่งแอลฟาติดอยู่กับคาร์บอนอะตอมเดียวกันเป็นองค์ประกอบ จึงเรียกอีกอย่างหนึ่งว่ากรดแอลฟาอะมิโน นอกจากนี้ในโครงสร้างของกรดอะมิโนจะประกอบไปด้วยหมู่ R (side chain) หรือหมู่ฟังก์ชัน ดังภาพที่ 2.10 ซึ่งมีความเฉพาะสำหรับกรดอะมิโนแต่ละตัว กรดอะมิโนจะแบ่งตามคุณสมบัติของหมู่ฟังก์ชัน ได้เป็น หมู่ฟังก์ชันไม่มีขั้วและไม่ชอบน้ำ (hydrophobic) ได้แก่ ไกลซีน อะลานีน วาลีน ลิวซีน ไอโซลิวซีน และโพรลีน กรดอะมิโนเหล่านี้มีบทบาทในการทำปฏิกิริยากับส่วนที่ไม่ชอบน้ำของโปรตีน และเพิ่มความยืดหยุ่นของโปรตีน, หมู่ฟังก์ชันมีขั้วและไม่มีประจุ ได้แก่ เซอรีน ทรีโอนีน ซิสทีอีน เมทไทโอนีน กลูตามีน แอสปาราจีน หมู่ฟังก์ชันเหล่านี้ชอบน้ำ (hydrophilic) และละลายในน้ำได้ดี ในส่วนของกรดอะมิโนที่มีหมู่ฟังก์ชันเป็นอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน ได้แก่ ฟีนิลอะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลานีน ไทโรซีน และทริปโตแฟน จะมีบทบาทในการเพิ่มความแข็งแรงของโปรตีนโดยการซ้อนทับกับของวงแหวนอะโรมาติกซึ่งมีความคงตัว นอกจากนี้ยังมีกรดอะมิโนที่มีหมู่ฟังก์ชันประจุลบ ได้แก่ แอสปาเตต และกลูตาเมต โดยจะแตกตัวให้ประจุลบที่ความเป็นกรด-ด่าง (pH) เท่ากับ 7 และหมู่ฟังก์ชันประจุบวก ได้แก่ ไลซีน อาร์จินีน ฮิสทีดีน โดยจะแตกตัวให้ประจุบวกที่ความเป็นกรด-ด่าง (pH) เท่ากับ 7



ภาพที่ 2.10 โครงสร้างของกรดอะมิโน

ที่มา : Michael (2008)

กรดอะมิโนจะช่วยในการต่อต้านการทำลายเซลล์กล้ามเนื้อ (anti-catabolic) และการสร้างเซลล์กล้ามเนื้อ (anabolic) และในระหว่างที่มีการออกกำลังกายอย่างหนักและต่อเนื่องเป็นเวลานานจะมีการใช้กรดอะมิโนจากโปรตีนในกล้ามเนื้อเป็นแหล่งพลังงานโดยผ่านกระบวนการสังเคราะห์ต่างๆ และการสร้างกลูโคส ซึ่งปริมาณการสังเคราะห์โปรตีนจะลดลงระหว่างและหลังการออกกำลังกาย ทำให้ร่างกายอยู่ในสภาวะที่ในเลือดมีระดับไนโตรเจนไม่สมดุล จะพบว่าโปรตีนที่ถูกสังเคราะห์ขึ้นมาจะมีปริมาณน้อยกว่าโปรตีนที่ถูกสลายไป และหลังจากที่หยุดออกกำลังกายร่างกายจะมีการย่อยสลายโปรตีนช้าลง โดยในช่วงนี้นั้นจะถือเป็นช่วงที่ดีที่สุดสำหรับการสังเคราะห์โปรตีนรวมทั้งสารต่างๆที่สูญเสียไปในขณะที่ออกกำลังกาย และจะพบว่าหลังจากการออกกำลังกายอย่างหนักและต่อเนื่องจะมีผลทำให้อัตราการสังเคราะห์โปรตีนในกล้ามเนื้อจะเพิ่มขึ้น แต่อย่างไรก็ตามการย่อยสลายจะยังคงเกิดขึ้นต่อไป ถึงแม้ว่าร่างกายจะไม่ได้รับสารอาหารเข้าสู่ร่างกายเลยก็ตาม ซึ่งจะทำให้ร่างกายเข้าสู่ภาวะของการขาดสมดุลไนโตรเจน แต่เมื่อได้บริโภคโปรตีนไม่ว่าจะเป็นในรูปของอาหารเสริม เช่น อาหารทั่วไปหรือเวย์โปรตีนกรดอะมิโนที่ย่อยได้จะถูกลำเลียงผ่านกระแสเลือดและส่งไปที่บริเวณกล้ามเนื้อซึ่งมีการสังเคราะห์โปรตีนเกิดขึ้น ดังนั้นจะพบว่าในสภาวะที่มีปริมาณกรดอะมิโนสะสมอยู่มากในร่างกายจะช่วยทำให้เกิดสมดุลของไนโตรเจนและเกิดการสังเคราะห์โปรตีน นอกจากนี้จะพบว่าการที่ในเวย์โปรตีนมีบรานช์เชนอะมิโนแอซิดในปริมาณมากนั้นจะแสดงให้เห็นถึงปริมาณการขนส่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ออกซิเจนในกล้ามเนื้อที่เกิดขึ้นเพื่อการเพิ่มขึ้นของการสังเคราะห์โปรตีนและตอบสนองต่อการออกกำลังกาย (วรจนา, 2552)

2.24 บรานชด์เชนอะมิโนแอซิด (branched chain amino acids)

บรานชด์เชนอะมิโนแอซิด (Branch chain amino acids: BCAA) มีโครงสร้างโมเลกุลที่มีหมู่คาร์บอนเป็นสายกิ่งก้าน ประกอบด้วย วาลีน (valine), ลิวซีน (leucine) และไอโซลิวซีน (isoleucine) บรานชด์เชนอะมิโนแอซิดเป็นกลุ่มของกรดอะมิโนชนิดที่จำเป็นต่อร่างกาย เนื่องจากร่างกายไม่สามารถสังเคราะห์ได้เองจึงทำให้จะได้รับจากการรับประทานอาหารเข้าไปเท่านั้นซึ่งจะถูกนำไปใช้ในกระบวนการสังเคราะห์โปรตีนของเซลล์กล้ามเนื้อ บรานชด์เชนอะมิโนแอซิดจะทำหน้าที่เป็นแหล่งพลังงานให้แก่ร่างกาย โดยเฉพาะในระหว่างการออกกำลังกายอย่างหนัก ทำให้สามารถออกกำลังกายได้หนักและยาวนานขึ้น บรานชด์เชนอะมิโนแอซิดจะเป็นตัวการไปกระตุ้นต่อมใต้สมอง (pituitary gland) ให้มีการหลั่งฮอร์โมนเร่งการเจริญเติบโต (growth hormone) โดยบรานชด์เชนอะมิโนแอซิดจะทำหน้าที่เป็นตัวกระตุ้นให้ร่างกายเกิดกระบวนการสังเคราะห์โปรตีนเพิ่มขึ้นเพื่อใช้ในการซ่อมแซมส่วนที่สึกหรอของเซลล์กล้ามเนื้อที่มีการใช้งาน เพื่อนำมาเป็นวัตถุดิบสำคัญในการสร้างกล้ามเนื้อให้มีขนาดใหญ่ขึ้นได้อย่างรวดเร็ว โดยวัตถุดิบที่นำมาใช้ในการสังเคราะห์โปรตีนนั้น คือ กรดอะมิโนทั้งในส่วนที่เซลล์กล้ามเนื้อได้รับมาจากการย่อยสลายโปรตีนชนิดต่างๆและในส่วนที่เซลล์กล้ามเนื้อได้รับมาโดยตรงจากอาหารในรูปของกรดอะมิโนอิสระ (free amino acids) ชนิดต่างๆ ในขณะเดียวกันบรานชด์เชนอะมิโนแอซิดจะสามารถช่วยซ่อมแซมเซลล์กล้ามเนื้อที่สึกหรอจากการออกกำลังกาย ซึ่งมีผลทำให้ให้กล้ามเนื้อฟื้นตัวเร็วขึ้นอีกด้วย การที่บรานชด์เชนอะมิโนเอซิดมีระดับต่ำจะทำให้เกิดการอ่อนล้าของกล้ามเนื้อได้ บรานชด์เชนอะมิโนแอซิดยังช่วยเพิ่มการทำงานของระบบภูมิคุ้มกันของร่างกายนอกจากนี้จะช่วยทำให้โปรตีนที่ถูกสลายตัวด้วยกระบวนการทำลายโปรตีน (protein catabolism) ในระหว่างการออกกำลังกายนั้นมีปริมาณลดลง ทำให้เซลล์กล้ามเนื้อมีขนาดที่ไม่เล็กลง (วรจนา, 2552)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.25 เวย์โปรตีน (Whey Protein)

ภาพที่ 2.11 เวย์โปรตีน

ที่มา : บริษัท เมก้า ไลฟ์ไซแอ็นซ์ พีทีวาย จำกัด (2019)

เวย์โปรตีน (Whey Protein) นั้นถือเป็นผลิตภัณฑ์อาหารโปรตีนเสริมกล้ามเนื้อที่ได้รับความนิยมจากผู้บริโภคอย่างแพร่หลายในปัจจุบันเนื่องจากเป็นโปรตีนที่สกัดได้มาจากนมวัวที่คัดแยกจากกระบวนการผลิตเนยแข็งแล้วนำมาสกัดนำเอาส่วนที่เป็นคาร์โบไฮเดรตและไขมันออกจนให้เหลือส่วนที่เป็นโปรตีนบริสุทธิ์ที่เข้มข้น จากนั้นจึงนำมาผ่านกระบวนการการทำให้แห้ง เพื่อให้อยู่ในรูปผงพร้อมชงดื่มซึ่งเป็นแหล่งโปรตีนที่มีความสมบูรณ์อย่างยิ่งและเป็นแหล่งรวมของกรดอะมิโนที่ทำให้ร่างกายสามารถย่อยสลายได้ง่ายและดูดซึมไปใช้ได้อย่างรวดเร็ว ปัจจุบันแหล่งสารอาหารโปรตีนหลักมีอยู่ 3 ประเภท คือ เวย์ (Whey), นม, ไข่และถั่วเหลือง (Soy) นอกจากนี้ยังพบว่าเวย์เป็นโปรตีนนั้นถือเป็นโปรตีนหนึ่งในสองตัวหลักที่พบในนมวัว ซึ่งจะมีปริมาณประมาณ 20 เปอร์เซ็นต์ ในน้ำนมวัวและเชื่อกันว่าเวย์โปรตีนเป็นแหล่งโปรตีนที่มีประสิทธิภาพดีกว่าโปรตีนชนิดอื่นๆ เนื่องจากย่อยง่ายและมีประสิทธิภาพในการเสริมสร้างกล้ามเนื้อสูงและร่างกายสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้อย่างมากอีกด้วย ซึ่งประเภทของผลิตภัณฑ์เวย์โปรตีนที่มักจะพบเห็นอยู่ในโฆษณาบ่อยๆ เช่น เวย์โปรตีนคอนเซนเทรต (Whey Protein Concentrate) และเวย์โปรตีนไอโซเลต (Whey Protein Isolate) โดยคำเหล่านี้จะอยู่ข้างฉลากของผลิตภัณฑ์ซึ่งจะบ่งบอกถึงกรรมวิธีการผลิตที่แตกต่างกันออกไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เวย์โปรตีนเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกระบวนการการแปรรูปนมวัวเป็นเนยแข็ง โดยในนมวัวนั้นจะมีองค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นน้ำอยู่ประมาณร้อยละ 87 และของแข็ง (Solids) อยู่ที่ประมาณร้อยละ 13 ซึ่งส่วนที่เป็นเนื้อของนม (Milk Solids) จะประกอบไปด้วย น้ำตาลแลกโตส (Lactose) ประมาณร้อยละ 37 , ไขมันร้อยละ 30, โปนตีนร้อยละ 27 และแร่ธาตุวิตามินอื่นๆอีกร้อยละ 6 ดังนั้นในน้ำนมจึงจะประกอบไปด้วยโปรตีนประมาณร้อยละ 3-4 โดยส่วนที่เป็นโปรตีนของนม (Milk Protein) จะประกอบไปด้วยโปรตีน 2 กลุ่ม ซึ่งก็คือเคซีน (Casein) ปริมาณร้อยละ 80 และเวย์โปรตีน(Whey protein) ปริมาณร้อยละ 20 เพราะฉะนั้นในนมวันจึงมีเคซีนอยู่ประมาณร้อยละ 2-3 โดยน้ำหนัก และมีเวย์โปรตีนอยู่ประมาณร้อยละ 1 โดยน้ำหนัก ขั้นตอนเริ่มแรกของกระบวนการผลิตเวย์โปรตีนนั้นเริ่มด้วยการเติมเอนไซม์เรเนนซึ่งเป็นเอนไซม์น้ำย่อยที่อยู่ในกระเพาะอาหารของลูกวัวลงไปในนมวัว โปรตีนเคซีนในนมวัวจะจับกันเป็นก้อนตกตะกอนแยกออกมา เรียกว่า เคิร์ด (Curd) สามารถนำไปผลิตเนยแข็งหรือเป็นวัจฤดิบในอุตสาหกรรมอื่นๆต่อไปได้ ในส่วนชของเหลวที่เหลือนั้นก็คือ เวย์ (Whey) มีลักษณะเป็นของเหลวใสสีเหลืองประกอบไปด้วย น้ำตาลแลกโตส น้ำ ไขมัน เกลือแร่ วิตามิน และเวย์โปรตีน ซึ่งในขั้นตอนนี้เวย์จะประกอบไปด้วยน้ำ 92 เปอร์เซ็นต์ เวย์โปรตีนร้อยละ 0.7-0.9 และน้ำตาลแลกโตสร้อยละ 6.5 โดยประมาณ เมื่อนำเวย์ที่ได้ไปผ่านกระบวนการทำแห้งจะทำให้ได้ผงเวย์โปรตีนชนิด Simple Whey Protein ที่มีความเข้มข้นของเวย์โปรตีนเพียงประมาณร้อยละ 10-12 หรือสูงสุดไม่เกินร้อยละ 30 (Bullerman and Berry, 1996)

เวย์โปรตีนเป็นโปรตีน ซึ่งอยู่ในน้ำนมวัวโดยเวย์ถือเป็นผลพลอยได้จากการผลิตเนยแข็ง ซึ่งเวย์จะมีลักษณะเป็นของเหลวใสมีสีค่อนข้างเขียวอมเหลือง เมื่อพิจารณาองค์ประกอบของเวย์นั้นพบว่ามีปริมาณน้ำตาลแลกโตสมากกว่าสารอาหารอื่น โดยจะแบ่งชนิดของเวย์เป็น 2 ชนิด คือ สวีทเวย์ (Sweet whey) ซึ่งสวีทเวย์เป็นเวย์ที่ได้หลังจากการตกตะกอนเคซีนในน้ำนมด้วยเอนไซม์เรนเนนในระหว่างการผลิดเนยแข็ง เช่น เกาดาชีส (Gouda cheese), มอซซาเรลลาชีส (Mozzarrella cheese), เชดดาร์ชีส (Chedda cheese) และเนยแข็งสวิส (Swiss) ซึ่งเวย์ชนิดนี้จะมีความเป็นกรด-ด่างประมาณ 5-7 และมีปริมาณความเป็นกรดต่ำร้อยละ 0.07-0.19 ส่วนอีกชนิดคือแอซิดเวย์ (Acid Whey) ป็นเวย์ที่ได้หลังจากตกตะกอนเคซีนในนมสดหรือหางนมโดยการเติมกรดในระหว่างการผลิตเนยแข็ง เช่น คอทเทจ (Cottage) และริค็อตต้า (Ricotta) โดยเวย์ชนิดนี้จะมี pH ประมาณ 4-5 และมีความเป็นกรดร้อยละ 0.28-0.44 ในเวย์โปรตีนประกอบไปด้วยโปรตีนหลายชนิดที่ทนต่อกรด แต่ไม่ทนต่อความร้อนสามารถสูญเสียสภาพได้เนื่องจากความร้อน (Rhim *et al.*, 1990) การพาสเจอไรซ์นมธรรมดาจะทำลายโปรตีนบางส่วน เวย์โปรตีนประกอบด้วยหมู่ซัลเฟอร์ ดังนั้นเมื่อได้รับความร้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จนถึงจุดเดือดจะเกิดไฮโดรเจนซัลไฟด์ นมจะมีกลิ่นนมต้มหรือกลิ่นนมไหม้ น้ำนมที่ต้องการนำมาผลิตเป็นนมเปรี้ยวหรือผลิตภัณฑ์ที่เกี่ยวข้องกับเชื้อจุลินทรีย์จำเป็นต้องผ่านความร้อนที่อุณหภูมิ 180-190 องศาฟาเรนไฮต์มาก่อน ดังนั้นย่อมจะเกิดกลิ่นและรสชาติที่กล่าวมาแล้ว หมู่ซัลเฟอร์มีความไวต่อความร้อนมีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (strong antioxidant) ที่ดี ดังนั้นผลิตภัณฑ์นมที่มีสารประกอบซัลเฟอร์ซึ่งเกิดเนื่องจากความร้อนมักจะไม่ค่อยเกิดการเปลี่ยนแปลงชนิดออกซิเดชัน เวย์โปรตีนจะประกอบด้วยโปรตีน, น้ำตาลแลกโตส และแร่ธาตุ โดยเฉพาะในส่วนของโปรตีนนั้นมีคุณค่าทางโภชนาการสูง และมีคุณสมบัติเชิงหน้าที่ (functional properties) เพื่อนำไปใช้ประโยชน์ที่ดี (Huffman, 1996) ในเวย์จะมีโปรตีนประมาณร้อยละ 20 ของโปรตีนทั้งหมดในน้ำนม ซึ่งจะประกอบไปด้วย บีต้า-แล็กโทโกลบูลิน, แอลฟ่า-แล็กโทโกลบูลิน, โปรตีโอสเพปโทน, เซรั่ม อัลบูมิน และ อิมมิวโนโกลบูลิน (Varnam and Sutherland, 1994) ซึ่งความแตกต่างขององค์ประกอบในเวย์โปรตีนแสดงในตารางที่ 2.7

ตารางที่ 2.7 องค์ประกอบและสมบัติบางประการของเวย์โปรตีน

ชนิดของโปรตีน	น้ำหนัก (ร้อยละ)	น้ำหนักโมเลกุล (ดาลตัน)	Isoelectric point
β-lactoglobulin	48	18,400-36,900	5.2
α-lactoglobulin	19	14,200	5.1
proteose-peptone	20	4,000-80,000	5.1-6.0
serum albumin	6	690,000	4.8
immunoglobulins	8	160,000	5.5-6.8

ที่มา : Yada (2004)

2.25.1 บีต้า-แล็กโทโกลบูลิน (β-lactoglobulin)

เป็นองค์ประกอบหลักซึ่งโปรตีนชนิดนี้จะอยู่ในรูปไดเมอร์ (dimer) ที่มีน้ำหนักโมเลกุลตั้งแต่ 18,400-36,900 ดาลตัน แต่ละเส้นเปปไทด์จะมีกรดอะมิโนอยู่ประมาณ 136 หน่วย แต่ละไดเมอร์จะมีลักษณะเป็นทรงกลมสองภาพติดกัน ซึ่งเป็นโครงสร้างตามทฤษฎีของ GreenAschaffenburg (วรรณา และ วิบูลย์ศักดิ์, 2531) โมเลกุลของบีต้า-แล็กโทโกลบูลินจะไม่ละลายในน้ำกลั่นแต่ละลายได้ในสารละลายเกลือเจือจาง สามารถตกตะกอนโปรตีนชนิดนี้ได้ด้วยแมกนีเซียมซัลเฟตและแอมโมเนียมซัลเฟต นอกจากนี้พบว่าโปรตีนชนิดนี้มีลักษณะเป็นคอลลอย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถูกทำให้เสียสภาพด้วยความร้อนได้ง่าย มีบทบาทสำคัญต่อกลิ่นและรสของผลิตภัณฑ์ประเภทผลิตภัณฑ์นมชนิดเหลว (fluid dairy food)

2.25.2 แอลฟ่า-แล็กโทโกลบูลิน (α -lactoglobulin)

เป็นโปรตีนที่มีซัลเฟอร์ประกอบอยู่มากกว่าในเคซีนถึง 2.5 เท่า โมเลกุลของแอลฟ่า-แล็กโทโกลบูลินค่อนข้างคงตัว เนื่องจาประกอบไปด้วยพันธะดซัลไฟต์ 4 พันธะ มีน้ำหนักโมเลกุลประมาณ 14,200 ดาลตัน โดยในแต่ละสายเปปไทด์จะมีกรดอะมิโนประมาณ 123 หน่วย แอลฟ่า-แล็กโทโกลบูลินมีคุณสมบัติไม่ละลายน้ำแต่สามารถตกตะกอนได้ด้วยความร้อนในสภาวะที่เป็นกรด (pH 4.5) ไม่พบว่ามีโพแตสเซียมเป็นองค์ประกอบเหมือนในเคซีน

2.25.3 โปรตีโอสเพปโทน (Proteose-peptone)

เป็นฟอสโฟกลัยโคโปรตีนที่มีน้ำหนักโมเลกุลตั้งแต่ 4,000-80,000 ดาลตัน มีกรดอะมิโนกลูตามิคและแอสปาร์ติดเป็นองค์ประกอบอยู่มาก ในสภาวะที่เป็นกรด (pH 4.7) เมื่อให้ความร้อนถึง 95 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 20 นาที ก็จะไม่เกิดการตกตะกอนแต่สามารถตะกอนด้วยกรดไตรคอลโรอะซิติคเข้มข้นร้อยละ 12 ได้

2.25.4 เซรั่ม อัลบูมิน (Serum albumin)

มีน้ำหนักโมเลกุลประมาณ 69,000 ดาลตัน มีลักษณะคล้ายกับอัลบูมินของซีรัมในเลือด (Blood serum) ซึ่งถูกทำลายหรือเปลี่ยนสภาพไปบางส่วนเมื่อน้ำนมถูกพาสเจอไรซ์ ประกอบด้วยซัลเฟอร์เป็นจำนวนมาก จึงมีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่ดี (strong antioxidant)

2.25.5 อิมมิวโนโกลบูลิน (Immunoglobulins)

พบประมาณร้อยละ 10 ของเวย์โปรตีน แบ่งออกเป็น IgM, IgA, IgG2 และ IgG1 แต่เดิมจัดอิมมิวโนโกลบูลิน ไว้ว่าเป็นแลคโตกล็อบบูลิน (Lactoglobulin) ต่อมาได้แบ่งอิมมูโนกลบบูลินออกเป็นยูโกลบูลิน (Euglobulin) และซูโดโกลบูลิน (Pseudoglobulin) ในส่วนของยูโกลบูลินจะประกอบไปด้วยโปรตีน IgG1 เป็นส่วนใหญ่ รองลงมาคือ IgA โดยทั้ง IgG1 และ IgG2 นั้นเป็นโปรตีนที่พบในปริมาณค่อนข้างสูง ซึ่งเป็นโปรตีนโมเลกุลเดี่ยวที่ประกอบด้วยพอลิเมอร์ของสายเปปไทด์ 4 สาย ซึ่งประกอบด้วยพอลิเปปไทด์เส้นหนัก (heavy chain) 2 สาย และพอลิเปปไทด์เส้นเบา (light chain) 2 สายซึ่งเชื่อมต่อกันด้วยพันธะไดซัลไฟต์ โดยโปรตีนชนิดนี้มีคุณสมบัติเป็นแอนติบอดี้ (antibody) พบมากในส่วนของเยื่อหุ้มเม็ดไขมัน เป็นโปรตีนที่สามารถยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ในน้ำนม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.26 แหล่งที่มาและการใช้ประโยชน์จากเวย์โปรตีน

เวย์โปรตีนผงเป็นผลิตภัณฑ์ในปัจจุบันได้จากกระบวนการผลิตเนยแข็งและเคซีนที่ประกอบด้วยโปรตีนในน้ำนมมากถึงร้อยละ 20 (Varnam and Sutherland, 1994) จึงมีการศึกษาการนำกลับมาใช้ประโยชน์เป็นอาหารสำหรับมนุษย์ ในอดีตมักนำเวย์โปรตีนที่ผ่านการพาสเจอไรซ์มาผสมกับเครื่องดื่มโดยตรง เช่น เครื่องดื่มที่มีโปรตีนสูง , น้ำผลไม้และเครื่องดื่มน้ำอัดลม (soft drinks) ในยุคกรีกโบราณ 460 ปีก่อนคริสต์ศักราชและในยุคกลาง มีแพทย์จำนวนมากนำเวย์มาใช้เป็นเครื่องดื่มทางโภชนาการของมนุษย์เพื่อใช้ในการรักษาโรค ในปีค.ศ. 1940 ได้มีการนำเวย์มาใช้รักษาโรคเกี่ยวกับข้อ, โรคเก๊าท์, โรคตับ และอาการปัสสาวะไม่ออก โดยดื่มเวย์ในปริมาณ 1500 กรัมต่อวัน และพบว่าการใช้เวย์เป็นเครื่องดื่มเพียวอย่างเดียวจะได้คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสต่ำที่สุด เนื่องจากเวย์โปรตีนมีกลิ่นรสที่ไม่พึงประสงค์ แต่เมื่อใช้เวย์เพียงร้อยละ 35-40 ผสมกับน้ำผลไม้ชนิดต่างๆร้อยละ 7-20 จะได้คะแนนการยอมรับทางด้านกลิ่นรสที่สูงขึ้นถึง 5.9 ในปี 1974 ได้มีรายงานว่าการผลิตเครื่องดื่มเวย์ ส่วนใหญ่จะเตรียมจากเวย์ที่ได้จากเนยแข็ง แล้วนำไปพาสเจอไรซ์ทันที จากนั้นลดหรือบดบังกลิ่นโดยการเติมกลิ่นรสต่างๆ เช่น น้ำผลไม้ หรือกลิ่นรสสังเคราะห์ เพื่อให้ได้กลิ่นรสที่เหมาะสมและนำไปบรรจุสำหรับการบริโภค โดยเวย์โปรตีนได้ถูกพิจารณาว่าเป็นของเสียหรือของเหลือจากกระบวนการผลิตเนยแข็งมาเป็นเวลานานมากกว่า 20 ปี พบว่าเมื่อพิจารณาทางด้านสิ่งแวดล้อมและการแข่งขันทางธุรกิจนั้น มีแนวโน้มสูงที่จะสามารถเพิ่มมูลค่าให้แก่เวย์โปรตีนได้ โดยใช้เป็นผลิตภัณฑ์ร่วม (co-product) ของกระบวนการผลิตผลิตผลิตภัณฑ์นม (Dairy product manufacturing) ในปัจจุบันการศึกษาค้นคว้าต่างๆ สะดวกเนื่องจากเทคโนโลยีต่างๆมีความก้าวหน้าไปมากโดยจุดประสงค์หลักในอนาคตจะพยายามใช้เวย์โปรตีนเป็นผลิตภัณฑ์ข้างเคียง (by-product) หรือ ผลิตภัณฑ์ร่วม (co-product) ซึ่งเวย์โปรตีนผงถูกผลิตโดยวิธีการอัดด้วยไอน้ำ (Steam passes) ผ่านอัตราฟิลเตรชันเมมเบรน (Ultrafiltration membrane) ระหว่างกระบวนการทำให้โปรตีนเข้มข้นซึ่งผลิตภัณฑ์ข้างเคียง (by-product) ก็คือส่วนที่เรียกว่า เพอมิเอต (Permeate) โดยปัจจุบันเทคโนโลยีทางด้านเมมเบรน (Membrane) พัฒนาไปมากจนสามารถแยกส่วนเพอมิเอต (Permeate) ที่ประกอบด้วย น้ำ, เนยแข็งและแอซิดเวย์ ยกเว้นพวกแบคทีเรีย, เม็ดไขมัน (Fat globute) และโมเลกุลโปรตีนขนาดใหญ่ๆ โดยขึ้นกับลักษณะรู (Porosity) และความสามารถในการซึมผ่าน (Permeability) ของเมมเบรน (Membrane) ที่ใช้ โดยจะมีการผลิดเวย์ในรูปแบบต่างๆที่มีคุณสมบัติการใช้งานได้ดีขึ้น สามารถนำไปใช้เป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการและปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.27 กระบวนการผลิตเวย์โปรตีนผง

ขั้นแรกจะเป็นการแยกเวย์โปรตีนออกจากเนยแข็งหรือเคซีนที่ปนเปื้อนในวัตถุดิบออก เริ่มแรกวัตถุดิบจะมีน้ำร้อยละ 93 และมีโปรตีนร้อยละ 0.6 เวย์ที่นำออกมาจากถังพักเนยแข็งจะประกอบไปด้วยเศษเนยแข็งละเอียด ไขมัน กรด เกลือแร่ จุลินทรีย์ และองค์ประกอบน้ำนมอื่นๆ โดยปกติในการแยกเศษเนยแข็งและไขมันให้หลุดออกจากเวย์มักจะใช้เครื่องหมุนเหวี่ยง 2 ตัว โดยเครื่องหมุนเหวี่ยงตัวแรกใช้เพื่อที่จะทำให้เวย์ใสโดยเหวี่ยงเศษเนยแข็งให้หลุดออกไป ขณะที่เครื่องหมุนเหวี่ยงตัวที่สองที่เรียกว่าเครื่องแยกจะทำหน้าที่ในการเหวี่ยงไขมันให้หลุดออกไป ไขมันที่หลุดออกมานี้เรียกว่า ครีมเวย์ การนำไขมันและเศษเนยแข็งออกไปนี้จะช่วยในการปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์เวย์โปรตีนสุดท้ายให้มีคุณภาพดียิ่งขึ้น ในระหว่างขั้นตอนของกระบวนการผลิตเนยแข็งจะมีการเติมจุลินทรีย์ลงไปในน้ำนมเพื่อเปลี่ยนน้ำตาลแลกโตสไปเป็นกรดแลกติก ดังนั้นจุลินทรีย์บางส่วนจะยังคงหลงเหลืออยู่ในน้ำเวย์ จึงต้องรีบพาสเจอไรซ์ทันที เป็นเวลา 15-20 วินาทีที่อุณหภูมิ 72-78 องศาเซลเซียส จากนั้นน้ำเวย์จะพร้อมเข้าสู่กระบวนการผลิตขั้นตอนต่อไป โดยการกรองด้วยเมมเบรน (Ultrafiltration membrane) การใช้เทคนิคโครมาโตกราฟี การแลกเปลี่ยนไอออน ตลอดจนการระเหยและการทำแห้งเพื่อให้ผลิตภัณฑ์มีประสิทธิที่ดีขึ้นตรงตามที่ผู้บริโภคต้องการ หลังจากที่นำเวย์โปรตีนมาผ่านกระบวนการที่ทำให้เวย์โปรตีนมีความเข้มข้นและบริสุทธ์ได้เป็นผลิตภัณฑ์เวย์โปรตีนหลายชนิดโดยแยกเป็นชนิดต่างๆ จากการพิจารณาปริมาณโปรตีนแบ่งเป็นชนิดต่างๆ คือ เวย์โปรตีนคอนเซนเทรต (Whey Protein Concentrate) ร้อยละ 35 จะประกอบด้วยโปรตีนร้อยละ 34-35, น้ำตาลแลกโตสร้อยละ 53, ไขมันร้อยละ 4 และเถ้าร้อยละ 8 ซึ่งส่วนประกอบเช่นนี้จะเหมือนส่วนประกอบของนมผงปราศจากไขมัน (Non fat dry milk), เวย์โปรตีนคอนเซนเทรต ร้อยละ 50 จะประกอบด้วยโปรตีนร้อยละ 53, น้ำตาลแลกโตสร้อยละ 35, ไขมันร้อยละ 5 และเถ้าร้อยละ 7, เวย์โปรตีนคอนเซนเทรต ร้อยละ 80 จะประกอบด้วยโปรตีนประมาณมากกว่าร้อยละ 80, น้ำตาลแลกโตสร้อยละ 7, ไขมันและเถ้าประมาณร้อยละ 4-7 นอกจากนั้นยังมีเวย์โปรตีนไอโซเลต (Whey Protein Isolate) ซึ่งจะมีปริมาณโปรตีนมากกว่าร้อยละ 90 ไขมันร้อยละ 1 น้ำตาลแลกโตสร้อยละ 1 และเถ้าร้อยละ 3 พบว่ามีการใช้เวย์โปรตีนคอนเซนเทรต ร้อยละ 80 และเวย์โปรตีนไอโซเลตในการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารมากกว่าเวย์โปรตีนผงชนิดอื่นๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.27.1 ชนิดของเวย์โปรตีน

1. เวย์โปรตีนคอนเซนเทรต (Whey Protein Concentrate) ได้มาจากเวย์ที่เป็นผลพลอยได้ในกระบวนการผลิตเนยแข็ง ซึ่งจะมีปริมาณน้ำตาลแลกโตสและปริมาณไขมันต่ำ โดยปริมาณโปรตีนในผลิตภัณฑ์ชนิดนี้จะขึ้นอยู่กับการนำไปใช้ โดยผงเวย์โปรตีนที่ได้นั้นจะมีความเข้มข้นของเวย์โปรตีนประมาณร้อยละ 30-89 โดยน้ำหนัก เวย์โปรตีนคอนเซนเทรตจะได้มาจากกระบวนการผลิตขั้นต้นโดยจะผ่านกระบวนการกรองแบบอัตราฟิลเตรชัน หรือกระบวนการอื่นๆเพื่อแยกเอาน้ำตาลแลกโตสและไขมันที่มีผสมอยู่มากออกไปแล้วจึงระเหยน้ำออกเพื่อทำให้เข้ข้นขึ้นก่อนการทำแห้งเป็นผง ซึ่งเวย์โปรตีนชนิดนี้จะมีลักษณะเป็นผงสีครีมอ่อนและมีกลิ่นรสธรรมชาติแบบนมราคาถูก สามารถนำไปใช้เป็นส่วนผสมในอุตสาหกรรมอาหารได้หลากหลาย เช่น เป็นส่วนผสมในเครื่องดื่ม, ลูกกวาด, ผลิตภัณฑ์เนื้อ, เบเกอรี่, ผลิตภัณฑ์นม และขนมหวาน เป็นต้น (ทรงปราชญ์, 2559)

2. เวย์โปรตีนไอโซเลต (Whey Protein Isolate) ผลิตโดยนำเวย์โปรตีนคอนเซนเทรต (Whey Protein Concentrate) มาผ่านกระบวนการเพิ่มเติมซึ่งก็คือ การแลกเปลี่ยนไอออน (IE) หรือ การกรองแบบไหลขวาง (CFM) เพื่อแยกเอาน้ำตาลแลกโตสและไขมันที่ยังคงผสมอยู่ในผลิตภัณฑ์ออกไป ทำให้ได้ความเข้มข้นของเวย์โปรตีนมากกว่าร้อยละ 90 ขึ้นไป ในการแลกเปลี่ยนไอออนใช้วิธีแยกโมเลกุลของสารต่างๆออกจากกันโดยอาศัยประจุไฟฟ้าบนโมเลกุลที่ต่างกัน สามารถทำให้เวย์โปรตีนบริสุทธิ์ได้มากที่สุดโดยอาจทำให้มีความเข้มข้นของเวย์โปรตีนได้ถึงร้อยละ 97-98 โดยน้ำหนักแห้ง แต่กระบวนการการกรองแบบไหลขวาง ซึ่งใช้ตัวกรองที่ทำจากเซรามิกสามารถรักษาโปรตีนที่ผ่านกระบวนการแลกเปลี่ยนไอออน มาแล้ว ทำให้เวย์โปรตีนไอโซเลทมีลักษณะเป็นผงสีครีมอ่อนและมีกลิ่นรสธรรมชาติแบบนมเช่นกัน ซึ่งราคาของผลิตภัณฑ์ตัวนี้ก็จะมีราคาสูงขึ้นเนื่องจากวิธีการผลิตนั้นได้มีกระบวนการผลิตที่มีความละเอียดและซับซ้อน (ทรงปราชญ์, 2559)

3. ไฮโดรไลซ์เวย์โปรตีน (Hydrolyzed Whey Protein) เป็นการนำโปรตีนคอนเซนเทรต (Whey Protein Concentrate) หรือเวย์โปรตีนไอโซเลต (Whey Protein Isolate) มาผ่านกระบวนการไฮโดรไลซ์ (Hydrolyzed) ทำให้โมเลกุลของเวย์โปรตีนที่มีขนาดใหญ่มากถูกย่อยสลายจนอยู่ในรูปแบบของโมเลกุลขนาดเล็ก ที่เรียกว่า เปปไทด์ (Peptides) และบางส่วนถูกย่อยสลายลงไปจนอยู่ในรูปของกรดอะมิโน ซึ่งข้อดีของไฮโดรไลซ์เวย์โปรตีน (Hydrolyzed Whey Protein) คือเป็นเวย์โปรตีนที่ถูกย่อยและดูดซึมได้รวดเร็วที่สุด และทำให้เกิดอาการแพ้โปรตีนน้อยลงกว่าเวย์ชนิดอื่นๆจึงมักใช้ในการผลิตสูตรนมผงสำหรับทารกหรือถูกใช้ในทางการแพทย์ เพื่อจุดประสงค์

เอกสารนี้ถูกสงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พิเศษต่างๆ ในส่วนของผลิตภัณฑ์ชนิดนี้นั้นคือมีรสชาติขมและราคาที่แพงกว่าเวย์โปรตีนชนิดอื่น (ทรงปราชญ์, 2559)

2.28 คุณสมบัติเชิงหน้าที่ของเวย์โปรตีน

เป็นที่ทราบว่าเวย์โปรตีนผงนั้นมีหลายชนิดและหลากหลายคุณสมบัติ ดังนั้น ในปัจจุบันจึงได้นิยมนำเวย์โปรตีนไปเป็นส่วนประกอบในผลิตภัณฑ์หลายชนิด เช่น ผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์, ผลิตภัณฑ์เบเกอรี่, เครื่องดื่ม และผลิตภัณฑ์นม เนื่องจากว่านอกจากเวย์โปรตีนจะมีคุณค่าทางโภชนาการสูงแล้ว ยังสามารถช่วยปรับปรุงคุณสมบัติเชิงหน้าที่ด้านต่างๆของโปรตีนในผลิตภัณฑ์ชนิดต่างๆอีกด้วย ซึ่งได้แก่ การละลาย, การอุ้มน้ำ, ความหนืด, การเกิดเจล, การเกิดอิมัลชัน, การเกาะยึดตัว และการเกิดโฟม (Huffman, 1996)

2.28.1 คุณค่าทางโภชนาการ (Nutritive value)

เนื่องจากเวย์โปรตีนคอนเซนเทรตประกอบด้วยกรดอะมิโนที่จำเป็นต่อร่างกาย (essential amino acids) และสามารถย่อยสลายได้ง่ายเป็นจำนวนมาก โดยจะพบว่าแหล่งอาหารบางชนิดจะมีกรดอะมิโนน้อย เช่น ข้าวมีไลซีน (lysine) ต่ำและถั่วเหลืองมีเมไทโอนีน (methionine) ต่ำ ซึ่งเวย์โปรตีนคอนเซนเทรตจะมีค่า PER มากกว่า 3.0 และมีค่า BV สูงกว่าโปรตีนจากแหล่งอื่น และมีค่า NPU ใกล้เคียงกับไข่ขาวดังที่แสดงในตารางที่ 2.8 จะเห็นได้ว่าเวย์โปรตีนให้กรดอะมิโนที่เพียงพอต่อความต้องการของร่างกายทั้งในวัยเด็กและวัยผู้ใหญ่ นอกจากนี้เวย์โปรตีนคอนเซนเทรตยังประกอบด้วยบรานช์เชนอะมิโนแอซิด (Branched chain amino acid) เช่น ลิวซีน (leucine), วาลีน (valine) และ ไอโซลิวซีน (isolucine) ซึ่งกรดอะมิโนเหล่านี้จะนิยมใช้ในอุตสาหกรรมเครื่องดื่มชูกำลัง (sport drink) นอกจากนั้นยังเป็นส่วนผสมของอาหารลดน้ำหนัก อาหารเพื่อสุขภาพ และเครื่องดื่มต่าง ๆ (อัจฉริยา, 2551)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.8 ดัชนีแสดงคุณค่าทางอาหารของโปรตีนจากแหล่งต่างๆ

แหล่งโปรตีน	ค่า BV	ค่า PER	ค่า NPU
เวย์โปรตีนคอนเซนเทรต	104	3.2	92
โปรตีนจากถั่วเหลือง	74	2.1	61
ไข่ขาว	100	3.8	94
น้ำนมโค	91	3.1	82
เคซีน	77	2.5	76
เนื้อวัว	80	2.9	73

ที่มา : USDEC (2004)

2.28.2 การละลาย (Solubility)

เวย์โปรตีนที่ยังไม่ถูกทำลายหรือเปลี่ยนสภาพด้วยความร้อนจะมีความสามารถในการละลายสูงมากในช่วงค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) กว้างตั้งแต่ 3-8 แต่ในผลิตภัณฑ์อาหารโปรตีนจะละลายได้มากน้อยเพียงใดนั้นขึ้นอยู่กับความร้อนที่ใช้ในการแปรรูปอาหารและความเป็นกรด-ด่าง (pH) ในอาหาร พบว่าที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เวย์โปรตีนจะสูญเสียความสามารถในการละลายบางส่วนในช่วง ความเป็นกรด-ด่าง (pH) 3-5 เนื่องจากเวย์โปรตีนบางส่วนจะตกตะกอน และจับตัวเป็นก้อนที่จุดไอโซอิเล็กทริก (Isoelectric point) (pH = 4.5-5.3) ความสามารถในการละลายของเวย์โปรตีนในผลิตภัณฑ์อาหารที่ใช้ความร้อนสามารถเพิ่มขึ้นได้โดยการเติมน้ำตาล ซึ่งจะเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพการทนความร้อน (heat stability) ของเวย์โปรตีนในผลิตภัณฑ์ที่เป็นกรด ความสามารถในการละลายของ เวย์โปรตีนมีความสำคัญอย่างมาก เช่น ในผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มพร้อมดื่ม (ready to drink) และน้ำสลัด นอกจากนี้ไอออน เช่น แคลเซียมไอออน ทำให้โปรตีนเสียความสามารถในการละลายเพิ่มขึ้นอีกด้วย เนื่องจากแคลเซียมไอออนเป็นไอออนอิสระ ซึ่งจะทำหน้าที่จับกับโมเลกุลของโปรตีนแล้วรวมตัวกันแล้วตกตะกอนลงมา (อัจฉริยา, 2551)

2.28.3 ความหนืดและความสามารถในการอุ้มน้ำ (Viscosity and Water holding capacity)

เมื่อเปรียบเทียบกับโปรตีนส่วนมาก พบว่าความหนืดของเวย์โปรตีนคอนเซนเทรตนั้นต่ำซึ่งมีประมาณน้อยกว่าหรือเท่ากับ 5 เซนติพอยส์ที่ร้อยละ 10 ของของแข็งทั้งหมดและพบว่าเวย์โปรตีนเป็นสารที่สำคัญต่อผลิตภัณฑ์เสริมอาหารโดยเป็นการใช้แทนอาหารที่ไม่แปรรูป (whole

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

meals) ในขั้นตอนการอบร้อน เมื่อเวย์โปรตีนได้รับความร้อน พันธะที่ทำหน้าที่ยึดโครงร่างจะถูกทำลายและโมเลกุลของโปรตีนจะแผ่ตัวออกจึงทำให้บริเวณที่จับกับน้ำขยายตัวเพิ่มขึ้น เป็นสาเหตุที่ทำให้ความหนืดเพิ่มขึ้นเล็กน้อย และความสามารถในการรวมตัวกับน้ำจะเพิ่มขึ้นเล็กน้อยด้วย แต่ความสามารถในการละลายจะลดลง เพราะมีบางส่วนของโปรตีน (water binding site) ไม่เกาะตัวกับน้ำโดยเวย์โปรตีนจะตกตะกอนเพิ่มขึ้น ดังนั้นจากความสามารถของเวย์โปรตีนคอนเซนเทรตที่จะเพิ่มความหนืดที่ต่ำทำให้สามารถเพิ่มระดับโปรตีนในเครื่องดื่มได้โดยไม่ทำให้กลิ่นรสและเนื้อสัมผัสผิดเพี้ยนไป นอกจากนี้เวย์ยังให้ความขุ่นและทึบแสงให้ลักษณะคล้ายครีมหรือนมในผลิตภัณฑ์ โดยคุณสมบัติในการอุ้มน้ำจะช่วยให้ผลิตภัณฑ์พุดดิ้งและโยเกิร์ตมีความหนืดและแยกตัวยากขึ้น จะมีการนำเวย์โปรตีนใช้ในอุตสาหกรรมซึ่งจะทำให้อาหารเหลวข้นขึ้น (thicken food) เช่น ซุป, ไส้กรอกและโยเกิร์ต (อัจฉริยา, 2551)

2.28.4 การเกิดเจล (Gelation)

คุณสมบัติการเกิดเจลของเวย์โปรตีนมีเอกลักษณ์เฉพาะตัว คือ เพิ่มความทึบแสงให้แก่เครื่องดื่มและผลิตภัณฑ์นม รักษาความชื้นในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์และขนมอบ โดยเมื่อได้รับความร้อนเวย์โปรตีนจะกลายเป็นเจลที่ไม่คืนสภาพ (irreversible gel) โดยเวย์โปรตีนจะสร้างลักษณะโครงสร้างตาข่ายจับกับน้ำเป็นตาข่าย (gel matrix) เกิดเป็นเจลที่แข็งแรงเพื่อป้องกันการสูญเสียน้ำและความชื้น (Huffman, 1996) ซึ่งจะช่วยในการเพิ่มผลผลิต (yield) ในผลิตภัณฑ์ เช่น โยเกิร์ต, ชูริมิและแฮม

การเกิดเจลของเวย์โปรตีนจะเกิดขึ้นเมื่อเวย์โปรตีนได้รับความร้อนที่อุณหภูมิประมาณ 65 องศาเซลเซียส โดยเจลที่เกิดขึ้นอาจมีลักษณะแตกต่างกันตั้งแต่รวมกันเป็นก้อนหรือเป็นเจลที่มีการเยิ้มของน้ำ รวมทั้งเป็นเจลที่มีลักษณะเรียบเนียน มีความยืดหยุ่นและมันวาวแข็งได้ เช่นเดียวกับเจลไข่ขาว อัจฉริยา (2551 อ้างถึงใน Schmidit *et al.*, 1979) พบว่าเจลที่เกิดในสารละลายโปรตีนความเข้มข้นมากกว่าร้อยละ 10 ที่อุณหภูมิ 90-100 องศาเซสเซียส มักทึบแสง ในส่วนของเจลที่เกิดในสารละลายโปรตีนความเข้มข้นร้อยละ 3-5 ที่อุณหภูมิ 55-70 องศาเซลเซียส มักมีลักษณะโปร่งแสงและนิ่มและในพีเอชที่เป็นกรด เจลที่เกิดขึ้นจะทึบแสงและนิ่มและในพีเอชสูงๆ เจลที่เกิดขึ้นจะโปร่งแสงและมีความยืดหยุ่น ในสารละลายเวย์โปรตีนจะเริ่มเกิดเจลเมื่อมีปริมาณโปรตีนมากกว่าร้อยละ 7 แต่ในระบบอาหารแม้ว่าจะใช้เวย์โปรตีนในปริมาณน้อย แต่ส่วมผสมอื่นๆที่นำมาใช้ร่วมกับเวย์โปรตีนนั้นก็จะสามารถจับตัวกับน้ำทำให้เกิดการฟอร์มตัวของเจลได้ดียิ่งขึ้น คุณสมบัติการเกิดเจลของเวย์โปรตีนสามารถนำมาใช้ปรับปรุงเนื้อสัมผัสของอาหารได้ เช่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น และห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใช้ปรับปรุงคุณสมบัติในด้านความแข็ง (Hardness), ความยืดเกาะ (Cohesiveness) และความยืดหยุ่น (Elasticity) ซึ่งเป็นคุณสมบัติที่สำคัญในอุตสาหกรรมเนื้อสัตว์ อาหารทะเล และเค้ก เป็นต้น

2.28.5 การรวมตัวของน้ำกับน้ำมัน (Emulsification)

ในอุตสาหกรรมอาหารที่ต้องการคุณสมบัติอิมัลชันของน้ำกับน้ำมัน เช่น ในการทำสลัดซึ่งต้องการคุณสมบัติการคงตัวในระยะเวลานานในระหว่างเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ โดยอิมัลชัน (emulsion) จัดเป็นสารแขวนลอยประเภทหนึ่ง โดนที่เฟสกระจายและเฟสต่อเนื่องในที่นี้อาจจะเป็นน้ำกับน้ำมัน เมื่อเฟสกระจายเป็นน้ำและเฟสต่อเนื่องเป็นน้ำมัน อิมัลชันที่ได้จะถูกเรียกว่า น้ำมันในน้ำ (oil in water) ในส่วนของเวย์โปรตีนนั้นจะมีทั้งส่วนที่ชอบน้ำ (hydrophilic) และส่วนที่ไม่ชอบน้ำ (hydrophobic) ทำให้แสดงลักษณะเป็นอิมัลซิไฟเออร์ การทำงานของเวย์โปรตีนในอิมัลชันนั้นจะทำหน้าที่คล้ายคลึงกับในโฟม คือโปรตีนจะหันส่วนที่มีประจุและมีขั้วเข้าหาน้ำ ในขณะเดียวกันโปรตีนก็จะหันส่วนที่ไม่มีขั้วเข้าหาน้ำมัน การเรียงตัวดังกล่าวจะมีผลทำให้ลดแรงตึงผิวที่รอยต่อระหว่างน้ำและน้ำมัน จึงทำให้น้ำและน้ำมันรวมตัวเป็นเนื้อเดียวกันได้อย่างดีซึ่งจะป้องกันการแยกตัวของน้ำและน้ำมัน (oiling off) หลังจากดูดซับไขมันและน้ำไว้ที่ผิวโดยเฉพาะภายใต้สภาวะที่เป็นกรด จะสามารถช่วยรักษาคุณสมบัติด้านการละลายอีกด้วย เช่น ในการทำสลัด นอกจากนี้การเรียงตัวที่รอยต่อของเวย์โปรตีนจะทำหน้าที่เปรียบเสมือนเกราะกำบังที่เพิ่มความแข็งแรงให้แก่เฟสกระจาย ทำให้อิมัลชันเป็นโปรตีนที่มีค่าพื้นผิวไฮโดรโฟบิก (surface hydrophobicity) สูง จึงมีความสามารถในการเกิดอิมัลชันที่ดี โดยจะทำให้อิมัลชันประเภทน้ำมันในน้ำ (oil in water) มีความคงตัวสูง แต่จะเป็นอิมัลซิไฟเออร์ที่ไม่ดีในอิมัลชันประเภทน้ำในน้ำมัน (water in oil) เพราะโดยปกติโปรตีนจะมีความสามารถในการละลายน้ำได้ในระดับหนึ่ง ดังนั้นเมื่ออยู่ในระบบน้ำในน้ำมัน (water in oil) จึงรวมตัวอยู่ในเฟสกระจายที่เป็นน้ำเสียส่วนมากซึ่งทำให้การแผ่ตัวหรือแพร่กระจายเข้าไปในส่วนของน้ำมันได้อย่างไม่สมบรูณ์ ซึ่งคุณสมบัติในการเป็นอิมัลซิไฟเออร์ในระบบที่ดีนี้ถือเป็นข้อได้เปรียบในการใช้เป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์อาหาร เช่น ไอศครีม มายองเนส ซอส และผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ เป็นต้น (อัจฉริยา, 2551)

2.28.6 การเกาะตัวยึดตัว (Adhesion)

เวย์โปรตีนจะช่วยปรับปรุงและเพิ่มการเกาะยึดตัวในผลิตภัณฑ์อาหารให้ดีขึ้น ช่วยทำให้ผลิตภัณฑ์เป็นเนื้อเดียวกันมากยิ่งขึ้น จึงนิยมใช้ในอุตสาหกรรมที่ต้องการทำให้เป็นเนื้อเดียวกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(homogeneous texture) เช่น ใช้เป็นสารช่วยในการเกาะยึดตัวและเคลือบเงาผลิตภัณฑ์ขนมอบ, ใช้เพื่อปรับปรุงเนื้อสัมผัสในผลิตภัณฑ์เนื้อและปลา เป็นต้น

2.28.7 การเกิดโฟม (Foaming)

การเกิดโฟมจะคล้ายคลึงกับการเกิดอิมัลชันเนื่องจากโฟมจัดเป็นสารแขวนลอยประเภทหนึ่งซึ่งมีเฟสต่อเนื่อง (continuous phase) ซึ่งมีอากาศเป็นเฟสกระจาย(dispersed phase) และเป็นของเหลว การทำให้ฟองอากาศแพร่อยู่ในของเหลวได้อย่างมีเสถียรภาพ จำเป็นต้องมีสารช่วยลดแรงตึงผิวระหว่างของเหลวและอากาศ โดยในเวย์โปรตีนจะมีคุณสมบัติของการเป็น สารที่ลดแรงตึงผิวที่ดี และที่ได้กล่าวมา สารที่ลดแรงตึงผิวนี้เรียกว่า surface active agent ซึ่งป้องกันการรวมตัวของฟองอากาศที่เกิดโฟม โดยอากาศทำให้เกิดความเสถียรภาพของโฟมได้ และโครงสร้างของเวย์โปรตีนมีทั้งส่วนที่ชอบน้ำและส่วนที่ไม่ชอบน้ำ ดังนั้นเมื่อตีเอาฟองอากาศเข้าไปในสารละลายโปรตีน โครงสร้างของโปรตีนจะเสียสภาพทำให้โมเลกุลของโปรตีนแผ่ตัวออกและเรียงตัวอยู่ที่รอยต่อระหว่างน้ำ อีกทั้งเวย์โปรตีนจะช่วยป้องกันการแตกสลายของโฟมได้ดีเนื่องจากโครงสร้างของเวย์โปรตีนมีความยืดหยุ่นซึ่งจะช่วยเสริมความแข็งแรงของรอยต่อระหว่างของเหลวและอากาศ ทำให้การเกิดโฟมของสารละลายโปรตีนสามารถนำไปปรับใช้กับผลิตภัณฑ์ขนมแช่แข็ง, วิปปิ้งครีมและเมอแร็งก์ (ขนมทางยุโรปทำด้วยไข่ขาวปั่นกับน้ำตาล) นอกจากนี้มีรายงานพบว่าถ้าใช้เวย์โปรตีนแทนไข่ขาวเวลาในการผสมจะเพิ่มขึ้นมากกว่าการใช้ไข่ขาวเพราะการใช้ไข่ขาวนั้น ไข่ขาวมี แรงเฉือน (shear denature) แต่เวย์โปรตีนจะทนต่อแรงเฉือน (shear denature) ได้ดีกว่าทำให้ใช้เวลาในการผสมนานกว่าไข่ขาว คุณสมบัติด้านการเกิดโฟมของเวย์โปรตีนจึงมีความสำคัญในอุตสาหกรรมอาหารอีกคุณสมบัติหนึ่ง (อัจฉริยา, 2551)

2.29 สารให้ความหวาน

2.29.1 คุณสมบัติของสารให้ความหวาน

2.29.1.1 คุณสมบัติทางประสาทสัมผัส

น้ำตาลที่เราใช้ในอาหารนั้นมีรสหวาน และคนเราก็มีความเคยชินกับรสหวานเฉพาะตัวของน้ำตาล ในการใช้สารให้ความหวานทดแทนน้ำตาลในอาหารเพื่อให้แน่ใจว่าผู้บริโภคจะยอมรับ ได้ดีสารให้ความหวานนั้น จำเป็นต้องมีเค้าโครงความหวาน (Sweet sprofile) ที่คล้ายคลึงกับเค้าโครงของน้ำตาลพอสมควรและจะต้องให้เฉพาะรสหวาน นั่นคือ ต้องปราศจากรสขม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หรือ รสอื่นๆจะเป็นการดีที่สุด ถ้าสารให้ความหวานนั้นสามารถทำให้เรารู้สึกในรสหวานภายใน 2-3 วินาที และความรู้สึกนั้นอยู่ได้นานประมาณ 30 วินาที สารให้ความหวานที่ให้รสปร่า (off taste) ออกไปหรือให้รสติดลิ้น (after taste) จะทำให้เกิดปัญหาและถ้ารสหวานนั้นคงความรู้สึกได้นานก็จะทำให้เกิดรสทะแม่งๆ (fanny taste) โดยทั่วไปยิ่งสารให้ความหวานใดให้รสหวานที่คล้ายคลึงกับซูโครสมากเพียงใด ก็จะยิ่งให้เรานำสารให้ความหวานมาใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์อาหารและเครื่องดื่มได้มากขึ้นเพียงนั้น ถ้าสารให้ความหวานที่ให้รสอื่นหรือให้เค้าโครงรสหวานที่แปลกออกไป ก็จะเป็นจุดอ่อนในการที่จะนำสารให้ความหวานนั้นมาใช้

2.29.1.2 คุณสมบัติทางเคมี

เนื่องจากการใช้ซูโครสหรือสารให้ความหวานในอาหารนั้นทำให้รสหวานของมัน ผสมผสานไปกับรสอื่น เกิดเป็นระบบกลิ่นรสที่สลับซับซ้อน ในขณะเดียวกันก็เป็นการใช้ร่วมกันไปกับกลิ่นรส (ธรรมชาติหรือสังเคราะห์) และสีด้วย ดังนั้นสารให้ความหวานจึงควรต้องให้รสหวานที่เข้ากันได้ดีกับสารต่างๆ ที่เป็นองค์ประกอบในอาหารนั้น และเพื่อให้มีอายุการเก็บรักษานานขึ้น สารให้ความหวานจะต้องไม่ทำปฏิกิริยาเคมีได้ง่ายหรือเฉื่อยต่อสารประกอบธรรมชาติ และสารปรุงแต่งทางเคมีทั้งหมด ในผลิตภัณฑ์ที่ได้นำไปใช้นั้นๆ

2.29.1.3 คุณสมบัติทางกายภาพ

สารให้ความหวานจำเป็นต้องมีความคงทนต่ออุณหภูมิสูงเนื่องจากว่าการแปรรูปอาหารนั้น มักจะเกี่ยวข้องกับการทำให้สุก ดังนั้นสารให้ความหวานจำเป็นต้องทนต่อการต้ม การอบ และ การใช้หม้ออัดความดัน และในทำนองเดียวกัน สารให้ความหวานต้องคงทนต่อการแปรรูปโดยใช้ อุณหภูมิต่ำด้วย เช่น การแช่แข็งอย่างรวดเร็ว และการอบแห้งแบบแช่แข็ง

2.29.1.4 คุณสมบัติทางความปลอดภัย

การที่มีข้อกำหนดให้ต้องพิสูจน์ทางความปลอดภัย เนื่องจากจะต้องมีการใช้ในสัตว์ทดลองปริมาณที่สูงพอที่จะทำให้เกิดผลร้ายต่อสัตว์ทดลองนั้นจะต้องมีการศึกษาเพื่อหาระดับความปลอดภัยสูงสุดและการใช้สารปรุงแต่งอาหารใหม่ใดๆนั้น เป็นปัญหาใหญ่ในการใช้สารให้ความหวาน ซึ่งอัตราการเกิดเมทาบอลิซึมและระบบการขับถ่ายเพื่อทราบถึงปริมาณที่เหมาะสมในการใช้สารให้ความหวานชนิดต่างๆ (หทัยทิพย์, 2552)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.29.2 การเกิดความหวาน

การที่สารหนึ่งสารใดจะให้รสชาติต่างๆหรือความหวานนั้น เมื่อสารละลายในน้ำแล้วสารละลายจะให้รสหวานหรือไม่หวานนั้นขึ้นอยู่กับหมู่ไฮดรอกซิลของตัวมัน ลักษณะของหมู่ให้รส (taste eliciting) ถูกเรียกว่า กลุ่มซาปอซิฟิค (saporific group) และส่วนใหญ่จะอยู่เป็นคู่ซึ่งถูกเรียกว่า กลูโคยีน (glucogene) และคุณสมบัติทางฟิสิกส์อย่างแรก คือต้องละลายน้ำได้ ซึ่งระหว่างที่ละลายได้นั้นจะเกิดโครงสร้างทางเคมีเฉพาะที่เป็นตัวกำหนดรส และสารจะให้รสหวานได้ก็ต่อเมื่อไฮโดรเจนของสารนั้น สามารถเปลี่ยนแปลงตำแหน่งได้ (กล้าณรงค์, 2542)

2.29.3 สารให้ความหวานในอุดมคติ

มีการวิจัยเพื่อค้นหาสารให้ความหวานที่ดีที่สุดและสมบูรณ์ที่สุด แต่ก็เป็นที่รับรู้กันว่าสาร ให้ความหวานในอุดมคติ (ideal sweetener) ยังไม่สามารถทำได้สมบูรณ์ ถึงแม้ว่าน้ำตาลซูโครสจะเป็นน้ำตาลที่ใช้เป็นมาตรฐานเรียกว่า โกลด์สแตนดาร์ด (gold standard) แต่น้ำตาลซูโครสไม่เหมาะกับการใช้ผลิตหมากฝรั่งและยาบางชนิด ดังนั้นสารให้ความหวานทางเลือกหรือสารให้ความหวาน แทนน้ำตาลที่สมบูรณ์ควรมีลักษณะ ดังนี้ นำมาใช้ในอาหาร และเครื่องดื่มเพื่อควบคุมปริมาณแคลอรี่, คาร์โบไฮเดรตและปริมาณน้ำตาล, ช่วยควบคุม หรือลดน้ำหนัก, มีวัตถุประสงค์ควบคุมคนเป็นโรคเบาหวาน, ป้องกันฟันผุ, เพิ่มความสามารถในการใช้อุตสาหกรรมยาและเครื่องสำอาง, ให้ความหวานมากกว่าน้ำตาลหลายเท่า, ช่วยในการใช้แหล่งทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัด

สารให้ความหวานในอุดมคติควรมีความหวานอย่างน้อยเท่ากับน้ำตาลซูโครส ไม่มีสี ไม่มีกลิ่น และไม่ก่อให้เกิดมะเร็ง รับรู้รสหวานได้อย่างรวดเร็วโดยไม่มีรสชาติติดลิ้น สารให้ความหวานควรมีรสชาติและทำหน้าที่เหมือนน้ำตาลซูโครส ซึ่งเป็นสิ่งที่ผู้บริโภคต้องการมาก ความต้องการในอุตสาหกรรมจะยิ่งเพิ่มขึ้น สารให้ความหวานในอุดมคติควรละลายน้ำมีความคงตัว ในภาวะกรดและด่าง มีช่วงอุณหภูมิกว้าง และมีความคงตัวนาน (สุขใจ, 2555)

2.29.4 ประเภทของสารให้ความหวาน

1. สารให้ความหวานที่มีคุณค่าทางโภชนาการ (nutritive sweeteners) เป็นสารให้ความหวานที่ให้พลังงานและมีผลต่อระดับน้ำตาลกลูโคสในเลือด สารให้ความหวานในกลุ่มนี้ ได้แก่ ฟรักโตส, ซอร์บิทอล, แมนนิทอล, ไซลิทอล, มอลทิทอล และแลคทิทอล เป็นต้น

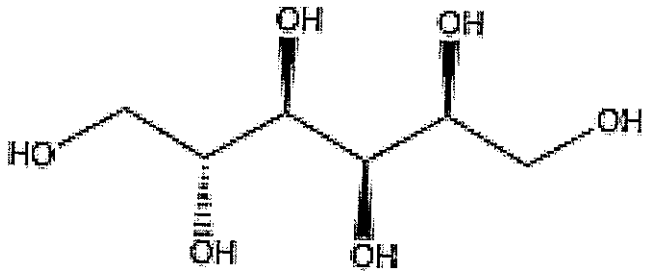
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. สารให้ความหวานที่ไม่มีคุณค่าทางโภชนาการ (nonnutritive sweeteners) เป็นสารให้ความหวานที่ไม่ให้พลังงาน ไม่มีผลต่อระดับน้ำตาลกลูโคสในเลือด สารให้ ความหวานกลุ่มนี้ ได้แก่ แซคคาริน, ไซคลาเมต, แอสพาแทม, ซูคลาโลสและอะซีซัลแฟมเค เป็นต้น รวมทั้งสารให้ความหวานที่ได้จากธรรมชาติ อย่างเช่น สตีวิโอไซด์ และโมโกรไซด์ ซึ่งให้พลังงานต่ำและมีการใช้มาอย่างยาวนาน

2.30 ซอร์บิทอล (Sorbitol)

ซอร์บิทอล (Sorbitol) เป็นน้ำตาลแอลกอฮอล์ชนิดหนึ่งมีสูตรโครงสร้างเป็น $C_6H_{14}O_6$ ซึ่งจะประกอบด้วยคาร์บอน 6 อะตอมและหมู่ไฮดรอกซิล 6 อะตอม (hydroxyl groups) ดังลักษณะในภาพที่ 2.12 มีน้ำหนักโมเลกุลเท่ากับ 182.14 ซึ่งมีความหวานเทียบเท่ากับร้อยละ 60 ของน้ำตาล เมื่อเปรียบเทียบกับความหวานของน้ำตาลอ้อย ซอร์บิทอลบริสุทธิ์จะเป็นผลึกใสไม่มีกลิ่น มีสีขาวหรือไม่มีสี คุณสมบัติของ ซอร์บิทอล คือเป็นสารที่มีความเฉื่อย มีความคงตัวในอากาศที่ปราศจากสารเร่งปฏิกิริยา (catalyst) คงตัวในที่เย็นและเป็นสารที่มีคุณลักษณะดูดความร้อน เมื่อสัมผัสบนลิ้นจะให้ความรู้สึกเย็น มีความสามารถละลายน้ำได้ดีและสามารถละลายได้บ้างในกรณีใช้สารละลายเอทานอล, เมทานอล, ไอโซโพรพานอล, บิวทานอล, ไซโคลเฮกเซน, ฟีนอล, อะซีโตน, กรดอะซิติก, ไพริดีน และ อะเซทาไมด์ ส่วนถ้าเป็นสารละลายอินทรีย์อื่นๆ ซอร์บิทอลจะไม่มีความสามารถในการละลายได้เลย นอกจากนั้นซอร์บิทอลมีจุดหลอมเหลวที่อุณหภูมิ 110-112 องศาเซลเซียส ซอร์บิทอลถูกพบได้ในพืช เช่น ข้าวโพด, แอปเปิ้ล, พีชและพรุน มนุษย์ได้ใช้ซอร์บิทอลมาเป็นสารปรุงแต่งผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อใช้ให้ความหวานแทนน้ำตาลอย่างเช่น ลูกกวาด แยม เจลลี่ และหมากฝรั่ง จึงได้มีการนำซอร์บิทอลไปใช้กันอย่างกว้างขวางมากขึ้น ทั้งในด้านอุตสาหกรรมและในด้านการแพทย์ ซึ่งในด้านการแพทย์นั้นโดยมากแล้วจะนำซอร์บิทอลมาใช้เป็นน้ำตาลสำหรับคนที่เป็นโรคเบาหวาน เหตุผลเพราะเนื่องจากเมื่อรับประทานซอร์บิทอลเข้าไปร่างกายจะสามารถย่อยสลายแล้วให้พลังงานใกล้เคียงกับพลังงานที่ได้จากน้ำตาลอ้อยแต่ก็อยู่ในเกณฑ์ที่ต่ำกว่าน้ำตาล โดยซอร์บิทอลสามารถให้พลังงานกับร่างกายในขนาด 2.6 กิโลแคลอรีต่อกรัม ในขณะที่น้ำตาลทรายจะให้พลังงานในขนาดประมาณ 4 กิโลแคลอรีต่อกรัม ร่างกายของมนุษย์จะเผาผลาญซอร์บิทอลได้อย่างช้าๆ นอกจากนี้ซอร์บิทอลจะถูกเปลี่ยนไปเป็นคาร์บอกไดออกไซด์ได้จนหมด โดยไม่ปรากฏเป็นน้ำตาลกลูโคสสะสมไว้ในเลือด สารละลายซอร์บิทอลความเข้มข้นร้อยละ 70 โดยปริมาตร จัดเป็นสารละลายที่มีความหนืด มีความใส ไม่มีสีและกลิ่น มีค่าการหักเหแสง (refractive index) 1.46 ค่าความถ่วงจำเพาะ (Specific gravity) 1.30 และมีจุดเดือด 105 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.12 โครงสร้างของซอร์บิทอล

ที่มา: Kearsley (2006)

ซอร์บิทอลเป็นสารให้ความหวานที่ถูกทำการศึกษาความปลอดภัยต่อผู้บริโภค โดยมีคำแนะนำว่าการบริโภคซอร์บิทอลไม่ควรเกิน 50 กรัมต่อวัน (แนะนำโดยองค์การอาหารและยาประเทศสหรัฐ อเมริกา (US. FDA) ซึ่งการบริโภคมากกว่านี้อาจส่งผลให้เกิดการระบายอุจจาระอาการท้องเสียตามมา นอกจากนั้นหน่วยงานที่รับผิดชอบด้านอาหารของสหภาพยุโรป (EU) หรือที่มีชื่อเรียกว่า The Scientific committee for food of the European union ได้ประเมินว่าซอร์บิทอลเป็นสารให้ความหวานที่มีความปลอดภัยและเป็นที่ยอมรับในการใช้งานที่อยู่บนเงื่อนไขเชิงวิชาการที่มีการพิสูจน์ยืนยันเป็นที่เรียบร้อยแล้ว หรือแม้แต่ประเทศอเมริกาก็ได้พยายามสืบค้นหาสารให้ความหวานแต่ให้พลังงานต่ำ และได้ค้นพบว่า ซอร์บิทอลเป็นอีกหนึ่งทางเลือกที่ตอบสนองต่อความต้องการของประชากร

2.31 ประโยชน์ของซอร์บิทอล

สำหรับในทางอุตสาหกรรม สามารถนำซอร์บิทอลมาใช้ประโยชน์ได้อย่างหลากหลาย โดยเฉพาะในอุตสาหกรรมที่ต้องการความหนืดซึ่งใช้กลีเซอรอล ได้เปลี่ยนมาใช้ซอร์บิทอลมากขึ้น ซึ่งต่างก็เป็นสารประเภทโพลีออล (Polyols, สารที่ใช้เป็นวัตถุเจือปนอาหาร) เนื่องจากซอร์บิทอลมีราคาที่ต่ำกว่า นอกจากนี้ยังใช้ซอร์บิทอลในอุตสาหกรรมผลิตยาบางชนิดและใช้ซอร์บิทอลในการสังเคราะห์กรดแอสคอบิก (วิตามินซี) ด้วย อีกทั้งยังใช้เป็นตัวก่อให้เกิดความอ่อนนุ่มสำหรับการสังเคราะห์พลาสติกหรือเรซิน ตลอดจนถึงอุตสาหกรรมเครื่องหนังต่างๆ ส่วนอุตสาหกรรมการทำอาหารบางชนิด เช่น ลูกกวาด, น้ำผลไม้ต่างๆ, เครื่องดื่มพวกน้ำอัดลม, ไอศกรีม, ขนมปังและมะพร้าวเส้น ซอร์บิทอลยังทนความร้อนสูงและไม่ทำให้สีสันของผลิตภัณฑ์ดูแย่ลงจึงเหมาะกับการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลิตคุกกี้ ซอร์บิทอลจะเป็นสารที่ก่อให้เกิดความหวานและยังเพิ่มปริมาณวิตามินซี ซอร์บิทอลจะช่วยลดการแตกหักลงในขนมปัง อีกทั้งยังช่วยรักษาความชุ่มชื้นของผลิตภัณฑ์อาหารและยังช่วยก่อให้เกิดความอ่อนนุ่มแก่ผลิตภัณฑ์ ในส่วนของอุตสาหกรรมอื่นๆซอร์บิทอลก็ยังคงมีบทบาทสำคัญ เช่น อุตสาหกรรมบุหรี่, ยาสีฟัน ตลอดจนการผลิตเครื่องสำอางค์ เป็นต้น สำหรับในกรณีอุตสาหกรรมการผลิตปากกาลูกลื่นหรือแท่นพิมพ์ต่างๆจะใช้ซอร์บิทอลเพื่อเป็นตัวช่วยให้มีการหล่อลื่นได้ดียิ่งขึ้น และซอร์บิทอลก็ยังมีบทบาทในการนำไปใช้ในการผลิตสารลดแรงตึงผิว (surface active agents) โดยทางการค้าจะเรียกว่า Span และ Tweens ซึ่งเป็นกรดไขมันเอสเทอร์ของซอร์บิทอล (sorbitans) โดยที่ทั้ง Span และ Tweens นี้จะใช้มากในโรงงานที่เกี่ยวข้องกับการผลิตยา โดยใช้เป็นตัวที่ทำให้เกิดอิมัลชัน (emulsifying agent) และสารที่ทำให้เปียก (wetting agent) ตลอดจนนำไปใช้ในการทำอาหารได้อีกหลายชนิดด้วย และยังได้มีการนำซอร์บิทอลมาใช้ประโยชน์ในในด้านการแพทย์ ซึ่งในด้านการแพทย์นั้นโดยมากแล้วจะนำซอร์บิทอลมามาใช้เป็นตัวปรุงรสแทนน้ำตาลให้กับผู้ป่วยโรคเบาหวานได้และซอร์บิทอลยังคงส่งผลให้เกิดฟันผุได้น้อยกว่าน้ำตาลมาก ทั้งนี้ด้วยซอร์บิทอลเป็นสารประเภทโพลีออล ซึ่งทนต่อการย่อยของแบคทีเรียในช่องปาก ของคนเรานั่นเอง (กัญญา, 2536)

2.32 การผลิตซอร์บิทอล

จากการที่ซอร์บิทอลสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้มากมายดังได้กล่าวมาข้างต้น จึงได้มีการพยายามสกัดจากพืชหรือผลิตซอร์บิทอลมาใช้ให้เพียงพอ ซึ่งวิธีในการผลิตซอร์บิทอลนั้นสามารถแบ่งออกได้เป็น

2.32.1 การสกัดจากพืช

เริ่มจากในปี ค.ศ. 1872 ได้มี Joseph Boussingault นักเคมีชาวฝรั่งเศส เป็นคนแรกที่ได้ทำการแยกสกัดซอร์บิทอลออกจากแหล่งพืชชนิดต่างๆ เป็นผลสำเร็จซึ่งแหล่งพืชที่สามารถนำมาทำการสกัด ซอร์บิทอลได้ ได้แก่ สาหร่ายทะเล (seaweed), สาหร่าย (algae)และยาสูบ (tobacco) หรือในผลไม้บางชนิด เช่น แอปเปิ้ล (apples), เพียร์ (pears), พลัม (plums), เชอรี่ (cherries) การสกัดพืชนี้ได้ปริมาณซอร์บิทอลน้อยและต้องใช้พืชดังกล่าวเป็นจำนวนมาก อีกทั้งปริมาณที่ได้ก็ยังไม่เพียงพอแก่การนำไปใช้ (กัญญา, 2536)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.32.2 การผลิตจากปฏิกิริยาทางเคมี

การสกัดซอร์บิทอลจากพืชนั้นยังคงไม่เพียงพอต่อความต้องการของผู้บริโภคที่มีความต้องการเพิ่มมากยิ่งขึ้น จึงทำให้เกิดอุตสาหกรรมสำหรับการผลิตซอร์บิทอลขึ้นมาเพื่อแก้ปัญหานี้ โดยการทำเอาปฏิกิริยาทางเคมีเข้ามาใช้ อย่างเช่น บริษัท MERCK ซึ่งเป็นบริษัทขนาดใหญ่บริษัทหนึ่งที่ทำการผลิต ซอร์บิทอลได้คาดว่า ซอร์บิทอลอาจเกิดได้จากปฏิกิริยารีดักชันของน้ำตาลต่างๆ เช่น น้ำตาลฟรุคโตส, น้ำตาลกลูโคส หรือน้ำตาลแมนโนส และครั้งแรกที่ได้ผลผลิตซอร์บิทอลออกมานั้นเป็นเพราะซอร์บิทอลเป็นผลิตภัณฑ์ข้างเคียง (by-product) ที่ออกมาจากการผลิตเมนนิทอล แต่ต่อมาได้มีการพัฒนาวิธีการผลิตซอร์บิทอลกันมากขึ้น เช่น วิธีการใช้ปริฏิกิริยาการเติมไฮโดรเจน (High pressure hydrogenation) และสำหรับในปัจจุบันนี้บริษัท MERCK ได้มีวิธีการผลิตซอร์บิทอลโดยใช้ปฏิกิริยาเพิ่มไฮโดรเจนของอัลคีนจากสารเด็กซ์โตรส โดยมีนิคเกิลแบบพรุน (Raney Nickle) เป็นตัวช่วยเร่งปฏิกิริยา ซึ่งปฏิกิริยานี้จำเป็นต้องใช้ไฮโดรเจนมาเข้าทำปฏิกิริยากับน้ำตาลเด็กซ์โตรส ภายในหม้อนึ่งอบไอน้ำ (autoclave) ขนาดใหญ่ที่ความดันไอสูงประมาณ 2,0000 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส เป็นเวลานานถึง 3 ชั่วโมง โดยที่ Raney Nickle เป็นตัวช่วยเร่งปฏิกิริยาและเมื่อปฏิกิริยาเกิดสมบูรณ์แล้ว สารที่ช่วยเร่งปฏิกิริยาจะถูกปล่อยให้ตกตะกอน ต่อจากนั้นก็จะนำสารละลายซอร์บิทอลที่เกิดขึ้นนำมาทำให้บริสุทธิ์โดยใช้ระบบการจับเอาไอออนทั้งแคทไอออน และ แอนไอออนต่างๆออก ถึงแม้ว่าวิธีในการผลิตนี้จะทำให้ได้ซอร์บิทอลออกมามากเพียงพอต่อความต้องการของผู้บริโภคพอสมควร แต่วิธีที่ใช้ปฏิกิริยาทางเคมีนี้ก็ยังคงมีข้อเสียอยู่หลายประการ อย่างเช่น อาจเกิดปฏิกิริยาข้างเคียงให้สารที่ไม่ต้องการเกิดขึ้น ดังนั้นผลผลิตที่ได้จะต้องนำไปแยกทำให้บริสุทธิ์อีกทีหนึ่ง โดยเฉพาะถ้าเป็นในกรณีของปฏิกิริยาที่มาสารพวกโลหะ เช่น Raney Nickel เป็นตัวช่วยเร่งปฏิกิริยาด้วยแล้ว ผลผลิตที่ได้จำเป็นที่จะต้องแยกเอาสารพวกโลหะนิกเกิลนั้นออกให้หมดด้วย ทั้งนี้ถ้าในกรณีที่นำซอร์บิทอลที่ได้นั้นไปใช้ในอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องกับอาหารและยาก็จะมีผลต่อผู้บริโภค ทำให้เกิดการสะสมพวกโลหะเหล่านี้ไว้ อาจก่อให้เกิดโทษแก่ร่างกายภายหลังได้และอาจเกิดปฏิกิริยาข้างเคียงของสารที่ไม่ต้องการเกิดขึ้นได้ นอกจากนั้นปฏิกิริยาทางเคมีจำเป็นที่จะต้องใช้อุณหภูมิหรือความดันจำนวนมากเข้ามาช่วยในการทำปฏิกิริยาทำให้สิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายในการลงทุน โดยเฉพาะในด้านพลังงานที่จะใช้ในปริมาณมากและยังมีความปลอดภัยในด้านการปฏิบัติการน้อย เพราะเป็นขบวนการที่ค่อนข้างเสี่ยงต่ออันตรายต่างๆที่อาจเกิดจากความร้อนหรือความดัน ดังนั้นจึงเป็นจุดสำคัญที่จะต้องคำนึงถึงความปลอดภัยทั้งของสุขภาพของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คนงานตลอดจนโรงงานอีกด้วย โดยเหตุนี้การมองหาวิธีการใหม่ในการผลิตซอร์บิทอลจึงเป็นที่น่าสนใจกันมากขึ้นในปัจจุบัน (กัญญา, 2536)

2.32.3 การผลิตโดยใช้วิธีทางเอนไซม์

ในปัจจุบันนี้การผลิตสาร โดยวิธีทางเอนไซม์กำลังเป็นที่สนใจกันอย่างมาก ทั้งนี้เป็นเพราะเอนไซม์มีความจำเพาะเจาะจงในการเร่งปฏิกิริยา และทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพที่อุณหภูมิและความดันปกติ อีกทั้งผลิตภัณฑ์ที่ได้ค่อนข้างบริสุทธิ์เกิดผลข้างเคียงน้อยมาก ตลอดจนต้นทุนในการผลิตต่ำและมีความปลอดภัยสูงกว่า จึงทำให้มีผู้สนใจทำการศึกษาการผลิตซอร์บิทอลโดยใช้วิธีทางเอนไซม์กันมากขึ้น

มีผู้พบว่าจุลินทรีย์บางชนิด สามารถที่จะนำมาใช้ในการผลิตซอร์บิทอลได้ โดยใช้น้ำตาลบางชนิดเป็นแหล่งของคาร์บอน เช่น เชื้อ *Z. mobilis* สายพันธุ์ VITE-78082 สามารถที่จะเปลี่ยนสารตั้งต้น จากน้ำตาลชนิดต่าง ๆ เช่น น้ำตาลฟรุคโตส, น้ำตาลกลูโคสหรือน้ำตาลกลูโคสผสมรวมกับน้ำตาลฟรุคโตสให้ได้เป็นผลิตภัณฑ์ซอร์บิทอลในปริมาณคิดเป็นร้อยละ 0.4, 0.2 หรือ 1.13 ของแหล่งคาร์บอน ตามลำดับ, เชื้อ *Z. mobilis* สายพันธุ์ 131 สามารถที่จะเปลี่ยนสารตั้งต้นจากน้ำตาลฟรุคโตสผสมรวมกับน้ำตาลกลูโคส หรือน้ำตาลซูโครสให้ได้เป็นผลิตภัณฑ์ซอร์บิทอลคิดเป็นประมาณร้อยละ 17.2 หรือ 9.2 ของแหล่งคาร์บอน ตามลำดับ, จุลินทรีย์ *Candida boidinii* สายพันธุ์ *Kloeckera* sp. No.2201 สามารถที่จะเปลี่ยนสารตั้งต้นน้ำตาลฟรุคโตสให้ได้เป็นผลิตภัณฑ์ซอร์บิทอลได้ในปริมาณที่ค่อนข้างสูงมากคิดเป็นร้อยละ 91.5 ของแหล่งคาร์บอน นอกเหนือจากจุลินทรีย์ดังกล่าว ยังมีการศึกษาพบว่ายังมีจุลินทรีย์ชนิดอื่น ๆ ที่สามารถผลิตซอร์บิทอลจากแหล่งน้ำตาลได้อีกด้วย เช่น *Gluconobacter suboxydan* var.α, *Cephalosporium*, *Aspergillus*, *Fusarium* หรือ *Crytococcus* เป็นต้น

นอกจากนั้นได้มีผู้ทำการศึกษาวิธีของการผลิตซอร์บิทอลโดยเชื้อบางชนิด เช่น ได้มีการศึกษาการผลิตซอร์บิทอล โดยใช้เชื้อ *Z. mobilis* และพบว่าว่าการผลิตซอร์บิทอลนั้นใช้ระบบเอนไซม์ที่ประกอบด้วยกลูโคสดีไฮโดรจีเนส (glucose dehydrogenase) และโพลีออลส์ดีไฮโดรจีเนส (polyol dehydrogenase) โดยที่กลูโคสดีไฮโดรจีเนส เป็นตัวให้สมมูลย์รีดิวซ์ (reducing equivalent) จากน้ำตาลกลูโคส ซึ่งจะถูกใช้ต่อไปในการรีดิวซ์น้ำตาลฟรุคโตสเป็นซอร์บิทอล และมีรายงานหนึ่งบ่งบอกว่าการผลิตซอร์บิทอลของ *Candida boidinii* เกิดโดยการเปลี่ยนน้ำตาลกลูโคสเป็นน้ำตาลฟรุคโตสโดยใช้เอนไซม์ไซโลสไอโซเมอเรส (xylose isomerase) ก่อนแล้วจึงถูกรีดิวซ์ต่อไปเป็นซอร์บิทอลโดยเอนไซม์ซอร์บิทอลดีไฮโดรจีเนสและใช้ NADH จากการออกซิไดซ์เมธานอล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นโคเอนไซม์ หรือจากรายงานของ Liisa Viikari ได้กล่าวถึงผลิตภัณฑ์ซอร์บิทอล สามารถได้มาจากการเปลี่ยนน้ำตาลฟรุคโตสโดยมีเอนไซม์ซอร์บิทอลดีไฮโดรจิเนสและใช้ NADH เป็นโคเอนไซม์ หรืออาจได้มาจากการเปลี่ยนน้ำตาลกลูโคสโดยมีเอนไซม์อัลโดสรีดักเตส (aldose reductase) และใช้ NADPH เป็นโคเอนไซม์ จากข้อมูลดังกล่าวจะเห็นได้ว่าแนวทางการพัฒนาการผลิตซอร์บิทอลให้ได้ปริมาณมากเพียงพอ แก่การบริโภคจากวัตถุดิบทางการเกษตรที่มีราคาถูกเช่น แป้งและน้ำตาลโดยใช้จุลินทรีย์ หรือเอนไซม์จากจุลินทรีย์มีความเป็นไปได้สูง (กัญญา, 2536)

2.33 หญ้าหวาน

2.33.1 ชื่อทางวิทยาศาสตร์/ชื่อวงศ์/ชื่อสามัญ/ชื่อท้องถิ่น

ชื่อวิทยาศาสตร์ Stevia rebaudiana Bertoni

ชื่อวงศ์ Asteraceae

ชื่อสามัญ Stevia

ชื่อที่ท้องถิ่น หญ้าหวาน , สตีเวีย

2.33.2 ลักษณะทางพฤษศาสตร์

หญ้าหวานเป็นพืชยืนต้น จัดเป็นพวกเดียวกันกับเบญจมาศ เป็นพืชที่เกิดตามธรรมชาติที่ระดับความสูงเหนือระดับน้ำทะเล 500 เมตร บริเวณชื้นแฉะของชายแดนประเทศบราซิลและปารากวัย ซึ่งอยู่ระหว่างเส้นรุ้งที่ 21 และ 22 องศา ชื่อทางพฤษศาสตร์ที่ตั้งครั้งแรกเรียกว่า Eupatorium rebuadianum ต่อมาได้เปลี่ยนเป็น Stevia rebaudiana Bertoni หรือ Stevia rebaudiana (Bert) ในประเทศปารากวัย ต้นหญ้าหวานมีความสูงอยู่ระหว่าง 60 ถึง 80 เซนติเมตร และสูงขึ้นจนถึง 150 ถึง 170 เซนติเมตร ทั้งนี้เพราะอิทธิพลของระยะเวลาการส่องสว่างของแสงแดด หญ้าหวานเป็นพืชที่ให้สารให้ความหวานชนิดหนึ่งซึ่งมีสารให้ความหวานอยู่มากในบริเวณใบแต่ปริมาณไม่แน่นอนขึ้นอยู่กับฤดูกาล, อายุของต้นพืช และสายพันธุ์ของหญ้าหวาน ปริมาณของสารให้ความหวานจะมีปริมาณมากที่สุดในช่วงต้นไม้เริ่มออกดอกหรือก่อนออกดอกนั่นเอง ซึ่งอยู่ในช่วงเดือนตุลาคม เวลาที่ใช้ในการเพาะเมล็ดจนงอก อาจจะเป็น 5 ถึง 30 วัน ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของอากาศ โดยอุณหภูมิที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 20 ถึง 25 องศาเซลเซียส ดังภาพที่ 2.13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 2.13 หญ้าหวาน

ที่มา: วีระชัย (2529)

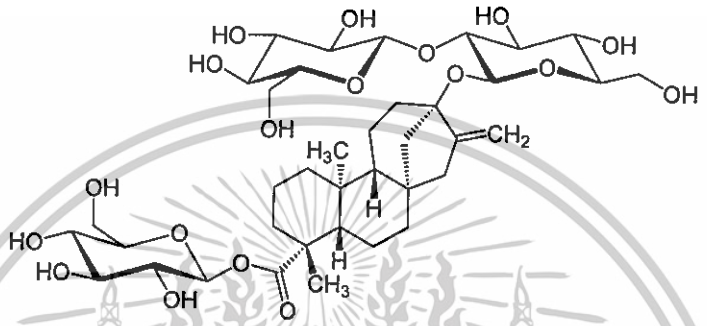
2.34 การใช้สารสกัดจากหญ้าหวานเพื่อการบริโภค

ในประเทศปารากวัย รู้จักการนำเอาหญ้าหวานมาใช้ให้เป็นประโยชน์ตั้งแต่สมัยโบราณ มีชื่อเรียกหลายชื่อ เช่น Caa-eha , Azuca-caa , Kaa-he-e และ Ca-a-yupe ส่วนมากชาวพื้นเมืองใช้ผสมในเครื่องดื่มที่มีรสขมเพื่อให้มีรสดีขึ้น เช่น ใช้ผสมกับใบชา หรือที่เรียกอีกอย่างว่า 'มะเตะ' คนญี่ปุ่น ได้นำสารที่สกัดได้จากหญ้าหวานนำไปผสมกับผลิตภัณฑ์อาหารต่างๆมากมายหลายชนิด ยกตัวอย่าง เต้าเจี้ยว ซีอิ้ว ผักที่นำมาดอง อาหารทะเลที่เก็บโดยการถนอมแห้งไว้ เนื้อปลาบด เป็นต้น ในส่วนของเครื่องดื่ม ยกตัวอย่าง น้ำอัดลม น้ำผลไม้ อาหารว่าง ยกตัวอย่าง หมากฝรั่ง ไอศกรีม แม้กระทั่งบริษัทขนาดใหญ่ที่แปรรูปอาหารสำเร็จรูปรวมถึงยาได้ร่วมกันสร้างก่อตั้งในรูปเครือข่ายหรือที่เรียกว่า 'สตีเวียคอนวาไก' (Stevia Konwakai) เพื่อพัฒนาและสนับสนุนการนำสารสกัดที่ได้จากหญ้าหวานมาใช้ในเชิงพาณิชย์ ในประเทศญี่ปุ่นมีการใช้หญ้าหวานไม่น้อยไปกว่า 750 ตันหรือสตีวิโอไซด์ ไม่น้อยกว่า 60 ตัน ต่อปี และยังไม่เคยพบรายงานความเป็นอันตรายการเป็นพิษหรือผลที่เสียหายในด้านลบต่อสุขภาพในกรณีที่บริโภคติดต่อกันเป็นระยะยาว ในประเทศไทยมีการสนับสนุนการปลูกหญ้าหวานมายาวนาน แต่ไม่มีการประกาศอย่างเป็นทางการจากสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา ให้มีการใช้สารสกัดหรือสารสตีวิโอไซด์เพื่อการบริโภค ดังกล่าวได้ การใช้หญ้าหวานจึง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อยู่ในรูปแบบพืชภายในประเทศมีการใช้ใบหญ้าหวานที่แห้งบดและผสมพืชชนิดอื่นและจำหน่ายในรูปแบบพืชสมุนไพรหรือชาเพื่อสุขภาพ (วีระชัย, 2529)

2.35 สารให้ความหวานที่ได้จากหญ้าหวาน



ภาพที่ 2.14 โครงสร้างของสตีวิโอไซด์

ที่มา : กล้าณรงค์ (2542)

หญ้าหวานมีความหวานมากกว่าน้ำตาล 10 ถึง 15 เท่า แต่เมื่อนำมาสกัดเป็นสารให้ความหวานซึ่งเป็นสารประเภทไดเทอร์ปีนกลัยโคไซด์ (Glycoside diterpene) ได้แก่ สตีวิโอไซด์ (stevioside) ซึ่งมีความหวานมากและสามารถทำการสกัดได้ง่านโดยใช้ตัวทำละลายจะให้ความหวานมากกว่าน้ำตาล 150 ถึง 300 เท่า สารให้ความหวานนี้กระจายอยู่ทั่วไปที่ใบและลำต้นของหญ้าหวาน แต่อยู่ที่ใบมากกว่าที่อื่น ในใบหญ้าหวานมีสารให้ความหวานประมาณร้อยละ 8 ถึง 15 สตีวิโอไซด์มีลักษณะเป็นผลึกของแข็งสีขาว ดูดความชื้นได้ดี มีความหวานมากกว่าน้ำตาลทรายประมาณ 300 เท่า แต่จะมีรสขมฝาดและหลังการชิมจะจืด จุดหลอมเหลวอยู่ที่ระดับ 198 องศาเซลเซียส มีสูตรทางเคมี คือ $C_{38}H_{60}O_8$ น้ำหนักโมเลกุลเท่ากับ 804.9 โมเลกุล ในใบหญ้าหวานแห้งมีสารชนิดนี้อยู่ร้อยละ5-10 ในสตีวิโอไซด์จะมีการเชื่อมต่อแบบ พันธะเอสเตอร์ (ester linkage) ระหว่างน้ำตาลกลูโคสกับหมู่ฟังก์ชันคาร์บอกซิล (carboxylic group) ดังภาพที่ 2.14 ซึ่งส่วนนี้เป็นส่วนที่ทำให้เกิดความหวานในสตีวิโอไซด์ แต่พันธะเอสเตอร์ (ester linkage) นั้น ไม่ทนต่อการไฮโดรไลซ์ของด่าง เมื่อถูกไฮโดรไลซ์แล้วจะได้ levoglucosan (1,6-anhydro-β-D-glucopyranose) และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

sophoroside ของสตีวิโอไซด์ ไม่พบความหวาน ทำให้สตีวิโอไซด์หากเกิดปฏิกิริยากับด่างที่อุณหภูมิสูงจะทำให้เกิดการเปลี่ยนไปเป็นสารที่ไม่มีความหวาน (วีระชัย, 2529)

2.36 ประโยชน์ที่ได้จากสตีวิโอไซด์

2.36.1 ประโยชน์ของอุตสาหกรรมอาหาร

ในปัจจุบันสตีวิโอไซด์ได้ถูกนำมาใช้ในอุตสาหกรรมทางด้านอาหารอย่างแพร่หลาย ความหวานของสตีวิโอไซด์คล้ายคลึงกับน้ำตาลซูโครสมากที่สุด สตีวิโอไซด์มีความหวานสูงกว่าน้ำตาลมาก คือให้ความหวานมากกว่าน้ำตาลประมาณ 150 ถึง 300 เท่า แสดงให้เห็นว่าสตีวิโอไซด์มีระยะเวลาในการออกรสใกล้เคียงกับน้ำตาลซูโครสมากที่สุด โดยคุณสมบัติอื่นๆของสตีวิโอไซด์ที่เหมาะสมที่ถูกนำมาใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร ได้แก่ ไม่เป็นสารที่ทำให้อาหารเปลี่ยนสี สิ่งที่สำคัญอย่างหนึ่งในขบวนการผลิตอาหารที่จำเป็นต้องคำนึงถึง คือ การเปลี่ยนแปลงของสีหรือการเกิดสีในอาหาร เนื่องจากขบวนการผลิตตัวอย่างเช่น การใช้น้ำตาลทรายผลิตอาหารมักพบว่าเกิดสีน้ำตาลขึ้นภายใต้ความร้อนและสภาวะอื่น ๆ สีน้ำตาลนี้เกิดขึ้นจาก ปฏิกิริยาของน้ำตาลกับสารประกอบไนเตรท เช่น โปรตีนหรือกรดอะมิโนในอาหารและนอกจากนี้สตีวิโอไซด์ยังไม่ทำให้เกิดการหมักของอาหารอีกด้วย ปัญหาอีกอย่างหนึ่งในการผลิตอาหารคือการหมักของน้ำตาลที่ใช้ในการปรุงอาหาร ทั้งนี้เพราะว่าน้ำตาลเป็นอาหารของจุลินทรีย์ ฉะนั้นเมื่อเก็บไว้นานมีโอกาสการหมักตัวของอาหารได้ ทำให้อาหารเกิดการเน่าเสีย แต่สตีวิโอไซด์สามารถแก้ปัญหาเรื่องนี้ได้

2.36.2 ประโยชน์ทางด้านการแพทย์

ในปัจจุบันมีการตื่นตัวกันมากในการประกาศห้ามใช้แซคคารีนในอุตสาหกรรมยา อุตสาหกรรมเครื่องดื่มและการนำมาปรุงแต่งอาหาร พบว่าแซคคารีนเป็นสารสังเคราะห์ที่ชักนำให้เกิดโรคมะเร็งได้ ดังนั้นจึงมีผู้พยายามค้นหาสารอื่นที่สกัดจากสิ่งมีชีวิตไม่เป็นโทษแก่ร่างกายเพื่อทดแทนแซคคารีน พบว่าสารสกัดจากหญ้าหวานซึ่งมีความหวานคล้ายน้ำตาลซูโครสมากที่สุด สารให้ความหวานจากหญ้าหวานไม่ให้แคลอรี่แก่ร่างกายหรือมีปริมาณแคลอรี่ต่ำมาก ประมาณไม่เกินร้อยละ 3 แต่จะให้รสหวานเพื่อเป็นสารปรุงแต่งรสอาหารหรือเครื่องดื่มเท่านั้น ไม่มีการดูดซึมในระบบการย่อยและไม่มีคุณค่าทางอาหาร เหมาะอย่างยิ่งกับผู้เป็นโรคต่อไปนี้คือ โรคอ้วน โรคเบาหวาน โรคหัวใจ และโรคฟันผุ เป็นผลการทดลองเกี่ยวกับการเจริญเติบโตของแบคทีเรียในปากซึ่งทำให้เกิดโรคฟันผุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อเลี้ยงด้วยน้ำตาลและสตีวิโอไซด์ซึ่งพบว่าการเจริญเติบโตของแบคทีเรียเมื่อเลี้ยงด้วยสตีวิโอไซด์จะมีอัตราการเจริญเติบโตต่ำที่สุด ซึ่งก็แสดงว่าสตีวิโอไซด์ช่วยยับยั้งโรคฟันผุได้

2.36.3 ประโยชน์ทางด้านความปลอดภัยและสิ่งแวดล้อม

สารที่ได้จากการสังเคราะห์มักก่อให้เกิดปัญหาในด้านมลพิษมาก ฉะนั้นจึงต้องหันมาสนใจสารที่ได้มาจากธรรมชาติมากขึ้น หญ้าหวานเป็นพืชชนิดหนึ่งที่ได้รับความสนใจและศึกษากันอย่างกว้างขวาง

2.36.4 ประโยชน์ทางด้านการทดแทนสารให้ความหวานอื่น

สารให้ความหวานที่ได้จากอุตสาหกรรมปิโตรเลียม เช่น แซคคารีนถูกห้ามไม่ให้ใช้ผสมอาหาร จึงต้องมีการหาแหล่งของสารให้ความหวานอื่นๆที่มีราคาถูกและมีความหวานมาก ดังนั้นสารให้ความหวานจากหญ้าหวานจึงได้ศึกษาและนำมาใช้ในที่สุด (วีระชัย, 2529)

2.36.5 ประโยชน์ทางด้านเศรษฐกิจ

ในประเทศญี่ปุ่นปีหนึ่ง ๆ ต้องการหญ้าหวานแห้งประมาณ 4,000 ถึง 10,000 ตันต่อปี มีโรงงาน 8 โรงงาน เป็นโรงงานที่นำใบแห้งมาสกัดให้ได้สตีวิโอไซด์ 4 แห่ง และโรงงานที่นำสตีวิโอไซด์มาทำให้บริสุทธิ์อีก 4 แห่ง เพื่อใช้ในในการผสมอาหารแก่ผู้บริโภคที่ไม่ต้องการแคลอรี่ และสำหรับคนเป็นโรคเบาหวาน สารที่สกัดได้มี 3 ลักษณะคือ ลักษณะที่เป็นของเหลว เป็นผง ละเอียดสีนวลและเป็นผลึกสีขาวใส ส่วนสกัดที่เป็นรูปผลึกมีรสหวานมากที่สุด โรงงานญี่ปุ่นมีวัตถุดิบไม่เพียงพอที่จะป้อนโรงงาน ต้องสั่งซื้อจากประเทศอื่นซึ่งได้แก่ ไทย ไต้หวัน เกาหลี และ อินโดนีเซีย ผลิตภัณฑ์ทางการค้าของสตีวิโอไซด์มีลักษณะและคุณสมบัติแตกต่างกันไปขึ้นกับว่ามีสตีวิโอไซด์บริสุทธิ์สูงเพียงใด เช่น Stevia ST-AB ของบริษัท Ikeda Tohka เป็นสารสกัดสตีวิโอไซด์บริสุทธิ์มากกว่าร้อยละ 90 เป็นผงสีขาว มีความหวานเป็น 250 ถึง 300 เท่า ของน้ำตาลซูโครส (วีระชัย, 2525) สตีวิโอไซด์ ของบริษัท Tomo Biochemical มีความหวานประมาณ 230 เท่า ของซูโครส

ญี่ปุ่นได้นำสตีวิโอไซด์มาใช้ในการปรุงแต่งรสอาหาร เนื่องจากให้รสชาติที่คล้ายคลึงน้ำตาลมาก นอกจากนั้นยังมีคุณสมบัติทนต่อสภาพความร้อนและกรด ในอุตสาหกรรมอาหารจึงได้นำไปทำหมากฝรั่ง ลูกกวาด เครื่องดื่ม เช่น น้ำผลไม้ น้ำนมสดบรรจุขวดในรสต่าง ๆ ไอศกรีม แยมเยลลี่ แยมผิวส้ม และอาหารหวานแช่แข็ง ใช้ปรุงรสอาหารแห้งที่ต้องการรสหวาน เช่น ปลาหมึกแห้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารนี้ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปลาป่น ไข่ปลาแห้ง ฯลฯ หรือใช้ปรุงรสในซอส ซีอิ๊ว มายองเนส ผงกระหรี่ แป้งเทมปุระ แม้แต่ของหมักดองที่มีรสเค็มมาก ช่วยรักษากลิ่นของที่ดองทำให้รสกลมกล่อมมากยิ่งขึ้น นอกจากอุตสาหกรรมอาหารแล้วมีผู้ไปใช้ทางยาแทนน้ำตาลและใช้ในการผลิตยาสีฟันด้วย สหรัฐอเมริกาใช้สตีวิโอไซด์ผสมในบุหรี่ ทำให้มีรสกลมกล่อมเป็นที่ถูกใจผู้สูบ ในฮ่องกงใช้ใบแห้งผสมกับชาผงเล็กน้อยช่วยเสริมรสให้ดีขึ้น

กรมวิทยาศาสตร์บริการได้ทดลองนำสตีวิโอไซด์ผสมในหัวไชโป๊วปรุงรส บ๊วย จากผลไม้ไทย เปลือกมะนาวแห้ง ชากระเจี๊ยบ ผักกาดดอง แตงกวาดอง ปรากฏว่าใช้แทนน้ำตาลได้ผลดีเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค ทั้งนี้ต้องคำนึงด้วยว่าหญ้าหวานนี้เหมาะสำหรับผู้ที่ต้องการรสหวาน แต่ไม่ต้องการแคลอรี่จากการบริโภคน้ำตาลเท่านั้น หญ้าหวานนับเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญชนิดหนึ่งของประเทศไทยในปัจจุบัน โดยเฉพาะทางแถบเหนือให้ผลผลิตดีและให้ผลตอบแทนสูง อย่างไรก็ตามการจำหน่ายเป็นสินค้าส่งออกอยู่ในลักษณะวัตถุดิบทั้งหมด เพราะยังไม่มีโรงงานสกัดหญ้าหวานในประเทศ สาเหตุเพราะการตั้งโรงงานดังกล่าวต้องใช้ทุนสูงมาก สาเหตุอีกประการหนึ่งคือ ผลิตภัณฑ์เป็นของแปลกใหม่ยังไม่แพร่ หลายในตลาดการค้าและไม่ได้รับการอนุญาตจากสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยาให้ใช้ แต่ถ้าได้รับการส่งเสริมจากหลายหน่วยงานที่เป็นที่เชื่อแน่ว่าหญ้าหวานคงจะมีอนาคตที่ดีในประเทศไทยแน่นอน ในต่างประเทศมีผลิตภัณฑ์ที่ทำมาจากหญ้าหวานมากมายไม่ว่าจะเป็นหญ้าหวานอบแห้ง, หญ้าหวานผง, หญ้าหวานอัดเม็ดหรือยาชงสมุนไพรที่มีหญ้าหวานเป็นส่วนผสม

2.37 ความปลอดภัยในการใช้หญ้าหวาน (Stevia)

2.37.1 การศึกษาถึงพิษเฉียบพลัน

การทดสอบฤทธิ์ทางสรีรวิทยาทั้งในเรื่องของความหวานและฤทธิ์ในการคุมกำเนิด เริ่มมาตั้งแต่ปี ค.ศ. 1931 การเกิดพิษอย่างเฉียบพลัน ซึ่งแสดงด้วยค่า LD50 ของผลิตภัณฑ์จากหญ้าหวานและสตีวิโอไซด์นั้น มีค่าแตกต่างกันตามความบริสุทธิ์ของสารให้ความหวานสตีวิโอไซด์ ทำให้เกิดความเป็นพิษอย่างเฉียบพลันได้อย่างรุนแรง เมื่อฉีดเข้าหลอดเลือดดำเข้าทางช่องท้องและทางใต้ผิวหนังแต่จะไม่ทำให้เกิดพิษอย่างเฉียบพลันได้เลยเมื่อเข้าสู่ร่างกายโดยการรับประทาน การเกิดพิษอย่างเฉียบพลันในหนูถีบจักรจะเริ่มด้วยอาการซึมเซา , การสั่นทั้งตัว และหายใจช้าลง ภายในเวลาประมาณ 1 ชั่วโมงหรือยาวกว่านั้น ถ้าหนูถีบจักรไม่ตายจะฟื้นกลับสู่สภาพปกติภายในเวลาประมาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1 วัน หลังจากการผ่าชากเพื่อตรวจสอบอวัยวะภายในไม่พบความผิดปกติที่พอจะเห็นได้เด่นชัด แต่เมื่อตรวจสอบเนื้อเยื่อต่าง ๆ ด้วยกล้องจุลทรรศน์แล้ว พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงของพยาธิสภาพที่สำคัญใน 3 อวัยวะด้วยกัน คือ สมอง ไต และตับ นอกจากนี้มีการคั่งของเลือดในหัวใจ ม้าม ปอด และตับ ในส่วนของสมองนั้น พบว่ามีการคั่งของเลือดในสมองส่วนซีรีบรัมและซีรีเบลลัม รวมทั้งการบวมของเซลล์ประสาท การเปลี่ยนแปลงทางพยาธิสภาพในตับนั้น ประกอบด้วยการคั่งของเลือดและการบวมของเซลล์กับในลักษณะที่คล้ายคลึงกันกับเซลล์ประสาท ส่วนในพยาธิสภาพที่พบในไตเป็นการบวมและการเสื่อมสลายจนตายของเซลล์ที่บุหลอดไต ในส่วนของไตชั้นนอกเป็นสำคัญแต่ไม่ค่อยมีการเปลี่ยนแปลงทางพยาธิสภาพในส่วนของโกลเอรูลัสมากนัก (ธีระยุทธ, 2533)

2.37.2 การศึกษาถึงพิษกึ่งเฉียบพลัน

การใช้สารสกัดสตีวิโอไซด์ (ความเข้มข้นสตีวิโอไซด์ร้อยละ 53) ผสมในอาหารให้มีความเข้มข้นร้อยละ 0.28, 1.4 และ 7.0 ให้หนูกินเป็นเวลา 3 เดือน พบว่าไม่มีสิ่งผิดปกติใด ๆ เกิดขึ้นกับการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักตัว การกินอาหาร เลือด ระบบอวัยวะและเนื้อเยื่อต่าง ๆ นอกจากนี้ยังได้รายงานผลการศึกษาของ Mitsuhashi และคณะ ในปี 1976 ศึกษาเกี่ยวกับพิษกึ่งเฉียบพลันของสตีวิโอไซด์ด้วยการป้อนทางปากให้กับหนูทั้งตัวผู้และตัวเมีย ขนาด 100 , 500 และ 2,500 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัมต่อวัน เป็นเวลา 1 เดือน พบว่าไม่มีสิ่งผิดปกติเกิดขึ้นต่อการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักตัว , การกินอาหารและการเปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่อ (ประเสริฐ, 2525)

2.38 กระเจี๊ยบแดง

2.38.1 ชื่อทางวิทยาศาสตร์/ชื่อวงศ์/ชื่อสามัญ/ชื่อท้องถิ่น/ชื่ออื่นๆ

ชื่อวิทยาศาสตร์	Hibiscus sabdariffa Linn
ชื่อวงศ์	Malvaceae
ชื่อสามัญ	Roselle, Jamica Sorrel หรือ Roselle of Rama
ชื่อท้องถิ่น	กระเจี๊ยบแดงหรือกระเจี๊ยบเปรี้ยว
ชื่ออื่นๆ	ผักเก็งเค็ง (ภาคเหนือ)
	ส้มพอดีหรือส้มพอเหมาะ (ภาคอีสาน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.38.2 ลักษณะทางพฤกษ์ศาสตร์ของกระเจี๊ยบแดง

กระเจี๊ยบแดงเป็นไม้พุ่มขนาดเล็ก มีความสูงประมาณ 1-2 เมตร ลำต้นอ่อนมีสีเขียวและกิ่งก้านมีสีแดงอมม่วง ใบเป็นใบเดี่ยว กว้างยาวพอๆกันประมาณ 8-15 เซนติเมตร ก้านใบยาว ขอบใบหยักลึกคล้ายนิ้วมือ 3 หรอ 5 แฉก ดอกเป็นดอกเดี่ยวออกที่ซอกใบ กลีบดอกสีชมพูหรือสีแดงโคนกลีบด้านในมีสีม่วงแดง เกสรตัวผู้เชื่อมกันเป็นหลอด ดอกที่ได้รับการผสมเกสรแล้วกลีบดอกจะร่วง กลีบเลี้ยงจะขยายใหญ่ หนาและแข็งสีแดงเข้มแสดงดังภาพที่ 2.15 กระเจี๊ยบแดงชอบอากาศร้อนสามารถปลูกได้ทั่วไปขึ้นได้ในดินเกือบทุกชนิด แต่ไม่ชอบดินที่มีน้ำขัง ค่อนข้างทนแล้งและต้องการน้ำช่วงต้นยังเล็กอยู่ เมื่อโตมีความต้องการน้ำน้อยลง กระเจี๊ยบแดงเป็นพืชตอบสนองต่อช่วงแสงจะออกดอกเมื่อมีช่วงแสงน้อยกว่า 12.0 ชั่วโมง ฉะนั้นจงปลูกปลายฤดูฝนระหว่างเดือนกรกฎาคมถึงสิงหาคมได้ดีเพราะมีเวลาเจริญเติบโตทางลำต้นเพียงพอที่จะให้ผลผลิตสูงสุด ถ้าปลูกช่วงต้นฤดูฝน (พฤษภาคมถึงมิถุนายน) หรือก่อนระยะเวลาปลูกที่เหมาะสมจะให้ผลผลิตต่ำเพราะว่ากระเจี๊ยบแดงจะมีทรงต้นใหญ่ แต่ให้ปริมาณดอกและกลีบเลี้ยงน้อยเช่นเดียวกับการปลูกในช่วงฤดูหนาวหรือปลูกในช่วงที่ไม่เหมาะสม สวนพันธ์กระเจี๊ยบแดงที่ปลูกกันในประเทศไทยมีด้วยกันหลายพันธ์ เช่น พันธุ์ซูดาน เป็นพันธุ์ที่มีกลีบสีแดงถึงแดงเข้ม ส่วนพันธุ์บลาซิลเป็นที่นำเข้ามาจากเยอรมันตะวันตกมีลักษณะกลีบเลี้ยงโตและหนา สีแดงเข้ม ให้ผลผลิตค่อนข้างสูง นอกจากนี้ยังมีพันธุ์ S-2760 ซึ่งถึงแม้ว่าจะเป็นพันธุ์ที่ให้กลีบเลี้ยงค่อนข้างดกและสีแดง แต่มีข้อเสียที่กลีบค่อนข้างบาง (แฉล้ม และคณะ, 2545)

ภาพที่ 2.15 ลักษณะดอกของกระเจี๊ยบแดง
ที่มา : สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ (2555)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.38.3 ส่วนประกอบและคุณค่าทางอาหารของกระเจี๊ยบแดง

ส่วนต่างๆของกระเจี๊ยบแดงที่นำมาใช้ประโยชน์มีทั้งส่วนที่เป็นใบ, ยอดอ่อน, ผลอ่อน, เมล็ดและกลีบรองดอก ใบอ่อนและยอดอ่อนจะมีรสเปรี้ยว สามารถรับประทานได้ทั้งสดและนำมาใช้ปรุงอาหาร เช่น ต้มหรือแกง เพื่อให้อาหารมีรสเปรี้ยว นอกจากนยังมีรายงานว่าใบอ่อนและยอดอ่อน มีวิตามินเอ, แคลเซียมและฟอสฟอรัสในจำนวนมากในอุตสาหกรรมยังนำเมล็ดมาใช้ร่วมกับสารส้มเพื่อช่วยตกตะกอนในน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม ในกลีบรองดอกหรือที่มักนิยมเรียกว่าดอกกระเจี๊ยบ เป็นส่วนที่นิยมใช้มากที่สุดสามารถนำมาใช้เป็นอาหาร เช่น เครื่องดื่ม, เยลลี่, แยม, ไอศกรีมและซอส นอกจากนี้ในผลอ่อนของกระเจี๊ยบจะมีฤทธิ์เป็นยาช่วยขับพยาธิตัวจี๊ด ผลแห้งมีฤทธิ์รักษาโรคกระเพาะและลำไส้อักเสบ (สุธาทิพ, 2551) เมล็ดใช้เป็นยาระบาย, ขับปัสสาวะและยาบำรุง เนื่องจากในดอกกระเจี๊ยบมีองค์ประกอบต่างๆที่เหมาะสมในการนำมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ เช่น มีกรดแอสคอร์บิกสูงและเพคติน เป็นต้น (Gonzalez *et al.*, 2009) โดยการสกัดเป็นสีผสมอาหารหรือสีธรรมชาติเพื่อใช้ทากระดาษหรือย้อมผ้าเนื่องจากรงควัตถุแอนโทไซยานินสูง ซึ่งมีการใช้กระเจี๊ยบเป็นยาจะใช้ทั้งดอกแห้งต้มน้ำดื่มหรือบดเป็นผงแล้วชงเป็นชาก็ได้หรือใช้ในอุตสาหกรรม

2.38.4 สารสำคัญ

ในบริเวณกลีบเลี้ยงของกระเจี๊ยบแดง มีสารสีแดงจำพวกแอนโทไซยานิน เช่น สารไซยาไนดินและเคฟรินิดิน ทำให้มีสีม่วงแดงและมีกรดอินทรีย์หลายชนิด เช่น กรดแอสคอบิค (ascorbic acid), กรดมาลิค (malic acid), กรดซิตริก (citric acid), กรดสเตียริก (stearic acid), กรดพัลมติก (palmitic acid),กรดไฮดรอกซีซิตริก (hydroxycitric acid) และกรดทาร์ทาริค (tartaric acid) โดยกรดต่างๆเหล่านี้จะทำให้กระเจี๊ยบมีรสเปรี้ยวและในกระเจี๊ยบแดงนั้นจะมีธาตุเหล็กและวิตามินบีบางชนิด เช่น ไนอะซินและไรโบฟลาวิน สารเมือกเพคติน (pectin) และแร่ธาตุอื่นๆ ได้แก่ แมกนีเซียม, แคลเซียมและฟอสฟอรัส เป็นต้น (สรจักร, 2549) และบริเวณใบและยอดอ่อนของต้นกระเจี๊ยบจะมีวิตามินเอ นอกจากนี้ยังพบว่ากระเจี๊ยบแดงยังมีปริมาณไฟเบอร์ที่สูง ทั้งไฟเบอร์ชนิดที่ละลายน้ำและไม่ละลายน้ำ โดยดอกกระเจี๊ยบแดงน้ำหนัก 1000 กรัม ให้ไฟเบอร์สูงถึง 12 กรัม ซึ่งเป็นปริมาณครึ่งหนึ่งของปริมาณที่เหมาะสมในหนึ่งวันที่ผู้บริโภคควรจะได้รับคุณค่าทางโภชนาการของกระเจี๊ยบแดงและคุณสมบัติเคมีของกระเจี๊ยบแดง ดังแสดงในตารางที่ 2.9 และตารางที่ 2.10 ตามลำดับ โดยสารสำคัญที่พบมากในกระเจี๊ยบแดง คือ ฟีนิลโปรพานอยด์และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แอนโทไซยานิน เช่น กรดเฟอรูลิก, กรดพาราคูเมอริก และพบฟลาโวนอยด์ เช่น เดลฟินิดิน-3-แซมบูไบโอไซด์, ไครแซนทีมิน, ไมริเซติน และ ฮิบิสเคตินรวมทั้งยังพบโพลีฟีนอล

ตารางที่ 2.9 สมบัติทางโภชนาการของกระเจี๊ยบแดงสด 100 กรัม

สมบัติทางโภชนาการ	ปริมาณ	
ความชื้น (ร้อยละ)	86.60	กรัม
พลังงานทั้งหมด	460.00	แคลลอรี
ไขมันทั้งหมด	0.30	กรัม
คาร์โบไฮเดรตทั้งหมด	9.40	กรัม
เส้นใย	1.30	กรัม
โปรตีน	1.40	กรัม
แคลเซียม	151.00	มิลลิกรัม
ฟอสฟอรัส	59.00	มิลลิกรัม
เหล็ก	1.00	มิลลิกรัม
วิตามิน บี2	0.24	มิลลิกรัม
ไนอะซิน	1.80	มิลลิกรัม
วิตามิน เอ	10,833.00	IU
วิตามินซี	44.00	มิลลิกรัม
ความเป็นกรด-ด่าง	2.0-3.0	
ความเป็นกรด (Acidity) (ร้อยละ)	0.5-1.2	
เพคติน (Pectin) (ร้อยละ)	1.0-1.5	

ที่มา : ดัดแปลงจาก แฉล้ม และคณะ (2545)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.10 คุณสมบัติเคมีของกระเจี๊ยบแดง

สมบัติเคมี	ค่า
pH	2.49±0.00
กรดทั้งหมด กรดมาลิก (ร้อยละ)	2.42±0.03
ของแข็งทั้งหมด (บริกซ์)	3.30±0.12
แอนโทไซยานินทั้งหมด คือ delphinidin 3-glucoside (กรัม/100 กรมของกระเจี๊ยบแดง)	2.52±0.05
น้ำตาล (กรัม/100 กรัมของกระเจี๊ยบแดง)	
กลูโคส	1.29±0.15
ฟรุคโตส	1.12±0.26
ซูโครส	0.87±0.21
กรดอินทรีย์ (กรัม/100 กรัมของกระเจี๊ยบแดง)	
กรดซัคซีน	0.51±0.08
กรดออกซาลิก	0.43±0.05
กรดมาลิก	0.12±0.03
กรดแอสคอร์บิก (กรัม/100 กรัมของกระเจี๊ยบแดง)	141.09±22.54
เบตาแคโรทีน (กรัม/100 กรัมของกระเจี๊ยบแดง)	1.88±0.31
ไลโคพีน (กรัม/100 กรัมของกระเจี๊ยบแดง)	164.34±70.10

ที่มา : Wong *et al.*,2002

2.39 แอนโทไซยานิน

แอนโทไซยานิน (Anthocyanin) คือสารกลุ่มรงควัตถุที่สามารถละลายน้ำได้และอยู่ในเซลล์น้ำหล่อเลี้ยง (sap cell) ของพืชที่ให้สีแดง ม่วง และน้ำเงินในผักและผลไม้ ตัวอย่างเช่น มะเขือม่วง และกระเจี๊ยบแดง เป็นต้น ในส่วนของผลไม้เปลือกแดง เช่น ชมพู่, สตรอเบอรี่, มังคุด และเชอร์รี่ เป็นต้น ซึ่งสารกลุ่มแอนโทไซยานินชนิดนี้จะสามารถพบได้ที่บริเวณเปลือกเท่านั้นและไม่พบอยู่ในเนื้อของผลไม้ โมเลกุลของแอนโทไซยานินเป็นไกลโคไซด์ประกอบด้วยน้ำตาลและส่วนที่เป็นอะไกลโคน (aglycones) เรียกว่า แอนโทไซยานิดิน (anthocyanidins) ซึ่งแยกออกจากกันได้โดยการไฮโดรไลซิสด้วยกรด ในเนื้อเยื่อพืชจะไม่พบอะไกลโคนในรูปอิสระพบเฉพาะที่อยู่ในรูปไกลโคไซด์ คือ น้ำตาลร่วมกับเอสเทอร์เท่านั้น (นิธิยา, 2545)

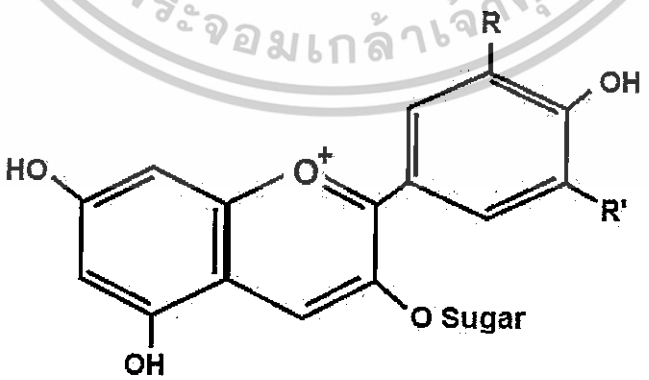
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น้ำตาลที่เป็นองค์ประกอบในโมเลกุลของแอนโทไซยานิน ส่วนใหญ่จะเป็นน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว เช่น กลูโคส, กาแล็คโตส, อะราบิโนส มักพบบริเวณคาร์บอนตำแหน่งที่ 3 ของแอนโธไซยานิดินเสมอ บางครั้งจะพบที่ตำแหน่งที่ 5 ด้วย ส่วนตำแหน่งที่พบน้อยคือ 7, 3' และ 7' นอกจากนี้ยังพบน้ำตาลโมเลกุลคู่และน้ำตาลโมเลกุลสาม ในโมเลกุลของแอนโทไซยานินด้วย ซึ่งน้ำตาลเหล่านี้จะช่วยให้อะไกลโคนหรือแอนโทไซยานินมีเสถียรภาพที่ดีขึ้น เนื่องจากแอนโทไซยานิดินไม่มีความคงทนอีกทั้งละลายน้ำไม่ได้จึงมักพบแอนโทไวยานิดินจับตัวกับน้ำหนึ่งจำนวนหนึ่งเสมอ โดยจะพบเม็ดสีแอนโทไซยานินอยู่เป็นจำนวนมากในกระเจี๊ยบแดง อีกทั้งยังเป็นแหล่งสำคัญของแอนโทไซยานินในธรรมชาติ และยังพบสารต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant) อีกด้วย กระเจี๊ยบนั้นประกอบไปด้วยแอนโทไซยานิน หลัก 2 ชนิด คือ cyanidin-3-xylosylglucoside หรือ cyanidin-3-sambubioside และ delphinidin-3-sambubioside หรือ gossypicyanin หรือ hibiscin และแอนโทไซยานิน 2 ชนิดรองคือ delphinidin-3-glucoside และcyanidin-3-glucoside (Du and Francis, 1973)

2.40 ปัจจัยที่มีผลต่อสีและการคงตัว

ปัจจัยหลักที่ส่งผลต่อสีและการคงตัวของแอนโทไซยานิน คือ ค่าความเป็นกรด-ด่าง โครงสร้างทาง ความร้อน แสงสว่าง และออกซิเจน (นิธิยา, 2545) และแอนโทไซยานินที่พบในเซลล์ของพืชนั้นไม่ค่อยมีความเสถียร หากมีการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างจะทำให้สีนั้นเปลี่ยนแปลงไปด้วย

2.40.1 โครงสร้างทางเคมี



ภาพที่ 2.16 โครงสร้างของแอนโทไซยานิน

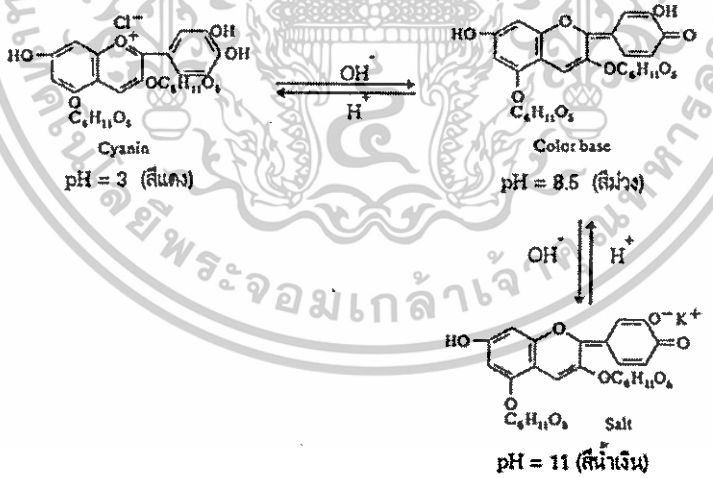
ที่มา : Ayodeji (2016)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แอนโทไซยานิน (Anthocyanins) จัดอยู่ในกลุ่มสารฟีนอล (Phenol compound) และกลุ่มโพลีฟีนอล (Polyphenol) หากโครงสร้างในวงแหวนฟีนิลมีจำนวนหมู่ไฮดรอกซิลหรือหมู่เมทอกซิล (-OCH_3) เพิ่มขึ้นจะมีผลต่อแอนโทไซยานิน ทำให้เมื่อหมู่ไฮดรอกซิลให้มากขึ้นจะทำให้สีเข้มขึ้น สีจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำเงินมากขึ้นและเมื่อเพิ่มหมู่เมทอกซิลแทนที่หมู่ไฮดรอกซิลที่ตำแหน่ง 3' และ 5' จะทำให้มีสีแดงมากขึ้น เป็นต้น

2.40.2 ความเป็นกรด-ด่าง (pH)

ค่าความเป็นกรดด่างของสารละลายแอนโทไซยานินละลายอยู่ มีผลต่อการสลายตัวของแอนโทไซยานินทำให้เปลี่ยนสีได้ การเปลี่ยนแปลงความเป็นกรด-ด่างยิ่งเกิดขึ้นเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงทางสรีระของผักและผลไม้ เช่น ระหว่างการสุกของผลไม้จะมีการเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด-ด่างมีผลทำให้สีของผลไม้เปลี่ยนไปได้โดยเฉพาะผลไม้จำพวกเบอร์ การเปลี่ยนสีเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงความเป็นกรด-ด่างยิ่งขึ้นอยู่กับเกลือของแอนโทไซยานินด้วยว่าเป็นโพแทสเซียมไอออน โซเดียมไอออน แคลเซียมไอออนหรือแอมโมเนียไอออน



ภาพที่ 2.17 การเปลี่ยนสีของแอนโทไซยานินที่ค่าความเป็นกรด-ด่างต่างๆ

ที่มา : นิธิยา (2545)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.40.3 อุณหภูมิ

ความร้อนจะทำให้สุมดุลไปเปลี่ยนไปสู่รูปแบบชาโคลน (Chalcone) และอุณหภูมิที่สูงทำให้ปฏิกิริยาย้อนกลับนั้นช้าลงกว่าปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น ซึ่งกลไลการสลายตัวของแอนโทไซยานิน โดยใช้ความร้อนมี 3 ทาง คือ

1. Flavylium Cation เปลี่ยนไปเป็น Quinonoidal Base และจะกลายเป็นอนุพันธุ์ของ Coumarinc และ มีส่วนประกอบที่เหมือนกับ B-ring

2. Flavylium Cation เปลี่ยนไปเป็น Cabinal Base ซึ่งไม่มีสี จะกลายเป็นชาโคลน (Chalcone) สุดท้ายแล้วจะทำให้ผลิตภัณฑ์มีสีน้ำตาล

3. แบบที่สามเหมือนกับแบบ 1 และ 2 แตกต่างกันที่ชาโคลน (Chalcone) ในผลิตภัณฑ์ที่พบว่ามีการสลายกลไกการสลายตัวโดยใช้ความร้อน ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิที่ใช้สลายและประเภทของแอนโทไซยานิน

ในปี 2007 ได้มีนักวิจัยศึกษาการสูญเสียแอนโทไซยานินในไวน์องุ่นแดงที่อุณหภูมิสูง โดยเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม (มีอุณหภูมิสูงสุดที่ 25 องศาเซลเซียส) พบว่าปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมดลดลงครึ่งหนึ่งจากตัวอย่างควบคุมในอุณหภูมิสูง (สูงสุด 35 องศาเซลเซียส) จุฑารัตน์ (2553 อ้างถึงใน Aina and Shodipe, 2006) ศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิ, พีเอช, แสง, ออกซิเจน และกรดแทนนิคต่อความสามารถในการคงตัวของแอนโทไซยานินของสารสกัดจากองุ่น Isabel ในระบบอาหารสองระบบคือ เครื่องดื่มและ โยเกิร์ต โดยทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 7±1 และที่อุณหภูมิ 27±2 องศาเซลเซียส จากการทดลองพบว่าอุณหภูมิมีผลต่อความสามารถในการคงตัว และพบว่าการรักษาที่อุณหภูมิที่ 7±1 องศาเซลเซียส จะมีค่าที่สูงกว่าค่าครึ่งชีวิตและมีการศึกษาความสามารถในการคงตัวของแอนโทไซยานินในน้ำกระเจี๊ยบแดง โดยเก็บรักษาน้ำกระเจี๊ยบแดงที่อุณหภูมิ 5 และ 27 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส มีปริมาณแอนโทไซยานิน 7.23 มิลลิกรัมต่อน้ำกระเจี๊ยบ 100 มิลลิลิตร และที่อุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส มีปริมาณแอนโทไซยานิน 4.13 มิลลิกรัมต่อน้ำกระเจี๊ยบ 100 มิลลิลิตร จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิที่แตกต่างกันในการเก็บรักษามีผลต่อความสามารถในการคงตัวของแอนโทไซยานิน (Bordignon-Luiz *et al.*, 2007)

2.40.4 ออกซิเจนและแสงสว่าง

สาเหตุที่ทำให้แอนโทไซยานินเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นขึ้น เพราะโครงสร้างตามธรรมชาติของแอนโทไซยานินไม่อิ่มตัวจึงทำให้ไว้ต่อโมเลกุลของออกซิเจน จุฑารัตน์ (2553 อ้างถึงใน Von Elbe and Schwartz, 1996) ได้ศึกษาน้ำองุ่นบรรจุขวดขณะที่กำลังร้อน ซึ่งการบรรจุในขณะที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของผลงานทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น้ำองุ่นกำลังร้อนจะทำให้เกิดช่องว่างเหนือน้ำองุ่นที่บรรจุในขวด (head space) เป็นสภาวะสุญญากาศ พบว่าสีของน้ำองุ่นเปลี่ยนแปลงจากสีม่วงกลายเป็นสีน้ำตาลได้ช้าลง จุฑารัตน์ (2553 อ้างถึงใน Skrede and Wrolstad, 2002) ได้กล่าวไว้ว่าผลิตภัณฑ์ที่มีแอนโทไซยานินเป็นองค์ประกอบควรเลือกบรรจุภัณฑ์ที่ป้องกันการซึมผ่านของออกซิเจน เพื่อป้องกันไม่ให้แอนโทไซยานินถูกทำลายเนื่องจากออกซิเจนในระหว่างการเก็บรักษาและระหว่างการจำหน่าย นอกจากนี้แสงสว่างยังเป็นตัวเร่งให้แอนโทไซยานินเกิดการสลายตัวอีกด้วย

2.40.5 ปัจจัยอื่นๆ

นอกเหนือจากนี้กระบวนการแปรรูปของอาหารจะทำลายรงควัตถุของแอนโทไซยานินที่อยู่ในผักและผลไม้ เช่น ความเป็นกรด-ด่าง (pH), ความเข้มข้นของน้ำตาลสูง, กรดอะมิโนและกรดแอสคอร์บิก มีผลให้เร่งอัตราการสลายตัวของแอนโทไซยานินทำให้เกิดเร็วขึ้น เนื่องจากเกิดปฏิกิริยาคอนเดนเซชั่น (condensation) ของแอนโทไซยานินกับสารประกอบดังกล่าว แอนโทไซยานินสามารถสลายตัวได้อย่างช้าๆ อย่างต่อเนื่องระหว่างการเก็บรักษาผักผลไม้ที่แปรรูปโดยใช้ความร้อน ปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการสลายตัวของแอนโทไซยานิน คือ ความเป็นกรด-ด่าง (pH), กรดแอสคอร์บิก, โลหะไอออนและออกซิเจน

2.41 การประเมินลักษณะเนื้อสัมผัสในอาหาร

ลักษณะทางเนื้อสัมผัสในอาหารเป็นผลประกอบกันของคุณสมบัติทางเคมีและกายภาพ ซึ่งรวมไปถึงขนาดรูปร่าง, จำนวนและการจัดเรียงตัวของโครงสร้างของสารนั้นๆ ซึ่งเป็นผลมาจากโครงสร้างธรรมชาติเริ่มต้นของสาร ดังนั้นลักษณะเนื้อสัมผัสของอาหารจึงมีความจำเป็นและสำคัญอย่างมากต่อการยอมรับของผู้บริโภคและจากคุณสมบัติดังกล่าวนี้จะนำไปสู่การคิดค้นวิธีการประเมินโดยการใช้ประสาทสัมผัสของมนุษย์ นอกจากนี้ยังมีการนำคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสมาประยุกต์หรือดัดแปลงให้อยู่ในรูปของเครื่องมือที่ใช้ในการวัดเนื้อสัมผัสที่มีความสะดวกสบายและรวดเร็วมากยิ่งขึ้นแต่เนื่องจากข้อจำกัดของเครื่องมือที่มีราคาสูงและอาจจะใช้วัดคุณสมบัติทางกายภาพได้บางลักษณะเท่านั้นทำให้ยากที่จะพิจารณาลักษณะทางกายภาพหลายอย่างรวมกันในระยะเวลาเดียวกันได้ด้วยเหตุนี้วิธีการวัดเนื้อสัมผัสแบบทางอ้อมหรือการวัดด้วยประสาทสัมผัสจึงยังเป็นที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายและเนื่องจากในปัจจุบันผลของการวัดทางประสาทสัมผัสมีการพรรณนาความหมายออกมาได้เข้าใจมากขึ้น ดังนั้นการนำค่าที่วัดด้วยประสาทสัมผัสมาเชื่อมโยงกับหลักการและค่าที่ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการวัดด้วยเครื่องมือก็จะสามารถช่วยยืนยันความแม่นยำและชัดเจนของข้อมูลได้มากยิ่งขึ้น (Bourne,1978)

2.42 ความสำคัญของเนื้อสัมผัสในอาหาร

เนื้อสัมผัสอาหารใช้เป็นตัวชี้ถึงลักษณะของส่วนประกอบและโครงสร้างภายในอาหาร ซึ่งอธิบายหรือแสดงผลออกมาในรูปแบบของพฤติกรรมการไหลหรือการสูญเสียรูปร่างของอาหารจากแรงกลจากการบดเคี้ยวหรือการกดทับของแรงจากเครื่องมือ ความสำคัญของเนื้อสัมผัสในอาหารสามารถแบ่ง ออกเป็น 3 กลุ่ม คือ

1. ใช้ประเมินแรงต้านทานของผลิตภัณฑ์ต่อแรงทางกลที่มากระทำ เช่น กระบวนการในระหว่างการเก็บเกี่ยว

2. ใช้วิเคราะห์คุณสมบัติของการไหลของผลิตภัณฑ์อาหารในระหว่างการแปรรูปและการเก็บรักษา

3. ใช้เป็นตัวแทนในการกำหนดพฤติกรรมในการเคี้ยวอาหารของผู้บริโภค

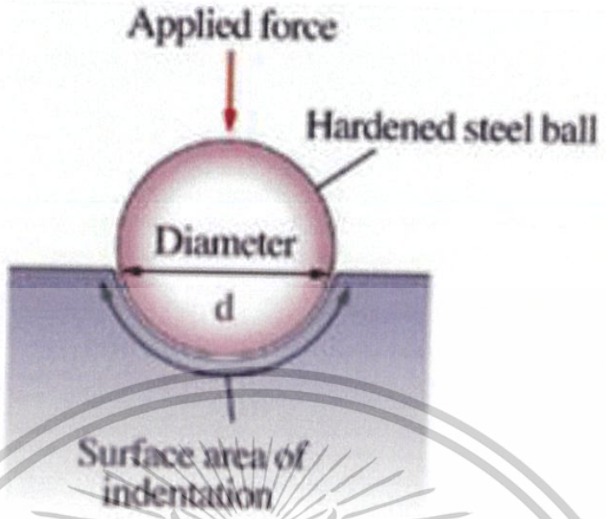
2.43 การประเมินลักษณะเนื้อสัมผัสโดยการใช้เครื่องมือ

เครื่องมือที่ใช้ประเมินหรือวัดลักษณะเนื้อสัมผัส มีลักษณะเฉพาะซึ่งขึ้นกับวิธีการวัดคุณสมบัติทางกายภาพในสารหรือวัสดุนั้นๆได้แบ่งวิธีการประเมินลักษณะเนื้อสัมผัสโดยการใช้เครื่องมือออกเป็น 3 วิธี ดังนี้

2.43.1 วิธีการวัดค่าพื้นฐานทางวัสดุศาสตร์ (Fundamental measurement)

เป็นวิธีการที่พัฒนาโดยนักวิทยาศาสตร์และวิศวกรพบว่าข้อมูลที่ได้ไม่สามารถใช้ประเมินความรู้สึกของมนุษย์ได้ในด้านเนื้อสัมผัสขณะเคี้ยว ข้อเสียคือ ค่าที่วัดได้ไม่มีความสัมพันธ์กับค่าประสาทสัมผัส เครื่องมือมีราคาแพงและใช้เวลานานในการวัด ส่วนข้อดีของวิธีนี้คือ สามารถอธิบายค่าที่วัดได้ในเชิงวัสดุศาสตร์ วิธีการวัดค่าพื้นฐานทางวัสดุศาสตร์จะเกี่ยวข้องกับค่าแรงที่มากระทำกับตัวอย่างซึ่งได้แก่ แรงกดและแรงกดอัด (Compression-Extrusion) แรงดึง (Tensile) แรงตัดและแรงเฉือน (Cutting and shearing) เป็นต้น โดยแรงที่กระทำต่อตัวอย่างได้มาจากแรงที่หัววัดกระทำต่อตัวอย่างในแนวตั้งฉากกับพื้นที่หน้าตัดของตัวอย่างที่ทำการทดสอบ ดังแสดงในภาพที่ 2.18 ดังนั้นตัวอย่างจึงเกิดแรงต้านต่อแรงที่มากระทำเพื่อพยายามรักษาสมดุลรูปร่างของตัวอย่างให้คงรูปเดิม (ธงชัย และคณะ, 2544)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.18 ลักษณะแรงกดที่กระทำต่อตัวอย่าง

ที่มา : ธงชัย (2544)

2.43.2 วิธีการวัดค่าแบบประยุกต์ (Empirical measurement)

เป็นวิธีการวัดค่าเนื้อสัมผัสที่ถูกออกแบบโดยนักประดิษฐ์ เพื่อให้มีความเหมาะสมกับงานที่นำไปใช้ โดยเฉพาะงานควบคุมคุณภาพและแบ่งระดับชั้นคุณภาพผลิตภัณฑ์ในโรงงานอุตสาหกรรมข้อดีของวิธีการนี้คือ เครื่องมือใช้งานง่าย มีความรวดเร็วในการวัด และค่าที่ได้มีความสัมพันธ์กับการวัดค่าทางประสาทสัมผัส ส่วนข้อเสียคือไม่สามารถอธิบายหลักการของค่าที่วัดได้บนพื้นฐานทางวัสดุศาสตร์นอกจากนี้ยังเป็นการวัดค่าได้เพียงคุณลักษณะใดคุณลักษณะหนึ่งอีกทั้งวิธีการวัดค่ายังขึ้นอยู่กับผู้วัดและไม่มีวิธีการวัดที่แน่นอน โดยปกติจะวัดค่าที่จุดใดจุดหนึ่งจึงทำให้ไม่สามารถให้ข้อมูลที่ต่อเนื่องได้ ตัวอย่างเครื่องมือวัดค่าแบบประยุกต์ ได้แก่ เครื่องตรวจสอบความแน่นเนื้อผลไม้ (Fruit pressure tester), พีนีโตรมิเตอร์ (Penetrometer) เป็นต้น

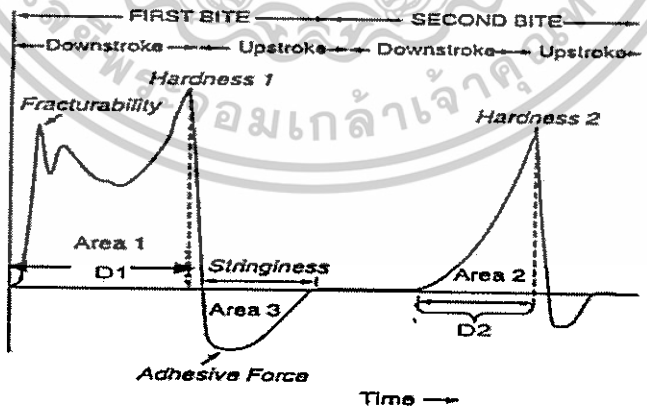
2.43.3 การเลียนแบบวิธีการเคี้ยวของมนุษย์ (Imitative measurement)

วิธีการนี้ใช้หลักการออกแบบให้เครื่องมือทำงานคล้ายกับการเคี้ยวของมนุษย์ เป็นเครื่องมือแบบเดียวกับวิธีวัดค่าพื้นฐานทางวัสดุศาสตร์ที่ใช้หาระยะทางกับแรงหรือความเค้นกับความเครียดได้ ตัวอย่างเครื่องมือที่ใช้วัดค่าด้วยวิธีการนี้ ได้แก่ Texture Analysis , Instron, Lloyd เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.44 ค่าเค้าโครงคุณลักษณะเนื้อสัมผัสทางกายภาพ (Texture Profile Analysis) ด้วยเครื่องมือทำได้อย่างไร

การวัดค่าเนื้อสัมผัสด้วยวิธีการวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัส (Texture Profile Analysis) โดยใช้เครื่องมือนั้นจะคล้ายกับการทำ Texture Profile ด้วยวิธีการทดสอบทางประสาทสัมผัส กล่าวคือ จะมีการพรรณนาคำศัพท์เกี่ยวกับเนื้อสัมผัสของอาหาร โดยการวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัสจะเป็นการวัด ค่าพารามิเตอร์ของเนื้อสัมผัสของอาหารที่เปลี่ยนแปลงไปเมื่อมีแรงมากระทำ หลักการพื้นฐานและเครื่องมือที่ใช้ ในการวัดมีการออกแบบการเคี้ยวภายในปาก (Friedman *et al.*, 1963) ซึ่งลักษณะของเนื้อสัมผัสได้จากการใช้เครื่องวัดค่าเนื้อสัมผัสจะแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงที่กระทำกับตัวอย่างต่อเวลาผ่านการกดของหัววัด 2 ครั้ง ดังภาพที่ 2.19 โดยความสูงของกราฟคือแรงกดที่กระทำในแต่ละครั้งซึ่งจะแสดงค่าความแข็งของตัวอย่าง (Hardness) นอกจากนี้กราฟที่ได้ยังแสดงถึงแรงกดที่กระทำครั้งแรกซึ่งทำให้เกิดการแตกหักหรือเสียรูปของชิ้นงาน (Fracturability), ขอบเขตของวัสดุที่สามารถเสียรูปก่อนที่จะเกิดการแตกหัก (Cohesiveness), อัตราการคืนรูปของวัสดุหลังจากถูกกด (Springiness), แรงที่ต้องใช้ในการแยกตัวอย่างที่เป็นกึ่งแข็งจนกระทั่งเสียรูป (Gumminess), แรงที่ใช้ในการบดตัวอย่างจนกระทั่งเสียรูป (Chewiness) และงานที่ใช้ในการเอาชนะแรงระหว่างพื้นผิวของตัวอย่างกับพื้นผิวของวัสดุ (Adhesiveness)



ภาพที่ 2.19 กราฟที่ได้จากการทำ Texture Profile Analysis

ที่มา : Bourne (1978)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากคุณลักษณะดังกล่าวข้างต้น สามารถ คำนวณหาค่าเค้าโครงคุณลักษณะเนื้อสัมผัสต่างๆ ได้ ดังนี้

ความยืดเกาะ = พื้นที่ 2 / พื้นที่ 1

ความยืดหยุ่น = ระยะทาง 2 / ระยะทาง 1

ความเหนียวหนืบ = ความแข็ง 1 x ความยืดเกาะ

ความเคี้ยวได้ = ความเหนียวหนืบ x ความยืดหยุ่น

2.45 การประเมินค่าคุณลักษณะเนื้อสัมผัสทางกายภาพในตัวอย่างผลิตภัณฑ์อาหาร

2.45.1 การวัดค่าแรงกด (Uniaxial compression)

เป็นวิธีการวัดค่าพื้นฐานทางวัสดุศาสตร์ (Jankowski and Rha, 1986) ซึ่งจะให้ค่าพารามิเตอร์ที่เกี่ยวกับค่าทางกล เช่น เจลแป้งที่มีลักษณะแข็งขึ้นแสดงถึงการเกิดการคืนตัวของแป้งหรือการเกิดรีโทรเกรเดชันของแป้ง (Jankowski, 1992) วิธีการวัดค่าแรงกดเป็นวิธีที่ใช้วัดลักษณะเนื้อสัมผัสของขนมปังและขนมมัฟฟิน นอกจากนี้ยังใช้หาความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเค้นและความเครียด ซึ่งสามารถอธิบายรูปแบบความสัมพันธ์นี้โดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ การวัดค่าแรงกดสามารถแสดงถึงการเปลี่ยนแปลงที่เกิดจากการกดหลายๆ ครั้งได้ ตัวอย่างเช่นค่าแรงกดในผลิตภัณฑ์ขนมอบที่มีลักษณะเนื้อสัมผัสคล้ายโฟมหรือฟองน้ำจะมีลักษณะความสัมพันธ์แบบ Sigmoid curve และลักษณะเช่นนี้จะหายไปเมื่อทำการกดในครั้งที่ 2 หรือครั้งต่อๆ ไป นอกจากนี้การวัดค่าแรงกดยังเหมาะกับการศึกษาการเกิดปฏิกิริยารีโทรเกรเดชั่น (Retrogration) ของขนมปังเรื่องอายุการเก็บรักษา (Karim *et al.*, 2000)

2.45.2 การวัดระดับความยืดหยุ่น (Degree of elasticity)

Elasticity คือ ความยืดหยุ่นซึ่งเป็นความสามารถในการคืนตัวกลับสู่สภาพเดิมของตัวอย่างหลังจากที่ตัวอย่างถูกกดหรือทำให้ผิดรูปร่าง (Deformation) ระดับความยืดหยุ่น (Degree of elasticity) จะสามารถหาได้จากอัตราส่วนระหว่างการคืนตัวและปริมาณการเสียรูปทั้งหมดที่เกิดจากการกด (Bourne, 1982) หรืออยู่ในรูปของร้อยละ

ตัวอย่างงานวิจัยที่ใช้ประโยชน์จากการวัดค่าระดับความสามารถในการคืนตัวกลับสู่สภาพเดิม ได้แก่ การศึกษาการวัดลักษณะเนื้อสัมผัสของบัทเตอร์เค้กที่ใช้แป้งข้าวหอมมะลิทดแทน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แป้งสาลีที่ระดับต่างๆ นอกจากนี้ยังมีการศึกษาระดับความสามารถในการคืนตัวกลับสู่สภาพเดิมของอาหารอีกหลายชนิด ได้แก่ กล้วย, เนยแข็ง, ไส้กรอก, เยลลี่, มาชเมลโล่ และมันฝรั่ง ซึ่งจากผลการศึกษาพบว่าผลิตภัณฑ์ที่จัดอยู่ในกลุ่มความยืดหยุ่น (Elastic) จะมีค่างานที่เกิดจากการคืนตัวกลับอยู่ในช่วงร้อยละ 60-80 ในขณะที่วัสดุที่จัดอยู่ในกลุ่มพลาสติก (Plastic) จะมีค่างานที่เกิดจากการคืนตัวกลับอยู่ในช่วงร้อยละ 20-50 (Kaletunc *ea al*, 1991)

2.45.3 การวัดค่าโดยใช้แรงดึง (Tensile test)

การวัดค่าโดยใช้แรงดึงไม่นิยมนำมาใช้วัดค่าเนื้อสัมผัสของอาหาร เนื่องจากกระบวนการเคี้ยว ประกอบด้วยแรงกดระหว่างฟัน สำหรับการวัดโดยใช้แรงดึงนั้นจะสมมุติว่าตัวอย่างจะเกิดรอยแยกทันที โดยตัวอย่างจะถูกดึงในแนวตั้งอาหารบางประเภทอาจไม่ขาด (แตกหัก) ทันทีที่ถูกดึง แต่การขาดหรือการแตกหักจะเริ่มจากรอยแตกเล็กๆ หลังจากนั้นรอยแตกจะขยายขึ้นอย่างช้าๆ โดยรอยแตกที่เกิดขึ้นนั้นอาจจะตั้งฉากหรือไม่ตั้งฉากกับแรงดึงก็ได้ปัญหาหนึ่งที่พบในการวัดค่าแรงดึงคือการยึดตัวอย่าง อาหารหลายชนิดมักจะไม่อยู่ติดกับตัวหนีบหรือที่ยึดตัวอย่าง (Jaw) ปัญหานี้จึงถูกแก้ไขโดยการตัดตัวอย่างให้เป็นรูปดัมเบลและยึดส่วนที่กว้างเอาไว้ ตัวอย่างจึงมีแนวโน้มที่จะแตกหักหรือขาดตรงส่วนที่แคบตรงกลางตัวอย่าง (ธงชัย และคณะ, 2544) เช่น การวัดค่าแรงดึงและการแตกหักของเส้นก๋วยเตี๋ยวไทยหรือเส้นพาสต้า เป็นต้น

2.46 ค่าเค้าโครงคุณลักษณะเนื้อสัมผัสทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี Texture Profile

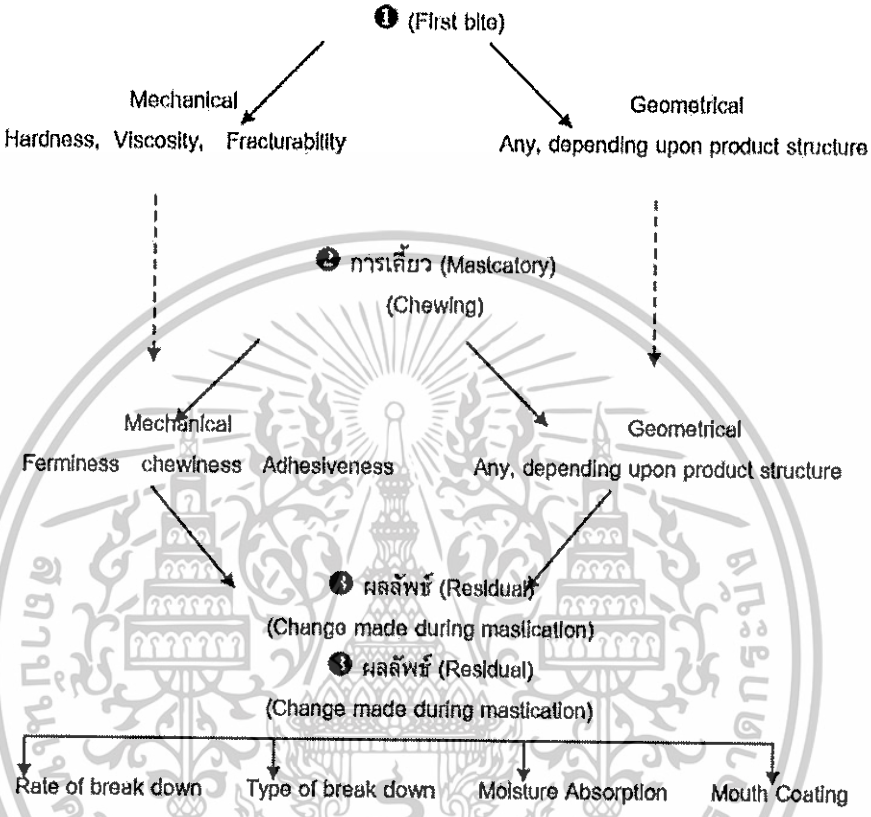
Szczesniak (1963) ได้พัฒนาวิธี Texture profile ซึ่งเป็นวิธีวิเคราะห์ทางประสาทสัมผัสที่นอกเหนือจาก การวิเคราะห์กลิ่น สี และรส แต่จะวิเคราะห์ลักษณะที่มองเห็น ความรู้สึกในปาก และลักษณะสัมผัสของผลิตภัณฑ์ โดยความรู้สึกเมื่ออาหารอยู่ในปากจะมีลำดับ ดังนี้

1. ความรู้สึกเมื่อกัดคำแรก (Initial or first bite) ความรู้สึกช่วงนี้เป็นช่วงที่รวมลักษณะทางกลของผลิตภัณฑ์ที่ขึ้นกับลักษณะโครงสร้าง เช่น ความแข็ง การแตกหัก และความหนืด เป็นต้น

2. ความรู้สึกขณะเคี้ยว (Mastication or Chewing) เป็นความรู้สึกรวมที่เกิดขึ้นจากลักษณะทางกลของผลิตภัณฑ์ รวมทั้งลักษณะทางกลขณะกำลัง เคี้ยว เช่น ความเหนียว ความนุ่ม เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ความรู้สึกหลังจากเคี้ยว (Residual phase) เป็นความรู้สึกที่พบหลังจากการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกลหลังจากถูกเคี้ยว เช่น การดูดซับความชื้น ความเลี่ยนมัน เป็นต้น โดยสามารถสรุปลำดับการเกิดความรู้สึก ตามลำดับได้ดังภาพที่ 2.20



ภาพที่ 2.20 ลำดับการเกิดความรู้สึกเกี่ยวกับเนื้อสัมผัสในปาก

ที่มา : Meilguard *et a.l* (1987)

ความหมายของคุณลักษณะเนื้อสัมผัสในเชิงคุณภาพ ทางกายภาพและทางประสาทสัมผัสที่ได้จากวิธีทดสอบวิเคราะห์เนื้อสัมผัส (Texture Profile Analysis : TPA) แสดงดังตารางที่ 2.11 ซึ่งจากความหมายที่พรรณนาทำให้สามารถใช้การประเมินทางประสาทสัมผัสแทนการวัดค่าด้วยเครื่องมือได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.11 ความหมายของคุณลักษณะเนื้อสัมผัสต่างๆ ในเชิงคุณภาพทางประสาทสัมผัสและคุณภาพทางกายภาพ

ลักษณะ	คุณภาพทางประสาทสัมผัส	คุณภาพทางกายภาพ
ความแข็ง (Hardness)	แรงที่ใช้ในการทำให้ตัวอย่างเสียรูป แรงที่ใช้ในการกัดตัวอย่างของฟันกรามเพื่อเปลี่ยนรูปร่างตัวอย่าง	แรงที่ทำให้ตัวอย่างเสียรูป
ความสามารถเกาะรวมตัวกัน (Cohesiveness)	ความแข็งแกร่งของพันธะภายในที่เกิดขึ้นในชิ้นตัวอย่างแล้วทำให้ ตัวอย่างทนต่อแรงที่มากระทำก่อนที่ ตัวอย่างจะแยกหรือขาดออกจากกัน	ขอบเขตของวัสดุที่สามารถเสียรูปก่อนที่จะเกิดการแตกหัก
ความยืดหยุ่น (Springiness)	เมื่อมีการถอนแรงกดออกไปจากตัวอย่าง ระดับความสามารถในการคืนตัวกลับมาเหมือนเดิม	อัตราการคืนรูปของวัสดุหลังจากการถูกกด
ความสามารถในการเกาะติดผิววัสดุ (Adhesiveness)	แรงที่ใช้ในการเคลื่อนย้ายตัวอย่างที่ ติดอยู่ในปาก (โดยปกติคือเพดานปาก) ในระหว่างกระบวนการเคี้ยว	งานที่ใช้ในการเอาชนะแรงระหว่างพื้นผิวของวัสดุอื่นที่ตัวอย่างสัมผัสอยู่กับพื้นผิวของตัวอย่าง
การแตกหัก (Fracturability)	แรงกดทันทีทันใดในแนวดิ่งที่ทำให้ตัวอย่างเกิดการกระจายออกในแนวราบและแตกหักเป็นชิ้นๆ	แรงที่ทำให้ตัวอย่างแตกหัก โดยเป็นตัวอย่างที่มี Hardness สูงและมี Cohesiveness ต่ำ
การทนต่อการเคี้ยว (Chewiness)	ระยะเวลานานที่ใช้ในการเคี้ยวบดตัวอย่างที่เป็นของแข็งในอัตราการ เคี้ยวที่คงที่จนที่จะสามารถกลืนได้	แรงที่ใช้ในการเคี้ยวหรือบดตัวอย่างจนกระทั่งเสียรูป โดยเป็นตัวอย่างที่มีลักษณะผสมของ Cohesiveness, Hardness และSpringiness
ความเหนียวเป็นยางหรือกาว (Gumminess)	พลังงานที่ใช้ในการเคี้ยวตัวอย่างที่ เป็นกึ่งของแข็งในอัตราการเคี้ยวที่ คงที่จนกระทั่งสามารถที่จะกลืนได้	แรงที่ต้องใช้ในการแยกตัวอย่างที่เป็นกึ่งของแข็งจนกระทั่งเสียรูป โดยเป็นตัวอย่างที่มี Hardness ต่ำและมี Cohesiveness สูง

ที่มา : Civille and Szczesniak (1973)

ในขั้นตอนของการประเมินทางประสาทสัมผัสจะมีสเกลมาตรฐานที่ใช้ตัวอย่างเป็นตัวแทนในการวัดค่า Texture profile analysis (TPA) ควบคู่ไปด้วย โดยจะอาศัยความสัมพันธ์ของค่าที่ทดสอบในรูปแบบของค่าความชอบจากการประเมินด้วยสเกลความพอใจหรือ hedonic scale ซึ่งมีหลายระดับ (Pearce *et al.*, 1986) แต่จะนิยมใช้ระดับ 9 คะแนน โดย 1 คือไม่ชอบมากที่สุดและ 9 คือชอบมากที่สุดสำหรับตัวอย่างมาตรฐานที่ใช้ในการประเมินคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสแสดงดังตารางที่ 2.12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ ... ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.12 คุณลักษณะต่างๆและตัวอย่างมาตรฐานที่ใช้ตัวอย่างในการประเมินทางประสาทสัมผัส

Texture attributes	Intensity range given by food products		
Hardness	Cream cheese (1)	→	Rock candy (9)
Brittleness	Corn muffin (1)	→	Peanut brittle (7)
Chewiness	Rye bread (1)	→	Tootsie rolls (7)
Gumminess	40% Flour paste (1)	→	60% Flour paste (5)
Adhesiveness	Hydrogenated vegetable Oil	→	Peanut butter (5)
Viscosity	Water (1)	→	Condensed milk (8)

ที่มา : ดัดแปลงจาก Szczesniak

จากที่กล่าวมาข้างต้นจะพบว่าในการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสที่พรรณนาความรู้สึกจากการเคี้ยว การบด การดึง และการกลืน สามารถใช้ประโยชน์ ได้เช่นเดียวกับการวัดค่าด้วยเครื่องมือและมีความถูกต้องแม่นยำในระดับหนึ่ง อย่างไรก็ตามผู้ประเมินยังต้องผ่านการฝึกฝนหรือเรียนรู้ก่อน เพื่อให้เกิดความชำนาญหรือแม่นยำซึ่งทำให้สามารถลดการใช้เครื่องมือวัดที่มีข้อจำกัดของการวัดและมีราคาแพงลงได้

2.47 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.47.1 การพัฒนาผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่มะขาม

วิลาสินี (2551) ได้ทำการศึกษาผลของปริมาณเจลาติน อัตราส่วนของซูโครสต่อกลูโคสไซรัป และปริมาณกรดซิตริกต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่ โดยวางแผนการทดลองแบบ Central Composite Design (CCD) โดยทำการศึกษที่เจลาติน 5 ระดับ คือ 3.95 , 5 , 7 , 9 และ 10.05 ร้อยละโดยน้ำหนัก อัตราส่วนของซูโครสต่อกลูโคสไซรัป 5 ระดับ คือ 0.249 ต่อ 1 , 0.5 ต่อ 1, 1 ต่อ 1 , 1.5 ต่อ 1 และ 1.76 ต่อ 1 และสารละลายกรดซิตริกเข้มข้นร้อยละ 50 ที่ 5 ระดับ คือ 2.74 , 3 , 3.5 , 4 และ 4.26 ร้อยละโดยน้ำหนัก จากนั้นได้มีการนำผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่ที่ได้ไปวัดคุณภาพทางเคมี ทางกายภาพและคุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยจากการศึกษาคุณภาพทางกายภาพของผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่ จะพบว่าปริมาณเจลาติน อัตราส่วนของซูโครสต่อกลูโคสไซรัป และปริมาณกรดซิตริกนั้นมีผลต่อความหนืดและปริมาณน้ำอิสระ (water activity) ของผลิตภัณฑ์กัมมี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เยลลี่ โดยการเพิ่มขึ้นของปริมาณเจลาตินและอัตราส่วนของซูโครสต่อกลูโคสไซรัปจะมีผลทำให้ความหนืดเพิ่มขึ้น แต่ปริมาณน้ำอิสระ (water activity) ของผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่จะลดลง ส่วนการเพิ่มปริมาณกรดซิตริกนั้นจะทำให้ความหนืดของกัมมี่เยลลี่ลดลงแต่ปริมาณน้ำอิสระ (water activity) ของผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เพิ่มขึ้น และนอกจากนี้เมื่อนำผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่มาวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีจะพบว่าผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่ทั้ง 20 สูตรจะมีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดขณะที่หยอดลงในแม่พิมพ์ ประมาณ 72-85 องศาบริกซ์ และหลังจากผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เซ็ทตัวแล้วจะมีปริมาณของแข็งทั้งหมดประมาณร้อยละ 78-82 ซึ่งจะเห็นได้ว่าผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่ที่มีอัตราส่วนของซูโครสต่อกลูโคสไซรัปต่ำหรือมีกลูโคสไซรัปในปริมาณที่มากกว่าซูโครสนั้นจะมีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดสูงกว่าสูตรที่มีอัตราส่วนของซูโครสต่อกลูโคสไซรัปสูงกว่า จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่ทั้ง 20 สูตรโดยวิธีการให้คะแนนความเข้ม โดยใช้สเกล 15 เซนติเมตรและใช้ผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝน จำนวน 10 คน โดยกำหนดปัจจัยคุณภาพด้านเนื้อสัมผัส ซึ่งได้แก่ ความแข็ง ความยืดหยุ่น ความยากง่ายในการเคี้ยว จะพบว่าปริมาณเจลาติน อัตราส่วนของซูโครสต่อกลูโคสไซรัปและกรดซิตริกมีผลต่อคะแนนความเข้มของผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่ โดยจากผลคุณภาพด้านเนื้อสัมผัสที่ได้พอสรุปสูตรที่เหมาะสมในการใช้เป็นสูตรมาตรฐานในการนำไปพัฒนาผลิตถัณฑ์กัมมี่เยลลี่มะขาม คือสูตรที่ 14 ซึ่งมีปริมาณเจลาติน อัตราส่วนของซูโครสต่อกลูโคสไซรัป และกรดซิตริกเท่ากับ 10.05, 1.00 และ 2.74 ตามลำดับ ซึ่งคะแนนที่ได้มีดังนี้ ค่าความแข็ง 8.42, ค่าความยืดหยุ่น 8.63, ค่าความยากง่ายในการเคี้ยว 8.49 จากนั้นได้นำเอาสูตรพื้นฐานของผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่ที่เหมาะสมที่สุดมาทำการพัฒนาผลัตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่มะขามโดยทำการเปรียบเทียบความเข้มข้นของน้ำมะขามทั้งหมด 3 สิ่งทดลอง คือ สิ่งทดลองที่ 1 , 2 และ 3 ที่ระดับความเข้มข้น ร้อยละ 10 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร, ร้อยละ 20 โดยน้ำหนักต่อปริมาตรและร้อยละ 30 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร ตามลำดับ จะพบว่าเมื่อความเข้มข้นของน้ำมะขามเพิ่มขึ้นจะมีผลต่อคุณภาพสีของกัมมี่เยลลี่มะขาม คือ สีที่ได้จะมีความเข้มมากขึ้น ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดและปริมาณกรดมีค่าเพิ่มขึ้น ส่วนความเป็นกรดด่าง (pH) มีค่าลดลงและเมื่อนำไปทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่มะขามจากผู้ทดสอบทั้งหมด 30 คน พบว่าสิ่งทดลองที่ 2 ความเข้มข้นของน้ำมะขามเท่ากับ ร้อยละ 20 โดยน้ำหนักต่อปริมาตรเป็นสูตรที่ได้ความชอบโดยรวมสูงที่สุด เนื่องจากเป็นสูตรที่มีลักษณะของสีที่ไม่เข้มมากจนเกินไป ความยืดหยุ่นและความยากง่ายในการเคี้ยวปานกลาง และมีกลิ่นของมะขาม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.47.2 การพัฒนาผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่หนามแดง

กุลพร และคณะ (2557) ได้ทำการศึกษาเพื่อศึกษาระดับความเข้มข้นที่เหมาะสมของน้ำหนามแดงในการผลิตกัมมี่เยลลี่หนามแดง โดยหนามแดงหรือมะม่วงหาวมะนามโห่เป็นพืชสมุนไพรชนิดหนึ่ง ผลอ่อนจะมีสีชมพูอ่อนๆและค่อยๆเข้มเป็นสีแดง จนกระทั่งสุกจะกลายเป็นสีดำ สามารถรับประทานได้ ซึ่งผลของหนามแดงนั้นจะมีรสเปรี้ยว ในผลหนามแดงจะมีสรรพคุณใช้เป็นยาแก้ไอ แก้เจ็บคอและช่วยขับเสมหะ แก้โรคเลือดออกตามไรฟัน นอกจากนี้ยังมีวิตามินซีสูงประมาณ 86 มิลลิกรัมต่อ100กรัม นอกจากนี้ในผลหนามแดงยังมีแอนโทไซยานิน ซึ่งเป็นรงควัตถุสารให้สีในช่วงสีแดงถึงสีน้ำเงิน ทำให้นำมาเป็นส่วนผสมในอาหารอื่นๆได้เนื่องจากจะให้สีในผลิตภัณฑ์ต่างๆได้ดี โดยทำการศึกษาการใช้น้ำหนามแดงที่มีความเข้มข้น 3 ระดับ คือ ร้อยละ 50, 60 และ 70 ในการทำผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่ จากนั้นนำไปตรวจสอบคุณภาพทางกายภาพ เคมี ทดสอบทางประสาทสัมผัสและวิเคราะห์ผลทางสถิติ พบว่าเมื่อความเข้มข้นของน้ำหนามแดงเพิ่มขึ้นจะมีผลทำให้ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ต่ำลงเปอร์เซ็นความเป็นกรดเพิ่มขึ้น ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้เพิ่มขึ้น ปริมาณน้ำอิสระ (water activity) และปริมาณความชื้นต่ำลง ส่วนสีของผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่หนามแดงเมื่อระดับความเข้มข้นเพิ่มขึ้นจะมีผลทำให้ผลิตภัณฑ์มีสีเข้มมากขึ้นโดยสูตรที่ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคสูงที่สุดคือ สูตรที่ใช้ระดับความเข้มข้นของน้ำหนามแดงร้อยละ 60 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร ซึ่งเป็นสูตรที่ได้คะแนนการยอมรับของผู้บริโภคสูงที่สุดในทุกด้าน ได้แก่ ความชอบด้านสี , ความยืดหยุ่น, ความแข็ง, ความยากง่ายในการเคี้ยว, ความหวาน, ความเปรี้ยว และความชอบโดยรวม โดยได้คะแนนเฉลี่ย 7.75, 7.65, 7.40, 7.75, 7.52 และ 8.25 ตามลำดับ และมีผลการตรวจสอบทางกายภาพและทางเคมี ดังนี้คือ ค่าความเป็นกรดด่าง (pH) เท่ากับ 0.16 ปริมาณความชื้น เท่ากับ ร้อยละ 33.12 ปริมาณน้ำอิสระ (water activity) เท่ากับ 0.87 และค่าสี L*a*b* เท่ากับ 18.35, 22.90 และ -0.42 ตามลำดับ

2.47.3 ขนมเจลาตินชนิดปราศจากน้ำตาล

กนกวรรณ และ จักรพงษ์ (2549) ได้ทำการศึกษาขนมเจลาตินที่ปราศจากน้ำตาล เนื่องจากมีแนวความคิดที่จะพัฒนาสูตรตำรับขนมเจลาตินชนิดปราศจากน้ำตาลขึ้นโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อนำเอาสารในความหวานแทนน้ำตาลที่ปลอดภัยและนิยมใช้ในอาหารมาประยุกต์ใช้เป็นส่วนผสมในขนมเจลาติน เพื่อเป็นทางเลือกให้แก่ผู้บริโภคที่หลีกเลี่ยงการบริโภคน้ำตาลมากเกินไป พบว่าผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาขึ้นประกอบด้วยเจลาตินในปริมาณ 27 ร้อยละโดยน้ำหนัก และใช้เวลาในการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แข็งตัวประมาณ 48 ชั่วโมงที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส จากการพัฒนาสูตรตำรับพบว่าได้สูตรผลิตภัณฑ์ขนมเจลาตินทั้งหมด 4 สูตร ซึ่งประกอบด้วยสารให้ความหวาน ดังนี้ สูตรที่ 1 มอลติตอล ปริมาณ 31.5 ร้อยละโดยน้ำหนักต่อปริมาตรและแอสปาเตมปริมาณ 0.4 ร้อยละโดยน้ำหนักต่อปริมาตร, สูตรที่ 2 ซอร์บิทอลไซรัปร้อยละ 70 ปริมาณ 33 ร้อยละโดยน้ำหนักต่อปริมาตรและแอสปาเตมปริมาณ 0.45 ร้อยละโดยน้ำหนักต่อปริมาตร, สูตรที่ 3 แอสปาเตมปริมาณ 0.15 ร้อยละโดยน้ำหนักต่อปริมาตรและอะซีซัลเฟม เค ปริมาณ 0.15 ร้อยละโดยน้ำหนักต่อปริมาตรและซอร์บิทอลไซรัปร้อยละ 70 ปริมาณ 32 ร้อยละโดยน้ำหนักต่อปริมาตร และสูตรที่ 4 แอสปาเตมปริมาณ 0.15 ร้อยละโดยน้ำหนักต่อปริมาตรและอะซีซัลเฟม เค ปริมาณ 0.15 ร้อยละโดยน้ำหนักต่อปริมาตรและมอลติตอลปริมาณ 35 ร้อยละโดยน้ำหนักต่อปริมาตร และมีการใช้สารแต่งรส, กลิ่นและสีที่แตกต่างกันในแต่ละสูตรจากการประเมินผลิตภัณฑ์ขนมเจลาตินทั้ง 4 สูตรทางประสาทสัมผัสโดยใช้วิธี 9-point Hedonic Scale ในผู้ประเมินทั้งหมด 50 คน เมื่อทำหชการวิเคราะห์ทางสถิติโดยวิธี Analysis of Variance พบว่า สูตรที่ 3 ได้รับคะแนนความชอบเฉลี่ยสูงที่สุด 7.17 (“ชอบปานกลาง” ถึง “ชอบมาก”) แตกต่างจากสูตรอื่นอย่างมีนัยสำคัญ (P น้อยกว่า 0.05) และมีต้นทุนการผลิตที่ไม่สูงมากนัก รองลงมาคือสูตรที่ 1 ได้รับคะแนนความชอบเฉลี่ย 6.46 (“ชอบเล็กน้อย” ถึง “ชอบปานกลาง”) ซึ่งไม่แตกต่างจากสูตรที่ 2 ที่ได้รับคะแนนความชอบเฉลี่ย 6.28 (“ชอบเล็กน้อย” ถึง “ชอบปานกลาง”) ทั้งนี้โดยที่สูตรที่ 2 ไม่แตกต่างจากสูตรที่ 4 ซึ่งได้รับคะแนนความชอบเฉลี่ย 5.94 (“เฉยๆ” ถึง “ชอบเล็กน้อย”)

2.47.4 การเตรียมและประเมินผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่ที่มีส่วนผสมของกลูโคแมนแนน

ณัชชากร และคณะ (2560) ได้ทำการศึกษาเพื่อเตรียมผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่ที่มีส่วนผสมของกลูโคแมนแนนชนิดปราศจากน้ำตาล โดยในการวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ที่จะนำกลูโคแมนแนนมาใช้เป็นสารก่อเจลในผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่ปราศจากน้ำตาล ซึ่งส่วนประกอบพื้นฐานสำคัญในการเตรียมกัมมี่เยลลี่ คือ สารก่อเจลให้ความยืดหยุ่น, สารให้ความหวาน, กรด, สารกันบูด, สารปรุงแต่งกลิ่นรสและน้ำ จากการศึกษาพบว่าการใช้กลูโคแมนแนนเพียงชนิดเดียวไม่สามารถขึ้นรูปเป็นกัมมี่เยลลี่ได้จำเป็นต้องใช้เจลาตินเป็นสารก่อเจลร่วม สัดส่วนที่สามารถใช้กลูโคแมนแนนในปริมาณสูงสุดคืออัตราส่วนกลูโคแมนแนนต่อเจลาติน 1.5:8.5 โดยที่ระดับสารก่อเจลดังกล่าวร้อยละ 14 โดยน้ำหนักจะให้กัมมี่เยลลี่ที่มีค่าเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ได้แก่ ความแข็ง, แรงยึดเหนี่ยว, ความเหนียว, ความยืดหยุ่น และความทนต่อการเคี้ยว ใกล้เคียงกับผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่ที่เตรียมจากเจลาติน การศึกษาคุณค่าทางโภชนาการ พบว่า ผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลล์ที่มีส่วนผสมของกลูโคแมนแนนที่เตรียม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขึ้นมีโปรตีน ร้อยละ 19.23 คาร์โบไฮเดรต ร้อยละ 39.31 ไขมัน ร้อยละ0.03 และให้พลังงานรวมต่อกรัมวัตถุแห้งเท่ากับ 3.942 กิโล แคลอรี่ต่อตัวอย่าง 1 กรัม ผลการศึกษาที่ได้ในครั้งนี้สามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาสูตรตำรับกัมมี่เยลลี่ทางเลือกต่อไป

2.47.5 การพัฒนาผลิตภัณฑ์กัมมี่สมุนไพรที่มีฤทธิ์สารต้านอนุมูลอิสระ

น้ำทิพย์ และ ปวีนา (มปป) ได้ทำการศึกษาการพัฒนาผลิตภัณฑ์กัมมี่สมุนไพรที่มีฤทธิ์สารต้านอนุมูลอิสระ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์กัมมี่สมุนไพรที่มีฤทธิ์สารต้านอนุมูลอิสระ โดยศึกษาน้ำสมุนไพรรวม 7 ชนิด ได้แก่ น้ำตะไคร้ผสมน้ำอัญชัน, น้ำคำฝอยผสมน้ำสับปะรด, น้ำใบบัวบกผสมน้ำขิง, น้ำมะละกอผสมอบเชย, น้ำกระท้อนผสมน้ำฝาง, น้ำมะนาวผสมน้ำดอกอัญชัน และน้ำกระเจี๊ยบแดงพบว่าผู้บริโภคให้การยอมรับผลิตภัณฑ์กกัมมี่น้ำสมุนไพร เนื่องจากการใช้น้ำสมุนไพรจะให้ลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์ที่มีสีสันน่าดูรับประทาน รวมทั้งในแง่ของคุณประโยชน์ทางอาหารด้วย อย่างไรก็ตามการผลิตผลิตภัณฑ์กัมมี่สมุนไพรจะมีปัจจัยต่างๆที่มีผลต่อคุณภาพทางกายภาพ และคุณค่าทาง โภชนาการ กล่าวคือ ผลิตภัณฑ์กัมมี่ที่ผลิตจากน้ำสมุนไพรที่มีสีจะให้ลักษณะปรากฏต่อสายตาที่มีสีแตกต่างกันไปตามสีของพืชสมุนไพรนอกจากนี้ผลิตภัณฑ์กัมมี่ที่ผลิตจากพืชสมุนไพรที่มีองค์ประกอบความเป็นกรดจะมีผลต่อความหนืดและความแข็งแรงของเจลในผลิตภัณฑ์กัมมี่ที่ใช้เจลาตินเป็นสารก่อเจล โดยน้ำสมุนไพรที่มีฤทธิ์ความเป็นกรดสูง (ผลิตภัณฑ์กัมมี่ที่ผลิตจากน้ำกระเจี๊ยบหรือน้ำมะนาว) จะทำให้ได้ผลิตภัณฑ์กัมมี่ที่มีความหนืด และความแข็งแรงของเจลต่ำ เพราะความเป็นกรดมีผลต่อการควบคุมสภาพความเป็นกรดด่างในตัวผลิตภัณฑ์ โดยความเป็นกรดด่างมีผลในการป้องการเกิดอินเวอร์ชั่นของน้ำตาลและป้องกันการเกิดไฮโดรไลซิสของเจลาติน ซึ่งจะมีผลให้ความแข็งแรงของเจลาตินลดลง สำหรับการผลิตผลิตภัณฑ์กัมมี่สมุนไพรที่ผู้บริโภคให้การยอมรับสูงสุดผลิตได้จากการใช้น้ำมะนาวผสมน้ำดอกอัญชัน ซึ่งมีความชื้น ร้อยละ 68.82 โปรตีน ร้อยละ 2.12 ไขมัน ร้อยละ 0.11 เถ้า ร้อยละ 0.22 ใยอาหาร ร้อยละ 0.42 คาร์โบไฮเดรต ร้อยละ 28.31 น้ำตาล ร้อยละ 19.76 โซเดียม 201 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม และมีสารต้านอนุมูลอิสระ 219.42 มิลลิกรัมต่อสมมูลย์ Trolox equivalent ต่อ 100 กรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

วิธีดำเนินงานวิจัย

3.1 อุปกรณ์ เครื่องมือ และสารเคมี

3.1.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์

1. หม้อสแตนเลส
2. ทัพพี
3. ถ้วยตวง
4. ช้อนตวง
5. กระบอกตวง
6. กระดาษชั่งสาร (Weighing Papers)
7. ผ้าขาวบาง
8. ถ้วยสแตนเลส
9. เทอร์โมมิเตอร์ (Thermometer)
10. เตาแก๊ส
11. แม่พิมพ์ซิลิโคน ขนาด 1×1×0.9 เซนติเมตร

3.1.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์

1. เครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง บริษัท Sartorius รุ่น TE214S
2. เครื่องวัดเนื้อสัมผัสในอาหาร รุ่น TA Plus Taxture Analyser
3. เครื่องวัดปริมาณน้ำอิสระ ยี่ห้อ AquaLab รุ่น Series 3 TE
4. พีเอชมิเตอร์ บริษัท Clean รุ่น PH200 & PH500
5. Hand refractometer (62.0 - 98.0°Brix) ยี่ห้อ Atago รุ่น N-1α
6. เครื่องวัดสี MiniScan EZ ยี่ห้อ HunterLab รุ่น MSEZ2188

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.3 สารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์

1. Sodium hydroxide (NaOH)
2. Phenolphthalein

3.2 วัตถุดิบ (Raw Material) และสารเคมี

1. กระเจี๊ยบแดงแห้ง (ตรา ท็อปส์ , บริษัท เซ็นทรัล ฟู้ด รีเทล จำกัด)
2. น้ำตาลทรายขาวบริสุทธิ์ (ตรา มิตรผล, บริษัท น้ำตาลมิตรผล จำกัด)
3. เจลาติน 250 บลูม (บริษัท เคมีภัณฑ์ คอร์ปเปอเรชั่น จำกัด)
4. เวย์โปรตีน ไอโซเลท (บริษัท กรุงเทพเคมี จำกัด)
5. คาร์ราจีแนน (บริษัท กรุงเทพเคมี จำกัด)
6. กลูโคสไซรัป 42 DE (บริษัท กรุงเทพเคมี จำกัด)
7. ซอร์บิทอล ไซรัป ร้อยละ 70 (บริษัท กรุงเทพเคมี จำกัด)
8. สารสกัดสตีวิโอไซด์ (Rebaudioside A ความบริสุทธิ์ ร้อยละ 70)
9. กรดซิตริก (บริษัท กรุงเทพเคมี จำกัด)
10. น้ำเปล่า

3.3 วิธีการทดลอง

ตอนที่ 1 การศึกษาอัตราส่วนระหว่างเจลาตินต่อเวย์โปรตีนที่ผสมคาร์ราจีแนนในผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่น

ในการศึกษาเพื่อพัฒนาสูตรที่เหมาะสมสำหรับผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่น ได้ดัดแปลงสูตรในการศึกษามาจากสูตรพื้นฐานของผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่ของ Gracia (2000) โดยได้ทำการศึกษาอัตราส่วนระหว่างเจลาตินต่อเวย์โปรตีนที่ผสมคาร์ราจีแนนในผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่น จำนวน 5 สูตร ได้แก่ สูตร 1 2 3 4 และ 5 โดยอัตราส่วนระหว่างเจลาตินกับเวย์โปรตีนที่ผสมคาร์ราจีแนนที่เท่ากับ 100 : 0, 70 : 30, 60 : 40, 50 : 50 และ 40 : 60 ตามลำดับ ดังตารางที่ 3.1 จากนั้นนำสูตรที่ได้มาผลิตผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่นทั้ง 5 สูตร ดังภาคผนวก ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.1 อัตราส่วนระหว่างเจลาตินต่อเวย์โปรตีนและคาร์ราจีแนนที่ใช้ในการผลิตกัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่น ทั้ง 5 สูตร

สูตรที่	อัตราส่วน เจลาติน : เวย์โปรตีนผสมคาร์ราจีแนน	กลูโคแมนแนน (ร้อยละโดยน้ำหนัก)	น้ำกระเจี๊ยบแดง (ร้อยละโดยน้ำหนัก)	อัตราส่วน น้ำตาลทราย : กลูโคสไซรัป	กรดซิตริก (ร้อยละโดยน้ำหนัก)	สารอื่นๆ (ร้อยละโดยน้ำหนัก
1	100 : 0	1.4	32.76	1	3	1.5
2	70 : 30	1.4	32.76	1	3	1.5
3	60 : 40	1.4	32.76	1	3	1.5
4	50 : 50	1.4	32.76	1	3	1.5
5	40 : 60	1.4	32.76	1	3	1.5

ที่มา : ดัดแปลงจาก Gracia (2000)

หมายเหตุ : กำหนดให้สูตรที่ 1 เป็นชุดควบคุม โดยในชุดควบคุมจะใช้น้ำเปล่าแทนน้ำกระเจี๊ยบแดง ส่วนผสมระหว่างเวย์โปรตีนและคาร์ราจีแนน ร้อยละ 0.1 โดยน้ำหนัก ผสมกันในอัตราส่วน 1 : 2 ปริมาณของเจลาตินต่อเวย์โปรตีนและคาร์ราจีแนนในแต่ละสูตรเท่ากับ ร้อยละ 12.6 โดยน้ำหนัก อัตราส่วนระหว่างน้ำตาลทรายต่อกลูโคสไซรัป เท่ากับ ร้อยละ 50 โดยน้ำหนัก สารสังเคราะห์ที่ใช้ได้แก่ สารแต่งกลิ่นรสองุ่น

จากนั้นนำผลิตภัณฑ์ทั้ง 5 สูตรที่ได้ มาทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมี,ทดสอบทางประสาทสัมผัส, คำนวณต้นทุนในการผลิต, ตามวิธีในข้อ 3.3.1, 3.3.2 และ 3.3.3 เพื่อคัดเลือกสูตรมาตรฐาน

3.3.1 การวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่น

3.3.1.1 คุณสมบัติทางกายภาพ (ดังภาคผนวก ค)

1) การวิเคราะห์ค่าสีของผลิตภัณฑ์ ใช้เครื่อง MiniScan EZ ยี่ห้อ Hunter Lab รุ่น MS EZ 2188

2) การวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ ใช้เครื่อง Texture analyzer รุ่น TA Plus ใช้หัววัดแบบ Cylinder probe (P/10)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) การวิเคราะห์ปริมาณน้ำอิสระของผลิตภัณฑ์ ใช้เครื่องวัดปริมาณน้ำอิสระ (Water activity meter) ยี่ห้อ Aqua Lab รุ่น Series 3 TE

3.3.2.2 คุณสมบัติทางเคมี (ดังภาคผนวก ง)

1) การวิเคราะห์ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ใช้เครื่อง Hand refractometer (62 - 98°Brix) ยี่ห้อ Atago รุ่น N-1α

2) การวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่าง ใช้เครื่องพีเอชมิเตอร์ บริษัท Clean รุ่น PH200 & PH500

3) การวิเคราะห์ปริมาณกรดทั้งหมด (ดัดแปลงมาจาก AOAC, 2000)

3.3.2 การทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่น

ทำการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่นทั้ง 5 สูตร โดยใช้ระบบ 5 Point Hedonic Scaling ที่กำหนดคะแนนความชอบที่ระดับ 1-5 ให้คะแนน 5 หมายถึงชอบมากที่สุดและคะแนน 1 หมายถึงไม่ชอบมากที่สุด โดยกำหนดคะแนนเฉลี่ยความชอบดังต่อไปนี้ 0.50-1.59 หมายถึง ชอบน้อยที่สุด 1.60-2.59 หมายถึง ชอบน้อย 2.60-3.59 หมายถึง ชอบปานกลาง 3.60-4.59 หมายถึง ชอบมาก 4.60-5.00 หมายถึง ชอบมากที่สุด ในด้านลักษณะที่ปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ ความแข็ง และความชอบโดยรวม ซึ่งผู้ประเมินคะแนนเป็นนักศึกษาคณะวิทยาศาสตร์สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 30 คน แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส และออกแบบแบบสอบถามโดย Google forms ดังแสดงในภาคผนวก ฉ

วางแผนการศึกษาใช้แผนการทดลองแบบ CRD นำค่าเฉลี่ยที่ได้มาวิเคราะห์ข้อมูลสถิติโดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลแบบทางเดียว (One-way Aanlysis of Variance, ANOVA) และวิเคราะห์ความแตกต่างค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ด้วยโปรแกรมวิเคราะห์ทางสถิติ IBM SPSS เพื่อคัดเลือกสูตรที่เหมาะสมและได้รับการยอมมากที่สุดใช้ในการทดลองขั้นต่อไป (ดัดแปลงจาก มัลลิกา, 2537)

3.3.3 การคำนวณต้นทุนในการผลิตผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่น

ทำการประเมินต้นทุนวัตถุดิบสำหรับการผลิตผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่นโดยไม่รวมค่าบรรจุภัณฑ์และค่าการตลาด คิดจากราคาต่อกิโลกรัมนำมาเทียบกับปริมาณที่ใช้ในแต่ละสูตร (ร้อยละโดยน้ำหนัก) เพื่อคัดเลือกสูตรที่มีต้นทุนในราคาที่ต่ำกว่านำไปใช้ในการทดลองขั้นต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตอนที่ 2 การศึกษาการเติมปริมาณของซอร์บิทอลและสารสตีวิโอไซด์ในผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่น

ทำการศึกษาการเติมปริมาณของซอร์บิทอลและสารสตีวิโอไซด์ในผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่นเพื่อทดแทนน้ำตาล นำสูตรกัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่นที่ได้รับการยอมรับมากที่สุดจากตอนที่ 1 แล้วนำมาเติมซอร์บิทอลและสารสตีวิโอไซด์ (ให้ได้ความหวานร้อยละ 50 ของน้ำตาล) ดังตารางที่ 3.4

ตารางที่ 3.2 ปริมาณของซอร์บิทอลและสารสตีวิโอไซด์ในผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่น ทั้ง 4 สูตร

สูตรที่	ซอร์บิทอล (ร้อยละโดยน้ำหนัก)	สตีวิโอไซด์ (ร้อยละโดยน้ำหนัก)	อัตราส่วนเจลาติน : เวย์โปรตีนผสมคาร์ราจีแนน	กลูโคแมนแนน (ร้อยละโดยน้ำหนัก)	น้ำ (ร้อยละโดยน้ำหนัก)	กรดซิตริก ร้อยละ50 (ร้อยละโดยน้ำหนัก)	สารอื่นๆ (ร้อยละโดยน้ำหนัก)
1	25.00	25.00	x	1.4	31.50	3	1.5
2	41.67	0.03	x	1.4	39.80	3	1.5
3	41.67	0.04	x	1.4	39.79	3	1.5
4	41.67	0.05	x	1.4	39.78	3	1.5

ที่มา : ดัดแปลงจาก สูตรพื้นฐานของ กนกวรรณ (2549)

หมายเหตุ : กำหนดให้สูตรกัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่นที่ได้รับการยอมรับมากที่สุดจากตอนที่ 1 เป็นชุดควบคุม โดยใช้น้ำตาลและกลูโคสไซรัป ตามลำดับ

ปริมาณของเจลาตินต่อเวย์โปรตีนและคาร์ราจีแนนในแต่ละสูตรเท่ากับ ร้อยละ 12.6 โดยน้ำหนัก

สารสังเคราะห์ที่ใช้ได้แก่ สารแต่งกลิ่นรสองุ่น

จากนั้นนำผลิตภัณฑ์ทั้ง 4 สูตรที่ได้ มาทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมี,ทดสอบทางประสาทสัมผัส, คำนวณต้นทุนในการผลิต, ตามวิธีในข้อ 3.3.1, 3.3.2 และ 3.3.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตอนที่ 3 การศึกษาคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์

เตรียมผลิตภัณฑ์ที่ได้รับการยอมมากที่สุดจากตอนที่ 2 ทำการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของกัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่น จะศึกษาดังต่อไปนี้ (AOAC, 2000) ดังภาคผนวก จ และคำนวณปริมาณพลังงานที่ได้รับจากผลิตภัณฑ์ ได้แก่ วิเคราะห์ปริมาณโปรตีน, วิเคราะห์ปริมาณไขมัน, วิเคราะห์ปริมาณความชื้น, วิเคราะห์ปริมาณใยอาหาร, วิเคราะห์ปริมาณเถ้า และวิเคราะห์ปริมาณคาร์โบไฮเดรต

ตอนที่ 4 การออกแบบตัวอย่างฉลากและกราฟิกบนบรรจุภัณฑ์สำหรับผลิตภัณฑ์

การออกแบบตัวอย่างฉลากโภชนาและกราฟิกบนบรรจุภัณฑ์ เพื่อเป็นรูปลักษณ์ตัวแทนของกระบวนการส่งเสริมการขายด้านการตลาด โดยการออกแบบตัวอย่างฉลากโภชนาบนบรรจุภัณฑ์จะใช้ระบบเครื่องมือช่วยทำฉลาก GDA จากเว็บไซต์ http://food.fda.moph.go.th สามารถทำออกมาได้ 2 รูปแบบคือ ฉลากโภชนาแบบย่อ และฉลาก GDA โดยแสดงส่วนประกอบบนฉลากอาหารตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 100 (พ.ศ. 2529) และทำการออกแบบกราฟิกบนบรรจุภัณฑ์ 3 แบบ ใช้โปรแกรม Procreate และ SketchBook โดยปฏิบัติตามข้อกำหนดของสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา เพื่อคัดเลือกแบบกราฟิกบนบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสม โดยใช้ระบบ 5 Point Hedonic Scaling ที่กำหนดคะแนนความชอบที่ระดับ 1-5 ให้คะแนน 5 หมายถึงชอบมากที่สุดและคะแนน 1 หมายถึงไม่ชอบมากที่สุด ในประเด็นเรื่องภาพประกอบที่ใช้ (Illustration) สี (Color) และตัวอักษร (Font) สามารถสื่อถึงเอกลักษณ์ผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่น โดยทำการประเมินความชอบโดยใช้ผู้ทดสอบกลุ่มเป้าหมายที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 100 คน เป็นผู้ประเมินแบบกราฟิกบนบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสม นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวน ทางสถิติด้วยโปรแกรม IBM SPSS วางแผนการศึกษาใช้แผนการทดลองแบบเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตอนที่ 5 การศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์

นำผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่นที่ผ่านการพัฒนาแล้วมาทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค โดยใช้ผู้ทดสอบกลุ่มเป้าหมาย ที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 100 คน โดยมีแบบทดสอบจำนวน 3 ตอน ได้แก่ ชุดคำถามเกี่ยวกับข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม ชุดคำถามเกี่ยวกับความคิดเห็นต่อผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่และชุดการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยใช้ระบบ 5 Point Hedonic Scaling ที่กำหนดคะแนนความชอบที่ระดับ 1-5 ให้คะแนน 5 หมายถึง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชอบมากที่สุดและคะแนน 1 หมายถึงไม่ชอบมากที่สุด ในด้านลักษณะที่ปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ ความแข็ง และความชอบโดยรวม จากนั้นสร้างแบบสอบถามจาก Google form ดังแสดงในภาคผนวก ฉ และนำผลที่ได้มาวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล (Aanlysis of Variance, ANOVA) โดยเปรียบเทียบความแตกต่างของความชอบผลิตภัณฑ์จำแนกตามข้อมูลด้านประชากรสาสตร์ขอผู้ทดสอบ ได้แก่ เพศ, อายุ และรายได้ ทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลทางด้านประชากรศาสตร์ของผู้ทดสอบกับการยอมรับผลิตภัณฑ์และการตัดสินใจซื้อของผู้บริโภคใช้การทดสอบแบบไคสแควร์ (Chi-Square Test) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปสำหรับการวิเคราะห์สถิติด้วยโปรแกรม IBM SPSS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ตอนที่ 1 ผลการศึกษาอัตราส่วนระหว่างเจลาตินต่อเวย์โปรตีนที่ผสมคาร์ราจีแนนในผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่น

4.3.1 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่น

จากการศึกษาอัตราส่วนระหว่างเจลาตินต่อเวย์โปรตีนที่ผสมคาร์ราจีแนนในกัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่น โดยใช้อัตราส่วนระหว่างเจลาตินต่อเวย์โปรตีนที่ผสมคาร์ราจีแนนที่แตกต่างกันทั้งหมด 5 สูตร (100 : 0, 70 : 30, 60 : 40, 50 : 50 และ 40 : 60 ตามลำดับ) และนำมาตรวจสอบคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีโดยเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่ตามท้องตลาด 1 ตัวอย่างแสดงดังตารางต่อไปนี้

4.3.1.1 คุณสมบัติทางกายภาพ

ตารางที่ 4.1 ผลการประเมินลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ทั้ง 6 สูตร

สูตรที่	ค่าความแข็ง (Hardness)	ค่าความยืดเกาะ (Cohesiveness)	ค่าความยืดหยุ่น (Springiness)	ค่าความเคี้ยวได้ (Chewiness)	ค่าความเหนียวหนืบ (Gumminess)
1	$3.28^{e} \pm 0.51$	$0.69^{a} \pm 0.03$	$3.64^{a} \pm 0.03$	$0.83^{d} \pm 0.13$	$2.28^{d} \pm 0.35$
2	$9.35^{a} \pm 1.02$	$0.55^{b} \pm 0.03$	$3.00^{b} \pm 0.00$	$1.57^{a} \pm 0.18$	$5.22^{a} \pm 0.60$
3	$8.04^{b} \pm 1.39$	$0.47^{c} \pm 0.04$	$2.97^{c} \pm 0.02$	$1.13^{b} \pm 0.16$	$3.81^{b} \pm 0.38$
4	$7.42^{b} \pm 1.17$	$0.44^{d} \pm 0.03$	$2.95^{c} \pm 0.01$	$0.97^{c} \pm 0.11$	$3.30^{c} \pm 0.27$
5	$5.29^{c} \pm 0.59$	$0.42^{de} \pm 0.03$	$2.93^{d} \pm 0.01$	$0.65^{e} \pm 0.07$	$2.22^{d} \pm 0.12$
6	$3.98^{d} \pm 0.40$	$0.39^{e} \pm 0.04$	$2.88^{e} \pm 0.01$	$0.45^{f} \pm 0.03$	$1.57^{e} \pm 1.29$

หมายเหตุ : กำหนดให้สูตรที่ 1 คือ ผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่ตามท้องตลาด ตราโยโย่ รสองุ่นและสูตรที่ 2, 3, 4, 5 และ 6 คือ ผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่นสูตรที่ 1, 2, 3, 4 และ 5 ตามลำดับตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันในแต่ละสดมภ์แสดงความแตกต่างของข้อมูลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าความแข็ง (Hardness)

จากตารางที่ 4.1 ผลการวิเคราะห์ค่าความแข็ง (Hardness) ของผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่น พบว่าสูตรที่มีค่ามากที่สุดคือสูตรที่ 2 มีค่าเท่ากับ 9.35 รองลงมาคือสูตรที่ 3 มีค่าเท่ากับ 8.04 และต่ำที่สุด คือ สูตรที่ 1 มีค่าเท่ากับ 3.28 ซึ่งสูตรที่ 1, 2, 3, 4, 5 และ 6 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$) แต่เมื่อนำสูตรที่ 3 เปรียบเทียบกับสูตรที่ 4 จะพบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p > 0.05$) โดยค่าความแข็ง (Hardness) คือแรงที่ใช้ในการทำให้ตัวอย่างเกิดการเสียรูป ถ้าผลิตภัณฑ์มีค่าความแข็งมากจะแสดงว่าผลิตภัณฑ์มีความแข็งแรงของเจลมากจึงต้องใช้แรงในการทำให้ตัวอย่างเกิดการเสียรูปมากด้วย จะเห็นได้ว่าปริมาณเจลาตินนั้นมีอิทธิพลต่อค่าความแข็ง โดยปริมาณเจลาตินที่ลดลงในแต่ละสูตรนั้น จะส่งผลให้ผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่นมีค่าความแข็งลดลง โดยในผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่นสูตรที่ 2 จะมีค่าความแข็งสูงที่สุด ทั้งนี้เนื่องจากในสูตรที่ 2 มีการใช้สารที่ทำให้เกิดเจลเพียง 2 ชนิดเท่านั้นซึ่งก็คือ เจลาตินและกลูโคแมนแนน โดยเจลาตินจะมีผลต่อความแข็งแรงของเจล ความแข็งแรงของเจลจะเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณเจลาตินเพิ่มมากขึ้น (Pye, 1997)

ค่าความยึดเกาะ (Cohesiveness)

จากตารางที่ 4.1 ผลการวิเคราะห์ค่าความยึดเกาะ (Cohesiveness) ของผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่น พบว่าสูตรที่มีค่ามากที่สุดคือสูตรที่ 1 มีค่าเท่ากับ 0.69 รองลงมาคือ สูตรที่ 2 มีค่าเท่ากับ 0.55 และต่ำที่สุด คือ สูตรที่ 6 มีค่าเท่ากับ 0.39 ซึ่งสูตรที่ 1, 2, 3, 4, 5 และ 6 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$) โดยเมื่อนำสูตรที่ 6 เปรียบเทียบกับสูตรที่ 5 พบว่าสูตรที่ 6 แตกต่างกับสูตรที่ 5 อย่างไม่มีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p < 0.05$) ซึ่งค่าความยึดเกาะ(Cohesiveness) คืออัตราส่วนของพื้นที่ใต้กราฟที่มีค่าแรงเป็นบวกระหว่างการกดครั้งที่สองกับการกดครั้งแรก (Szczesniak, 1963) จะเห็นได้ว่าเมื่อปริมาณเจลาตินลดลง ค่าความยึดเกาะก็จะมีแนวโน้มลดลง

ค่าความยืดหยุ่น (Springiness)

จากตารางที่ 4.1 ผลการวิเคราะห์ค่าความยืดหยุ่น (Springiness) ของผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่น พบว่าสูตรที่มีค่ามากที่สุดคือสูตรที่ 1 มีค่าเท่ากับ 3.64 รองลงมาคือ สูตรที่ 2 มีค่าเท่ากับ 3.00 และต่ำที่สุด คือ สูตรที่ 6 มีค่าเท่ากับ 2.88 ซึ่งสูตรที่ 1, 2,

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3, 4, 5 และ 6 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$) แต่เมื่อนำสูตรที่ 3 เปรียบเทียบกับสูตรที่ 4 จะพบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p > 0.05$) โดยค่าความยืดหยุ่น ซึ่งเป็นคุณสมบัติอย่างหนึ่งของเจลาติน (Best, 1990) โดยเป็นค่าที่บอกถึงความหยืดหยุ่นของผลิตภัณฑ์หรือความสามารถในการคืนตัวกลับมาเหมือนเดิมของผลิตภัณฑ์เมื่อมีการถอนแรงออกไป (Szezesniak and Kramer, 1973) พบว่าเมื่อปริมาณเจลาตินเพิ่มขึ้นค่าความยืดหยุ่นก็จะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของศิมาภรณ์ (2546) พัฒนาผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่รสมะนาววิตามินซีสูง โดยทดลองเพิ่มปริมาณเจลาตินในปริมาณที่แตกต่างกันทั้งหมด 5 สูตร พบว่าเมื่อปริมาณเจลาตินเพิ่มขึ้นค่าความยืดหยุ่นก็จะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเช่นกัน

ค่าความเคี้ยวได้ (Chewiness)

จากตารางที่ 4.1 ผลการวิเคราะห์ค่าความเคี้ยวได้ (Chewiness) ของผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่น พบว่าสูตรที่มีค่ามากที่สุดคือสูตรที่ 2 มีค่าเท่ากับ 1.57 รองลงมาคือ สูตรที่ 3 มีค่าเท่ากับ 1.13 และต่ำที่สุด คือ สูตรที่ 6 มีค่าเท่ากับ 0.45 ซึ่งสูตรที่ 1, 2, 3, 4, 5 และ 6 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$) โดยค่าความเคี้ยวได้ เป็นค่าที่บอกถึงพลังงานทั้งหมดที่ใช้ในการเคี้ยวหรือบดตัวอย่างจนกระทั่งเสียรูป แสดงถึงความยากในการเคี้ยว โดยเมื่อปริมาณเจลาตินเพิ่มขึ้นค่าความเคี้ยวได้ก็จะมีค่าเพิ่มขึ้น (Poppe, 1997) ทำให้ต้องใช้พลังงานในการเคี้ยวมากขึ้น

ค่าความเหนียวหนืบ (Gumminess)

จากตารางที่ 4.1 ผลการวิเคราะห์ค่าความเหนียวหนืบของผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่น พบว่าสูตรที่มีค่ามากที่สุดคือสูตรที่ 2 มีค่าเท่ากับ 5.22 รองลงมาคือ สูตรที่ 3 มีค่าเท่ากับ 3.81 และต่ำ ที่สุด คือ สูตรที่ 6 มีค่าเท่ากับ 1.57 เมื่อนำสูตรที่ 1 เปรียบเทียบกับสูตรที่ 2, 3, 4 และ 6 พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$) แต่สูตรที่ 1 ไม่แตกต่างกับสูตรที่ 5 อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p > 0.05$) โดยค่าความเหนียวหนืบ คือพลังงานที่ใช้ในการแยกตัวอย่างที่เป็นกึ่งของแข็งจนกระทั่งเสียรูป แสดงถึงความเหนียวของผลิตภัณฑ์ พบว่าเมื่อปริมาณเจลาตินเพิ่มขึ้นค่าความเหนียวหนืบของผลิตภัณฑ์ก็จะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยณัชชากร (2560) ที่ทำการประเมินผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่ที่มีส่วนผสมของกลูโคแมนแนน โดยใช้สารก่อเจลในปริมาณที่แตกต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4 สูตร พบว่าเมื่อปริมาณเจลาตินเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีความแข็งแรงเพิ่มขึ้นจึงต้องใช้พลังงานให้การบดเคี้ยวเพิ่มขึ้น

ตารางที่ 4.2 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ทั้ง 6 สูตร

สูตรที่	L*	a*	b*	ปริมาณน้ำอิสระ
1	44.59^{a} ±0.85	1.33^{e} ±0.06	11.67^{a} ±0.27	0.77^{a} ±0.01
2	39.30^{b} ±0.15	12.60^{d} ±0.03	1.18^{d} ±0.02	0.75^{b} ±0.00
3	29.73^{d} ±0.05	20.59^{c} ±0.03	1.08^{d} ±0.04	0.77^{a} ±0.00
4	30.21^{cd} ±0.13	21.37^{b} ±0.02	1.04^{d} ±0.02	0.77^{a} ±0.01
5	30.11^{cd} ±0.04	21.79^{a} ±0.15	2.09^{c} ±0.02	0.77^{a} ±0.01
6	30.59^{c} ±0.16	21.88^{a} ±0.08	2.67^{b} ±0.28	0.76^{ab} ±0.00

หมายเหตุ : กำหนดให้สูตรที่ 1 คือ ผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่ตามท้องตลาด ตราโยโย่ รสองุ่นและสูตรที่ 2, 3, 4, 5 และ 6 คือ ผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่นสูตรที่ 1, 2, 3, 4 และ 5 ตามลำดับตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันในแต่ละสดมภ์แสดงความแตกต่างของข้อมูลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)

ค่าสี

ผลการวิเคราะห์ค่าสีของผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่นในระบบ CIE L*a*b* แสดงดังตารางที่ 4.2 พบว่าค่าความสว่าง (L*) ของสูตรที่ 1 มีค่ามากที่สุด เท่ากับ 44.59 รองลงมาคือสูตรที่ 2, 6, 5, 4 และ 3 ตามลำดับ โดยสูตรที่ 3 นั้นมีค่าความสว่าง (L*) น้อยที่สุด เท่ากับ 29.73 ซึ่งสูตรที่ 1แตกต่างกับสูตรที่ 2, 3, 4, 5 และ 6 อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$) และเมื่อเปรียบเทียบสูตรที่ 3 และ 6 กับสูตรที่ 4 และ 5 พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p < 0.05$) แต่สูตรที่ 2, 3 และ 6 นั้นมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$) จะพบว่าในสูตรที่มีการเติมอัตราส่วนของเวย์โปรตีนเข้าไป (สูตรที่ 3, 4, 5 และ 6) จะส่งผลให้ค่าความสว่างของผลิตภัณฑ์จะน้อยกว่าในสูตรที่ 1 และ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการวิเคราะห์ค่าความเป็นสีแดง (a*) แสดงดังตารางที่ 4.2 พบว่าสูตรที่มีค่าความเป็นสีแดง (a*) มากที่สุด คือ สูตรที่ 6 และ 5 มีค่าเท่ากับ 21.88 และ 21.79 ตามลำดับ และสูตรที่มีค่าความเป็นสีแดง (a*) น้อยที่สุด คือ สูตรที่ 1 มีค่าเท่ากับ 1.33 ซึ่งสูตรที่ 5 ไม่แตกต่างกับสูตรที่ 6 อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p > 0.05$) แต่สูตรที่ 5 และ 6 แตกต่างกับสูตรที่ 1, 2, 3 และ 4 อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$) และเมื่อเปรียบเทียบสูตรที่ 1, 2, 3 และ 4 พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$) ทั้งนี้เนื่องมาจากคุณสมบัติของน้ำกระเจี๊ยบซึ่งมีรงควัตถุแอนโทไซยานินทำให้มีสีม่วงแดง (มลฤดี, 2543) และตามงานวิจัยของสิรินาถ (2545) ได้ศึกษาสมบัติและความคงตัวของรงควัตถุแอนโทไซยานินจากดอกกระเจี๊ยบแดงในเยลลี่ พบว่าผลิตภัณฑ์เยลลี่ที่ใช้สีที่สกัดจากดอกกระเจี๊ยบแดงจะมีความคงตัวของสีและมีความแข็งแรงของเจลมากกว่าการใช้สีสังเคราะห์ จึงส่งผลให้สูตรที่ 3, 4, 5 และ 6 มีค่าความเป็นสีแดงสูงกว่าสูตรที่ 1 และ 2

ผลการวิเคราะห์ค่าความเป็นสีเหลือง (b*) แสดงดังตารางที่ 4.2 พบว่าสูตรที่มีค่าความเป็นสีเหลือง (b*) มากที่สุด คือ สูตรที่ 1 มีค่าเท่ากับ 11.67 รองลงมาคือสูตรที่ 6 มีค่าเท่ากับ 2.67 ซึ่งสูตรที่ 1 แตกต่างกับสูตรที่ 2, 3, 4, 5 และ 6 อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$) โดยสูตรที่ 2, 3 และ 4 นั้นไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p > 0.05$) โดยจะเห็นได้ว่าสูตรที่มีการเติมอัตราส่วนของเวย์โปรตีนเข้าไป (สูตรที่ 3, 4, 5 และ 6) ในปริมาณที่เพิ่มขึ้นตามลำดับจะส่งผลให้ค่าความเป็นสีเหลือง (b*) ของผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้นเช่นกัน เนื่องจากเวย์โปรตีนมีลักษณะเป็นผงสีครีมอ่อน (ทรงปราชญ์, 2559)

ปริมาณน้ำอิสระ (water activity)

ผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำอิสระ (water activity) ของผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่นแสดงดังตารางที่ 4.2 เมื่อนำสูตรที่ 1 เปรียบเทียบกับสูตรที่ 3 และ 4 พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p > 0.05$) แต่สูตรที่ 1, 3 และ 4 แตกต่างกับสูตรที่ 2 อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$) โดยสูตรที่ 1, 2, 3 และ 4 มีความแตกต่างกับสูตรที่ 5 และ 6 อย่างไม่มีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p < 0.05$) ในสูตรที่ 2 ซึ่งมีปริมาณเจลาตินสูงที่สุดจะมีปริมาณน้ำอิสระต่ำที่สุด มีค่าเท่ากับ 0.75 เนื่องจากในการเกิดเจลของเจลาติน น้ำจะถูกยึดไว้ภายในโครงสร้างร่างแหของโปรตีนและมีการเชื่อมกันระหว่างโมเลกุลของโพลีเปปไทด์ด้วยพันธะที่แตกต่างกัน 2 ชนิด ได้แก่ การเชื่อมระหว่างหมู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เปปไทด์ (peptide group) ด้วยพันธะไฮโดรเจนและการเชื่อมระหว่างหมู่อะมิโน (amino group) และหมู่คาร์บอกซิล (carboxyl group) ด้วยพันธะไดซัลไฟล์ (Glicksman, 1969) ดังนั้นผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่ที่มีปริมาณเจลาตินสูงกว่าจะกักเก็บน้ำไว้ในโครงสร้างมากกว่าผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่ที่มีปริมาณเจลาตินต่ำกว่า (ศิมาภรณ์, 2546) จึงทำให้ในสูตรที่มีปริมาณเจลาตินสูงกว่ามีปริมาณน้ำอิสระน้อยกว่าในสูตรที่มีปริมาณเจลาตินต่ำกว่า นอกจากนี้ยังพบว่าสูตรที่มีการเติมอัตราส่วนของเวย์โปรตีนเข้าไป (สูตรที่ 2, 3, 4, 5 และ 6) ในปริมาณที่เพิ่มขึ้นตามลำดับจะส่งผลให้ปริมาณน้ำอิสระลดลง เนื่องจากเวย์โปรตีนจะสร้างลักษณะโครงสร้างตาข่ายจับกับน้ำเกิดเป็นเจลที่แข็งแรงเพื่อป้องกันการสูญเสียน้ำและความชื้น (Huffman, 1996) แต่ทั้งนี้เนื่องจากปริมาณของเวย์โปรตีนที่เติมเข้าไปในแต่ละสูตรนั้นมีปริมาณใกล้เคียงกันจึงทำให้ปริมาณน้ำอิสระไม่มีความแตกต่างกันมากนัก

4.3.1.2 คุณสมบัติทางเคมี

ตารางที่ 4.3 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของผลิตภัณฑ์ทั้ง 6 สูตร

สูตรที่	ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (องศาบริกซ์)	ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)	ปริมาณกรดทั้งหมด (ร้อยละ)
1	$79.33^{a}\pm0.58$	$3.31^{f}\pm0.01$	$1.32^{a}\pm0.00$
2	$74.77^{b}\pm0.40$	$3.80^{a}\pm0.03$	$1.12^{c}\pm0.01$
3	$73.50^{c}\pm0.50$	$3.63^{b}\pm0.02$	$1.22^{b}\pm0.03$
4	$72.00^{d}\pm1.00$	$3.59^{c}\pm0.01$	$1.27^{ab}\pm0.09$
5	$72.67^{cd}\pm0.29$	$3.53^{d}\pm0.01$	$1.29^{a}\pm0.01$
6	$69.00^{e}\pm1.00$	$3.37^{e}\pm0.01$	$1.32^{a}\pm0.00$

หมายเหตุ : กำหนดให้สูตรที่ 1 คือ ผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่ตามท้องตลาด ตราโยโย่ รสองุ่นและสูตรที่ 2, 3, 4, 5 และ 6 คือ ผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่นสูตรที่ 1, 2, 3, 4 และ 5 ตามลำดับตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันในแต่ละสดมภ์แสดงความแตกต่างของข้อมูลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)

ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (Total soluble solid)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลจากการวิเคราะห์ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (Total soluble solid) ของผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่น ดังแสดงในตารางที่ 4.3 พบว่าสูตรที่มีค่าปริมาณ

ของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดมากที่สุดคือ สูตรที่ 1 มีค่าเท่ากับ 79.33 องศาบริกซ์ รองลงมา คือ สูตรที่ 2 มีค่าเท่ากับ 74.77 องศาบริกซ์ และสูตรที่มีค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดน้อยที่สุดคือ สูตรที่ 6 มีค่าเท่ากับ 69.00 องศาบริกซ์ ซึ่งสูตรที่ 1 แตกต่างกับสูตรที่ 2, 3, 4, 5 และ 6 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$) แต่สูตรที่ 3 และ 4 แตกต่างกับสูตรที่ 5 อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p > 0.05$) จะเห็นว่าเมื่อลดปริมาณเจลาตินลงและแทนที่ด้วยส่วนผสมระหว่างคาร์ราจีแนนและเวย์โปรตีนจะมีผลทำให้ค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดของผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่นลดลง นอกจากนี้ผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่ขณะหยอดลงในแม่พิมพ์จะต้องมีปริมาณของแข็งทั้งหมดประมาณ 72-78 เปอร์เซ็นต์ (Lee and Jackson, 1973)

ความเป็นกรด-ด่าง (pH)

ผลจากการวิเคราะห์ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่น ดังแสดงในตารางที่ 4.3 พบว่า สูตรที่ 1, 2, 3, 4, 5 และ 6 มีค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) เท่ากับ 3.31, 3.80, 3.63, 3.59, 3.53 และ 3.37 ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$) โดยสูตรที่ 2 จะค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) สูงที่สุด (3.80) เนื่องจากสูตรที่ 2 จะใช้น้ำเปล่าในการผลิตผลิตภัณฑ์จึงมีความเป็นด่างสูง แต่ในผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่นสูตรที่ 3, 4, 5 และ 6 มีการใช้น้ำกระเจี๊ยบแทนในส่วนของปริมาณน้ำทั้งหมดซึ่งจะมีผลทำให้มีค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่นลดต่ำลง ทั้งนี้เนื่องจากกระเจี๊ยบเป็นพืชสมุนไพรที่มีรสเปรี้ยวจึงส่งผลให้มีความเป็นกรด-ด่าง (pH) ค่อนข้างต่ำ (จุฑารัตน์, 2553) นอกจากนี้จะพบว่าสูตรที่ 1, 4, 5 และ 6 นั้นจะมีค่าความเป็นกรด-ด่างที่อยู่ในช่วงตา มข้อกำหนดของมาตรฐานอุตสาหกรรมฉบับที่ 263-2521 ที่ระบุว่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของเยลลี่อยู่ระหว่าง 2.8-3.5 โดยความเป็นกรด-ด่างจะมีความสำคัญในการผลิตผลิตภัณฑ์ประเภทลูกกวาด ซึ่งจะมีผลในการป้องกันการเกิดอินเวอร์ชั่นของน้ำตาลและป้องกันการเกิดไฮโดรไลซิสของเจลาตินซึ่งจะมีผลให้ความแข็งแรงของเจลในผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่ลดลง (Woo, 1998)

ปริมาณกรดทั้งหมด (ร้อยละ)

ผลจากการวิเคราะห์ปริมาณกรดทั้งหมด (ร้อยละ) ของผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่น ดังแสดงในตารางที่ 4.3 พบว่า สูตรที่ 1, 2, 3, 4, 5 และ 6 มีปริมาณกรดทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เท่ากับ 1.32, 1.12, 1.22, 1.29, 1.27 และ 1.32 ตามลำดับ ซึ่งสูตรที่ 1 ไม่แตกต่างกับสูตรที่ 4 และ 6 อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p > 0.05$) แต่สูตรที่ 1, 4 และ 6 แตกต่างกับสูตรที่ 2 และ 3 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$) โดยสูตรที่ 1, 3, 4 และ 6 แตกต่างกับสูตรที่ 5 อย่างไม่มีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p < 0.05$) ปริมาณกรดทั้งหมดจะขึ้นอยู่กับปริมาณกรดที่ใช้ โดยกรดนอกจากจะช่วยเรื่องกลิ่นรสแล้ว ยังมีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ด้วย กรดจะมีผลต่อการเกิดเจลและการเกิดอินเวอร์ชั่นของซูโครสในระหว่าง กรรมวิธีการผลิต (ศิวาพร, 2535) และในผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่นที่มีการใช้น้ำกระเจี๊ยบแทนในส่วนของปริมาณน้ำทั้งหมดจะมีผลทำให้ปริมาณกรดทั้งหมดเพิ่มมากขึ้น

4.3.2 ผลการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่น

ผลจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่น ที่มีอัตราส่วนระหว่างเจลาตินต่อเวย์โปรตีนที่ผสมคาร์ราจีแนนที่แตกต่างกันทั้งหมด 5 สูตร (100 : 0, 70 : 30, 60 : 40, 50 : 50 และ 40 : 60 ตามลำดับ) โดยใช้ระบบ 5-Point Hedonic Scale ให้ผู้ทดสอบชิมประเมินคะแนนความชอบในด้านต่างๆ ได้แก่ ลักษณะที่ปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวม ใช้ผู้ทดสอบชิมทั้งหมด 30 คน แสดงดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 4.4 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ทั้ง 5 สูตร

สูตรที่	คะแนน					
	ลักษณะที่ปรากฏ	สี	กลิ่น	รสชาติ	ความแข็ง	ความชอบโดยรวม
1	3.13^{b} ±0.78	2.73^{b} ±1.20	2.97^{a} ±1.13	2.27^{b} ±1.01	1.80^{c} ±1.09	2.33^{b} ±0.88
2	3.53^{ab} ±0.78	3.93^{a} ±0.98	3.10^{a} ±0.92	3.00^{a} ±1.23	2.83^{b} ±1.23	3.20^{a} ±1.86
3	3.77^{a} ±0.90	3.93^{a} ±0.94	3.30^{a} ±0.75	3.37^{a} ±1.14	3.70^{a} ±1.09	3.57^{a} ±0.90
4	3.63^{a} ±0.67	3.90^{a} ±0.88	3.24^{a} ±0.97	3.13^{a} ±1.10	3.37^{ab} ±1.11	3.50^{a} ±0.86
5	3.50^{ab} ±0.90	3.83^{a} ±0.95	3.20^{a} ±0.96	2.97^{a} ±0.96	2.93^{b} ±1.20	3.13^{a} ±1.14

หมายเหตุ : ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันในแต่ละสดมภ์แสดงความแตกต่างของข้อมูลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณะที่ปรากฏ (Appearance)

จากตารางที่ 4.4 คะแนนเฉลี่ยความชอบด้านลักษณะที่ปรากฏของผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่น พบว่า สูตรที่ 1, 2, 3, 4 และ 5 มีค่าเท่ากับ 3.13, 3.53, 3.77, 3.63 และ 3.50 คะแนน ตามลำดับ โดยช่วงค่าคะแนนเฉลี่ยที่ได้อยู่ในระดับชอบปานกลางถึงชอบมาก ซึ่งสูตรที่ 3 ไม่แตกต่างกับ 4 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p > 0.05$) แต่สูตรที่ 3 และ 4 แตกต่างกับสูตรที่ 1 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p > 0.05$) และเมื่อนำสูตรที่ 2 และ 5 เปรียบเทียบกับสูตรที่ 1, 3 และ 4 พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p < 0.05$) จะเห็นได้ว่าผู้ประเมินให้คะแนนความชอบด้านลักษณะที่ปรากฏของผลิตภัณฑ์ในสูตรที่ 1 น้อยที่สุด (3.13) ซึ่งเป็นสูตรไม่มีการเติมเวย์โปรตีน เนื่องจากเวย์โปรตีนมีคุณสมบัติเฉพาะตัวมากมาย เช่น ช่วยเสริมกลิ่นรส ช่วยปรับปรุงเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ (Russell, 2004)

สี (Color)

จากตารางที่ 4.4 คะแนนเฉลี่ยความชอบด้านสีของผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่น พบว่า สูตรที่ 1, 2, 3, 4 และ 5 มีค่าเท่ากับ 2.73, 3.93, 3.93, 3.90 และ 3.83 คะแนน ตามลำดับ โดยช่วงค่าคะแนนเฉลี่ยที่คำนวณได้อยู่ในระดับชอบปานกลางถึงชอบมาก ซึ่งสูตรที่ 1 แตกต่างกับสูตรที่ 2, 3, 4 และ 5 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$) แต่สูตรที่ 2, 3, 4 และ 5 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p > 0.05$) เนื่องจากสูตรที่ 1 จะใช้น้ำเปล่า ผลิตภัณฑ์จึงมีสีเหลืองอ่อนของเจลาตินและเวย์โปรตีน ส่วนสูตรที่ 2, 3, 4 และ 5 นั้นจะใช้น้ำกระเจี๊ยบแดง ซึ่งสามารถกลบสีเหลืองอ่อนของเจลาตินและเวย์โปรตีนได้

กลิ่น (Odor)

จากตารางที่ 4.4 คะแนนเฉลี่ยความชอบด้านกลิ่นของผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่น พบว่า สูตรที่ 1, 2, 3, 4 และ 5 มีค่าเท่ากับ 2.97, 3.10, 3.30, 3.24 และ 3.20 คะแนน ตามลำดับ โดยช่วงค่าคะแนนเฉลี่ยที่คำนวณได้อยู่ในระดับชอบปานกลาง ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p > 0.05$) เนื่องจากใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนทุกสูตรมีส่วนผสมของกลิ่นองุ่นที่สามารถกลบกลิ่นของเวย์โปรตีน, เจลาติน, คาร์ราจีแนนและกลูโคแมนแนนได้

รสชาติ (Flavors)

จากตารางที่ 4.4 คะแนนเฉลี่ยความชอบด้านรสชาติของผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่น พบว่า สูตรที่ 1, 2, 3, 4 และ 5 มีค่าเท่ากับ 2.27, 3.00, 3.37, 3.13 และ 2.97 คะแนน ตามลำดับ โดยช่วงค่าคะแนนเฉลี่ยที่คำนวณได้อยู่ในระดับชอบน้อยถึงชอบปานกลาง ซึ่งสูตรที่ 1 แตกต่างกับสูตรที่ 2, 3, 4 และ 5 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$) แต่สูตรที่ 2, 3, 4 และ 5 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p > 0.05$) อาจกล่าวได้ว่าเวย์โปรตีนจะมีกลิ่นรสธรรมชาติแบบนม จึงนิยมนำไปใช้เป็นส่วนผสมในอุตสาหกรรมอาหารได้หลากหลาย เช่น เป็นส่วนผสมในเครื่องดื่ม, ลูกกวาด, ผลิตภัณฑ์เนื้อ, เบเกอรี่, ผลิตภัณฑ์นม และขนมหวาน (ทรงปราชญ์, 2559) ดังนั้นการเติมเวย์โปรตีนลงในผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่ไม่ส่งผลต่อการให้คะแนนความชอบด้านรสชาติของผู้ประเมิน ทั้งนี้ผู้ประเมินให้คะแนนความชอบด้านรสชาติของผลิตภัณฑ์ในสูตรที่ 1 น้อยที่สุด ซึ่งเป็นสูตรไม่มีการเติมเวย์โปรตีน

ความแข็ง (Hardness)

จากตารางที่ 4.4 คะแนนเฉลี่ยความชอบด้านความแข็งของผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่น พบว่า สูตรที่ 1, 2, 3, 4 และ 5 มีค่าเท่ากับ 1.80, 2.83, 3.70, 3.37 และ 2.93 คะแนน ตามลำดับ โดยช่วงค่าคะแนนเฉลี่ยที่คำนวณได้อยู่ในระดับชอบน้อยที่สุดถึงชอบมาก ซึ่งสูตรที่ 3 แตกต่างกับสูตรที่ 1, 2 และ 5 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$) แต่สูตรที่ 3, 2 และ 5 แตกต่างกับสูตรที่ 4 อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p < 0.05$) โดยในสูตรที่ 1 ซึ่งเป็นสูตรที่มีปริมาณเจลาตินสูงที่สุดนั้นมีคะแนนความชอบในส่วนนี้น้อยที่สุด (1.80 คะแนน) เนื่องจากเจลาตินเป็นสารก่อเจลที่มีเนื้อสัมผัสที่ค่อนข้างเหนียว จึงทำให้ผู้ประเมินเกิดความรู้สึกว่าผลิตภัณฑ์นั้นเคี้ยวยาก ส่วนสูตรที่ 2, 3, 4 และ 5 มีส่วนผสมของคาร์ราจีแนน ดังนั้นจึงทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีเนื้อสัมผัสที่นุ่มกว่า ง่ายต่อการเคี้ยว สอดคล้องกับงานวิจัยของ ธีรวรรณ (2560) พัฒนาผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่ใบรางจืด โดยแปรผันปริมาณของเจลาติน 3 ระดับ คือ 7.25, 9.06 และ 10.90 ซึ่งสูตรที่มีปริมาณเจลาตินมากที่สุดได้คะแนนทางประสาทสัมผัสด้านความแข็งน้อยที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความชอบโดยรวม (Overall Acceptance)

จากตารางที่ 4.4 คะแนนเฉลี่ยความชอบด้านความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่น พบว่า สูตรที่ 1, 2, 3, 4 และ 5 มีค่าเท่ากับ 2.33, 3.20, 3.57, 3.50 และ 3.13 คะแนน ตามลำดับ โดยช่วงค่าคะแนนเฉลี่ยที่คำนวณได้อยู่ในระดับชอบน้อยถึงชอบปานกลาง ซึ่งสูตรที่ 1 แตกต่างกับสูตรที่ 2, 3, 4 และ 5 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$) แต่สูตรที่ 2, 3, 4 และ 5 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p > 0.05$) อาจกล่าวได้ว่าผู้ประเมินคะแนนมีความพึงพอใจในแง่ของสีจากน้ำกระเจี๊ยบ ซึ่งทำให้ผลิตภัณฑ์มีสีสันสวยงาม ดูน่ารับประทาน และความแข็งของผลิตภัณฑ์ ที่ไม่เหนียวหนึบจนเกินไป

จากผลการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ทั้ง 5 สูตร พบว่า ผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่นสูตรที่ 3 มีคะแนนความชอบเฉลี่ยสูงที่สุดและไม่มีความแตกต่างกับสูตรที่ 4 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p > 0.05$) ในทุกลักษณะปรากฏที่มีการทดสอบ ดังนั้นในการคัดเลือกกัมมี่เยลลี่สูตรที่เหมาะสมจึงต้องใช้ปัจจัยในด้านอื่นเป็นตัวตัดสิน ซึ่งในที่นี้ได้ใช้ต้นทุนวัตถุดิบในการผลิตผลิตภัณฑ์ที่แสดงดังในตารางที่ 4.5 เป็นตัวตัดสิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.3 ผลการคำนวณต้นทุนในการผลิตผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่น

ตารางที่ 4.5 ผลของต้นทุนวัตถุดิบสำหรับการผลิตผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่น (โดยไม่รวมค่าบรรจุภัณฑ์และค่าการตลาด)

ส่วนผสม	ราคาต่อ	ปริมาณที่ใช้ (ร้อยละโดยน้ำหนัก)					ราคาต้นทุน (บาทต่อ 100 กรัม)				
	กิโลกรัม (บาท)	สูตรที่1	สูตรที่2	สูตรที่3	สูตรที่4	สูตรที่5	สูตรที่1	สูตรที่2	สูตรที่3	สูตรที่4	สูตรที่5
เจลาติน	568	12.60	8.82	7.56	6.30	5.04	7.15	5.00	4.29	3.57	2.86
เวย์โปรตีน : คาร์ราจีแนน	650 : 700	-	3.78	5.04	6.30	7.56	-	1.23	1.64	2.05	2.46
กลูโคแมนแนน	995	1.40	1.40	1.40	1.40	1.40	1.39	1.39	1.39	1.39	1.39
กลูโคสไซรัป	50	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25
น้ำตาลทรายขาว	22	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55
กรดซิตริก	48	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14
น้ำกระเจี๊ยบ	4.5	31.50	31.50	31.50	31.50	31.50	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14
สารแต่งกลิ่นรส	276	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41
ราคารวม		100	100	100	100	100	11.03	10.11	9.81	9.50	9.20

หมายเหตุ : กระเจี๊ยบแห้งราคาต่อกิโลกรัมละ 180 บาท และ ราคาต่อกิโลกรัมในส่วนของสารแต่งกลิ่นรสแทนเป็นราคาต่อลิตร

ต้นทุนวัตถุดิบในการผลิตผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่น 100 กรัม

ผลของต้นทุนวัถตุดิบสำหรับการผลิตผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่น 100 กรัม โดยไม่รวมค่าบรรจุภัณฑ์และค่าการตลาด เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบต้นทุนการผลิตของผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่นระหว่างสูตรที่ 3 และ 4 ดังแสดงในตารางที่ 4.5 ผลการวิเคราะห์พบว่าสูตร 4 นั้นมีปริมาณต้นทุนการผลิตที่ต่ำกว่าสูตรที่ 3 ในราคา 0.31 บาท ดังนั้นในการคัดเลือกผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่สูตรที่เหมาะสมที่สุดในที่นี้จึงเลือกใช้สูตรที่ 4 เป็นสูตรมาตรฐานในการศึกษาการเติมปริมาณซอร์บิทอลและสารสตีวิโอไซด์เพื่อทดแทนน้ำตาลต่อไป

ตารางที่ 4.6 ผลการทดสอบประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่นสูตรที่ 4 กับผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่ตามท้องตลาดด้วยวิธี t-test

สูตรที่	คะแนน					
	ลักษณะที่ปรากฏ	สี	กลิ่น	รสชาติ	ความแข็ง	ความชอบโดยรวม
1	4.33^{a} ±0.48	3.97^{a} ±0.72	4.23^{a} ±0.77	4.30^{a} ±0.53	3.63^{b} ±0.61	4.30^{a} ±0.59
4	4.00^{b} ±0.64	3.97^{a} ±0.67	3.93^{a} ±0.69	3.93^{b} ±0.69	4.20^{a} ±0.55	4.10^{a} ±0.61

หมายเหตุ : กำหนดให้สูตรที่ 1 คือผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่ตามท้องตลาด ตราโยโย่ รสองุ่น ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันในแต่ละสดมภ์แสดงความแตกต่างของข้อมูลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)

ลักษณะที่ปรากฏ (Appearance)

จากตารางที่ 4.6 คะแนนเฉลี่ยความชอบด้านลักษณะที่ปรากฏของผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่ พบว่า ผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่ตามท้องตลาดได้รับคะแนนความชอบมากกว่าผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่นสูตรที่ 4 ได้คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 4.33 และรองลงมาคือ สูตรที่ 4 ได้รับคะแนนความชอบเฉลี่ยเท่ากับ 4.00 โดยช่วงค่าคะแนนเฉลี่ยที่คำนวณได้อยู่ในระดับชอบมาก ซึ่งผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่นสูตรที่ 4 แตกต่างกับผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่ตามท้องตลาดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สี (Color)

จากตารางที่ 4.6 คะแนนเฉลี่ยความชอบด้านสีของผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่ พบว่า ผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่ตามท้องตลาดและผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่นสูตรที่ 4 ได้รับคะแนนความชอบเท่ากัน คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 3.97 ทั้ง 2 สูตร โดยช่วงค่าคะแนนเฉลี่ยที่คำนวณได้อยู่ในระดับชอบมาก ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p > 0.05$) อาจกล่าวได้ว่าผู้ประเมินคะแนนมีความชอบในแง่ของการใช้สีจากธรรมชาติ ซึ่งทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีสีสันสวยงาม ดูน่ารับประทานไม่แตกต่างจากการใช้สีสังเคราะห์

กลิ่น (Odor)

จากตารางที่ 4.6 คะแนนเฉลี่ยความชอบด้านกลิ่นของผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่ พบว่า ผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่ตามท้องตลาดและผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่นสูตรที่ 4 มีค่าเท่ากับ 4.23 และ 3.93 คะแนน ตามลำดับ โดยช่วงค่าคะแนนเฉลี่ยที่คำนวณได้อยู่ในระดับชอบมาก ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p > 0.05$) เนื่องจากทั้งในผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่นสูตรที่ 4 และผลิตภัณฑ์ตามท้องตลาดมีส่วนผสมของสารแต่งกลิ่นองุ่นเหมือนกัน

รสชาติ (Flavors)

จากตารางที่ 4.6 คะแนนเฉลี่ยความชอบด้านรสชาติของผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่ พบว่า ผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่ตามท้องตลาดได้รับคะแนนความชอบมากกว่าผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่นสูตรที่ 4 โดยได้คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 4.30 และรองลงมาคือ สูตรที่ 4 ได้รับคะแนนความชอบเฉลี่ยเท่ากับ 3.93 โดยช่วงค่าคะแนนเฉลี่ยที่คำนวณได้อยู่ในระดับชอบมาก ซึ่งผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่นสูตรที่ 4 แตกต่างกับผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่ตามท้องตลาดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)

ความแข็ง (Hardness)

จากตารางที่ 4.6 คะแนนเฉลี่ยความชอบด้านความแข็งของผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่ พบว่า ผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่นสูตรที่ 4 ได้รับคะแนนความชอบมากกว่าผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่ตามท้องตลาด โดยได้คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 4.20 และรองลงมาคือ ผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่ตามท้องตลาด ได้รับคะแนนความชอบเฉลี่ยเท่ากับ 3.63 โดยช่วงค่าคะแนนเฉลี่ยที่คำนวณได้อยู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในระดับชอบมาก ซึ่งผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่นสูตรที่ 4 แตกต่างกับผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่ตามท้องตลาดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)

ความชอบโดยรวม (Overall Acceptance)

จากตารางที่ 4.6 คะแนนเฉลี่ยความชอบด้านความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่ พบว่า ผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่ตามท้องตลาดและผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่นสูตรที่ 4 มีค่าเท่ากับ 4.30 และ 4.10 คะแนน ตามลำดับ โดยช่วงค่าคะแนนเฉลี่ยที่คำนวณได้อยู่ในระดับชอบชอบมาก ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p > 0.05$)

จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าเมื่อพิจารณาความชอบในด้านของลักษณะที่ปรากฏ รส และความแข็งนั้น พบว่าทั้ง 2 สูตรมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$) เนื่องจากมีส่วนประกอบและวัตถุดิบที่แตกต่างกันทำให้ค่าที่ออกมาแตกต่างกัน แต่ทั้งนี้แล้วในด้านของ สี กลิ่น และความชอบโดยรวมนั้นไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p > 0.05$) จึงสามารถนำผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่นไปศึกษาต่อไปได้

ตอนที่ 2 ผลการศึกษาการเติมปริมาณของซอร์บิทอลและสารสตีวิโอไซด์ในผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่น

4.3.4 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่น

จากการศึกษาปริมาณของซอร์บิทอลและสารสตีวิโอไซด์ในผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่น โดยใช้สูตรผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่นที่ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคมากที่สุดจากตอนที่ 1 มาใช้เป็นสูตรพื้นฐาน ทำการเติมซอร์บิทอลและสารสตีวิโอไซด์ (ให้ได้ความหวานร้อยละ 50 ของน้ำตาล) และนำมาตรวจสอบคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีโดยเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่ตามท้องตลาด 1 ตัวอย่าง แสดงดังตารางต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.4.1 คุณสมบัติทางกายภาพ

ตารางที่ 4.7 ผลการประเมินลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ทั้ง 5 สูตร

สูตรที่	ความแข็ง (Hardness)	ค่าความยึดเกาะ (Cohesiveness)	ความยืดหยุ่น (Springiness)	ความเคี้ยวได้ (Chewiness)	ความเหนียวหนืบ (Gumminess)
1	3.29^{b}	0.69^{a}	3.65^{a}	0.84^{a}	2.29^{bc}
2	5.29^{a}	0.42^{b}	2.93^{d}	0.65^{a}	2.21^{c}
3	5.36^{a}	0.38^{c}	3.13^{c}	0.85^{a}	2.73^{ab}
4	5.43^{a}	0.43^{b}	3.19^{b}	0.87^{a}	2.33^{bc}
5	5.92^{a}	0.44^{b}	3.09^{c}	0.88^{a}	2.85^{a}

หมายเหตุ : กำหนดให้สูตรที่ 1 คือ ผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่ตามท้องตลาด ตราโยโย่ รสองุ่นและสูตรที่ 2, 3, 4 และ 5 คือ ผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่นสูตรที่ 1, 2, 3 และ 4 ตามลำดับ ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันในแต่ละสดมภ์แสดงความแตกต่างของข้อมูลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)

ค่าความแข็ง (Hardness)

จากตารางที่ 4.7 ผลการวิเคราะห์ค่าความแข็ง (Hardness) ของผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่น พบว่าสูตรที่ 1 แตกต่างกับสูตรที่ 2, 3, 4 และ 5 อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$) แต่เมื่อนำสูตรที่ 3, 4 และ 5 เปรียบเทียบกับสูตรที่ 2 ซึ่งเป็นตัวควบคุมจะพบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p > 0.05$) อาจกล่าวได้ว่าการเติมซอร์บิทอลและสารสตีวิโอไซด์ไม่ส่งผลต่อค่าความแข็งของผลิตภัณฑ์ผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่น

ค่าความยึดเกาะ (Cohesiveness)

จากตารางที่ 4.7 ผลการวิเคราะห์ค่าความยึดเกาะ (Cohesiveness) ของผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่น พบว่าสูตรที่ 1 แตกต่างกับสูตรที่ 2, 3, 4 และ 5 อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$) แต่เมื่อนำสูตรที่ 4 และ 5 เปรียบเทียบกับสูตรที่ 2 ซึ่งเป็นตัวควบคุมจะพบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p > 0.05$) แต่สูตรที่ 3 แตกต่างกับสูตรที่ 2, 4 และ 5 อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

95 ($p \leq 0.05$) โดยในสูตรที่ 3 จะมีค่าความยืดเกาะต่ำที่สุด เป็นผลเนื่องมาจากในสูตรที่ 3 นั้นเป็นสูตรที่มีปริมาณน้ำในสูตรสูงที่สุด

ค่าความยืดหยุ่น (Springiness)

จากตารางที่ 4.7 ผลการวิเคราะห์ค่าความยืดหยุ่น (Springiness) ของผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่น พบว่าสูตรที่ 1 แตกต่างกับสูตรที่ 2, 3, 4 และ 5 อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$) และเมื่อนำสูตรที่ 3, 4 และ 5 เปรียบเทียบกับสูตรที่ 2 ซึ่งเป็นตัวควบคุมจะพบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$) แต่สูตรที่ 3 นั้นไม่แตกต่างกับสูตรที่ 5 อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p > 0.05$) อาจกล่าวได้ว่าเมื่อทำการเติมซอร์บิทอลและสารสตีวิโอไซด์ลงไปนั้นจะส่งผลให้ค่าความยืดหยุ่นของผลิตภัณฑ์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น

ค่าความเคี้ยวได้ (Chewiness)

จากตารางที่ 4.7 ผลการวิเคราะห์ค่าความเคี้ยวได้ (Chewiness) ของผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่น พบว่าสูตรที่ 1, 2, 3, 4 และ 5 ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p > 0.05$) อาจกล่าวได้ว่าการเติมซอร์บิทอลและสารสตีวิโอไซด์ไม่ส่งผลต่อค่าความเคี้ยวได้ของผลิตภัณฑ์ผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่น

ค่าความเหนียวหนืบ (Gumminess)

จากตารางที่ 4.7 ผลการวิเคราะห์ค่าความเหนียวหนืบของผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่น พบว่าสูตรที่ 5 เป็นสูตรที่มีค่าความเหนียวหนืบสูงที่สุด เท่ากับ 2.85 ซึ่งสูตรที่ 5 แตกต่างกับสูตรที่ 1, 2 และ 4 อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$) และสูตรที่ 1, 4 และ 5 แตกต่างกับสูตรที่ 3 อย่างไม่มีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p < 0.05$) เมื่อนำสูตรที่ 2 เปรียบเทียบกับสูตรที่ 1 และ 4 จะพบว่า มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p < 0.05$) โดยสูตรที่ 1 ไม่แตกต่างกับสูตรที่ 4 อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p > 0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.8 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ทั้ง 5 สูตร

สูตรที่	L*	a*	b*	ค่า water activity
1	44.59^{a}±0.85	1.33^{e}±0.06	11.67^{a}±0.28	0.66^{d}±0.01
2	30.11^{b}±0.04	21.88^{d}±0.08	2.09^{b}±0.03	0.77^{c}±0.01
3	31.77^{b}±0.00	24.51^{a}±0.02	1.64^{c}±0.05	0.81^{a}±0.00
4	33.66^{b}±5.50	23.28^{b}±0.03	1.40^{d}±0.04	0.80^{ab}±0.00
5	30.83^{b}±0.04	22.49^{c}±0.01	1.05^{e}±0.01	0.79^{b}±0.00

หมายเหตุ : กำหนดให้สูตรที่ 1 คือ ผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่ตามท้องตลาด ตราโยโย่ รสองุ่นและสูตรที่ 2, 3, 4 และ 5 คือ ผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่นสูตรที่ 1, 2, 3 และ 4 ตามลำดับ ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันในแต่ละสดมภ์แสดงความแตกต่างของข้อมูลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)

ค่าสี

ผลการวิเคราะห์ค่าสีของผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่นในระบบ CIE L*a*b* แสดงดังตารางที่ 4.8 พบว่าค่าความสว่าง (L*) ของสูตรที่ 1 มีค่ามากที่สุด เท่ากับ 44.59 ซึ่งสูตรที่ 1 แตกต่างกับสูตรที่ 2, 3, 4 และ 5 อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$) แต่สูตรที่ 2, 3, 4 และ 5 นั้นไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p > 0.05$) จะเห็นได้ว่าการเติมซอร์บิทอลและสารสตีวิโอไซด์นั้นไม่ส่งผลต่อค่าความสว่างของผลิตภัณฑ์

ผลการวิเคราะห์ค่าความเป็นสีแดง (a*) แสดงดังตารางที่ 4.8 พบว่าสูตรที่มีค่าความเป็นสีแดง (a*) มากที่สุด คือ สูตรที่ 3 มีค่าเท่ากับ 24.51 รองลงมา คือสูตรที่ 4 มีค่าเท่ากับ 23.28 และสูตรที่มีค่าความเป็นสีแดง (a*) น้อยที่สุด คือ สูตรที่ 1 มีค่าเท่ากับ 1.33 ซึ่งสูตรที่ 1, 2, 3, 4 และ 5 มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p < 0.05$) เนื่องจากคุณสมบัติของน้ำกระเจี๊ยบซึ่งมีรงควัตถุแอนโทไซยานินทำให้มีสีม่วงแดง (มลฤดี, 2543) จึงส่งผลให้สูตรที่ 2, 3, 4 และ 5 มีค่าความเป็นสีแดง (a*) มากกว่าสูตรที่ 1 นอกจากนี้ยังพบว่าในสูตรมีส่วนผสมของน้ำกระเจี๊ยบในปริมาณที่มากกว่าจะส่งผลให้ค่าความเป็นสีแดง (a*) มากขึ้นอีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการวิเคราะห์ค่าความเป็นสีเหลือง (b*) แสดงดังตารางที่ 4.8 พบว่าสูตรที่มีค่าความเป็นสีเหลือง (b*) มากที่สุด คือ สูตรที่ 1 มีค่าเท่ากับ 11.67 รองลงมา คือ สูตรที่ 2 มีค่าเท่ากับ 2.09 และสูตรที่มีค่าความเป็นสีเหลือง (b*) น้อยที่สุด คือ สูตรที่ 3 มีค่าเท่ากับ 1.05ซึ่งสูตรที่ 1, 2, 3, 4 และ 5 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$) จากผลที่ออกมานั้นจะเห็นว่าในสูตรที่มีการเติมซอร์บิทอลและสารสตีวิโอไซด์ (สูตรที่ 3, 4 และ 5) จะส่งผลให้ค่าความเป็นสีเหลือง (b*) ต่ำกว่าในสูตรที่มีส่วนผสมของน้ำตาลและกลูโคสไซรัป (สูตรที่ 1 และ 2)

ปริมาณน้ำอิสระ (water activity)

ผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำอิสระ (water activity) ของผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่นแสดงดังตารางที่ 4.8 พบว่าสูตรที่ 3 เป็นสูตรที่มีปริมาณน้ำอิสระสูงสุด เท่ากับ 0.80 ซึ่งสูตรที่ 1, 2, 3 และ 5 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$) แต่สูตรที่ 3 และ 5 แตกต่างกับสูตรที่ 4 อย่างไม่มีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p < 0.05$) จะเห็นได้ว่าในสูตรที่มีส่วนผสมของน้ำตาลและกลูโคสไซรัปนั้นจะส่งผลให้ปริมาณน้ำอิสระต่ำกว่าในสูตรที่มีส่วนผสมของสารให้ความหวานแทนน้ำตาล เนื่องจากคุณสมบัติของกลูโคสไซรัปที่ช่วยในการเพิ่มปริมาณของแข็งทั้งหมดให้แก่ผลิตภัณฑ์ (Howling and Jackson, 1990)

4.3.4.2 คุณสมบัติทางเคมี

ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (Total soluble solid)

ผลจากการวิเคราะห์ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (Total soluble solid) ของผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่น ดังแสดงในตารางที่ 4.9 พบว่า สูตรที่ 1, 2, 3, 4 และ 5 มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดเท่ากับ 79.33, 72.67, 46.70, 47.93 และ 46.97 ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$) ซึ่งการวัดบริกซ์เป็นการวัดปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายอยู่ในผลิตภัณฑ์ ได้แก่ น้ำตาลซูโครส, น้ำตาลกลูโคส, น้ำตาลฟรุกโตส, กรดอินทรีย์ และแร่ธาตุต่างๆ (พิมพ์เพ็ญ และคณะ, 2558) ดังนั้นในสูตรที่มีการเติมซอร์บิทอลและสารสตีวิโอไซด์ (สูตรที่ 3, 4 และ 5) จะส่งผลให้ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดของผลิตภัณฑ์จะน้อยกว่าในสูตรที่ 1 และ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.9 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของผลิตภัณฑ์ทั้ง 5 สูตร

สูตรที่	ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (องศาบริกซ์)	ความเป็นกรด-ด่าง (pH)	ปริมาณกรดทั้งหมด (ร้อยละ)
1	79.33^{a} ±0.58	3.31^{c} ±0.00	1.32^{a} ±0.00
2	72.67^{b} ±0.29	3.53^{b} ±0.01	1.29^{a} ±0.01
3	46.70^{d} ±0.61	3.43^{b} ±0.02	1.34^{a} ±0.05
4	47.93^{c} ±0.12	3.49^{ab} ±0.04	1.29^{a} ±0.01
5	46.97^{d} ±0.25	3.52^{a} ±0.07	1.18^{b} ±0.06

หมายเหตุ : กำหนดให้สูตรที่ 1 คือ ผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่ตามท้องตลาด ตราโยโย่ รสองุ่นและสูตรที่ 2, 3, 4 และ 5 คือ ผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่นสูตรที่ 1, 2, 3 และ 4 ตามลำดับ ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันในแต่ละสดมภ์แสดงความแตกต่างของข้อมูลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)

ความเป็นกรด-ด่าง (pH)

ผลจากการวิเคราะห์ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่น ดังแสดงในตารางที่ 4.9 พบว่า สูตรที่ 1, 2, 3, 4 และ 5 มีค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) เท่ากับ 3.31, 3.53, 3.43, 3.49 และ 3.52 ตามลำดับ ซึ่งสูตรที่ 1 จะมีความแตกต่างกับสูตรที่ 2, 3, 4 และ 5 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$) แต่สูตรที่ 2 และ 3 จะไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$) โดยสูตรที่ 3 และ 5 นั้นจะมีความแตกต่างกับสูตรที่ 4 อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p < 0.05$) จะเห็นได้ว่าสูตรที่ 2 มีความเป็นกรด-ด่าง (pH) สูงที่สุด (3.52) เนื่องจากในสูตรที่ 2 มีส่วนผสมของน้ำกระเจี๊ยบในปริมาณน้อยที่สุด โดยในบริเวณกลีบเลี้ยงของกระเจี๊ยบแดงจะมีกรดอินทรีย์หลายชนิด เช่น กรดแอสคอบิค, กรดมาลิค, กรดซิตริก, กรดสเตียริก, กรดพัลมติก, กรดไฮดรอกซีซิตริกและกรดทาร์ทาริค โดยกรดต่างๆเหล่านี้จะทำให้กระเจี๊ยบมีรสเปรี้ยวจึงส่งผลให้มีความเป็นกรด-ด่าง (pH) ค่อนข้างต่ำ (สรจักร, 2549) นอกจากนี้จะพบว่าเมื่อปริมาณสารสตีวิโอไซด์เพิ่มขึ้นจะส่งผลให้ค่าความเป็นกรด-ด่างเพิ่มขึ้นตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมาณกรดทั้งหมด (ร้อยละ)

ผลจากการวิเคราะห์ปริมาณกรดทั้งหมด (ร้อยละ) ของผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่น ดังแสดงในตารางที่ 4.9 พบว่าสูตรที่ 1, 2, 3 และ 4 ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$) แต่จะมีความแตกต่างกับสูตรที่ 5 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)

4.3.5 ผลการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่น

ผลจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่นที่ทำการเติมซอร์บิทอลและสารสตีวิโอไซด์ในปริมาณที่แตกต่างกันทั้งหมด 4 สูตร โดยใช้ระบบ 5 Point Hedonic Scaling ให้ผู้ทดสอบชิมประเมินคะแนนความชอบในด้านต่างๆ ได้แก่ ลักษณะที่ปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวม ใช้ผู้ทดสอบชิมทั้งหมด 30 คน แสดงดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 4.10 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ทั้ง 5 สูตร

สูตรที่	คะแนน					
	ลักษณะที่ปรากฏ	สี	กลิ่น	รสชาติ	ความแข็ง	ความชอบโดยรวม
1	4.33^{a} ±0.48	3.97^{a} ±0.72	4.23^{a} ±0.77	4.30^{a} ±0.53	3.63^{a} ±0.61	4.30^{a} ±0.60
2	3.77^{b} ±0.43	3.60^{b} ±0.56	3.47^{b} ±0.57	3.70^{b} ±0.95	3.67^{a} ±0.92	3.66^{b} ±0.80
3	3.47^{c} ±0.63	3.33^{b} ±0.63	3.33^{b} ±0.55	2.53^{c} ±0.86	3.07^{b} ±0.64	2.86^{c} ±0.73
4	3.83^{b} ±0.46	3.73^{ab} ±0.52	3.57^{b} ±0.57	3.80^{b} ±0.89	3.73^{a} ±0.69	3.83^{b} ±0.83
5	3.70^{bc} ±0.65	3.70^{ab} ±0.53	3.57^{b} ±0.68	3.77^{b} ±0.86	3.60^{a} ±0.72	3.83^{b} ±0.79

หมายเหตุ : กำหนดให้สูตรที่ 1 คือ ผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่ตามท้องตลาด ตราโยโย่ รสองุ่นและสูตรที่ 2, 3, 4 และ 5 คือ ผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่นสูตรที่ 1, 2, 3 และ 4 ตามลำดับ ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันในแต่ละสดมภ์แสดงความแตกต่างของข้อมูลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณะที่ปรากฏ (Appearance)

จากตารางที่ 4.10 คะแนนเฉลี่ยความชอบด้านลักษณะที่ปรากฏของผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่น พบว่า สูตรที่ 1, 2, 3, 4 และ 5 มีค่าเท่ากับ 4.33, 3.77, 3.47, 3.83 และ 3.70 คะแนน ตามลำดับ โดยช่วงค่าคะแนนเฉลี่ยที่ได้อยู่ในระดับชอบปานกลางถึงชอบมาก ซึ่งสูตรที่ 1 แตกต่างกับสูตรที่ 2, 3, 4 และ 5 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$) และเมื่อนำสูตรที่ 4 เปรียบเทียบกับสูตรที่ 2 ซึ่งเป็นสูตรควบคุม พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p > 0.05$) แต่สูตรที่ 2 แตกต่างกับสูตรที่ 3 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$) โดยสูตรที่ 2 และ 3 แตกต่างกับสูตรที่ 5 อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p < 0.05$)

สี (Color)

จากตารางที่ 4.10 คะแนนเฉลี่ยความชอบด้านสีของผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่น พบว่า สูตรที่ 1, 2, 3, 4 และ 5 มีค่าเท่ากับ 3.97, 3.60, 3.33, 3.73 และ 3.70 คะแนน ตามลำดับ โดยช่วงค่าคะแนนเฉลี่ยที่คำนวณได้อยู่ในระดับชอบปานกลางถึงชอบมาก ซึ่งสูตรที่ 1 แตกต่างกับสูตรที่ 2 และ 3 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$) โดยสูตรที่ 2 ไม่แตกต่างกับสูตรที่ 3 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p > 0.05$) และเมื่อนำสูตรที่ 4 และ 5 มาเปรียบเทียบกับสูตรที่ 1, 2 และ 3 จะพบว่ามีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p < 0.05$) เนื่องจากในบริเวณกลีบเลี้ยงของกระเจี๊ยบแดง มีสารสีแดงจำพวกแอนโทไซยานิน (anthocyanin) จึงทำให้ผู้ประเมินให้คะแนนความชอบด้านสีของผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่นสูตรที่ 4 และ 5 ใกล้เคียงกับผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่ตามท้องตลาด

กลิ่น (Odor)

จากตารางที่ 4.10 คะแนนเฉลี่ยความชอบด้านกลิ่นของผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่น พบว่า สูตรที่ 1, 2, 3, 4 และ 5 มีค่าเท่ากับ 4.23, 3.47, 3.33, 3.57 และ 3.57 คะแนน ตามลำดับ โดยช่วงค่าคะแนนเฉลี่ยที่คำนวณได้อยู่ในระดับชอบปานกลางถึงชอบมาก ซึ่งสูตรที่ 1 แตกต่างกับสูตรที่ 2, 3, 4 และ 5 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$) แต่เมื่อนำสูตรที่ 3, 4 และ 5 มาเปรียบเทียบกับสูตรที่ 2 ซึ่งเป็นตัวควบคุม พบว่าไม่มี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p > 0.05$) จะเห็นได้ว่าการเติมซอร์บิทอลและสารสตีวิโอไซด์นั้นไม่ส่งผลต่อความชอบด้านกลิ่นของผลิตภัณฑ์

รสชาติ (Flavors)

จากตารางที่ 4.10 คะแนนเฉลี่ยความชอบด้านรสชาติของผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่น พบว่า สูตรที่ 1, 2, 3, 4 และ 5 มีค่าเท่ากับ 4.30, 3.70, 2.53, 3.80 และ 3.77 คะแนน ตามลำดับ โดยช่วงค่าคะแนนเฉลี่ยที่คำนวณได้อยู่ในระดับชอบน้อยถึงชอบมาก ซึ่งสูตรที่ 1 แตกต่างกับสูตรที่ 2, 3, 4 และ 5 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$) เมื่อนำสูตรที่ 4 และ 5 เปรียบเทียบกับสูตรที่ 2 พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p > 0.05$) แต่สูตรที่ 2 แตกต่างกับสูตรที่ 3 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$) โดยเมื่อพิจารณาคะแนนความชอบด้านรสชาติจะเห็นว่าผู้ประเมินให้คะแนนความชอบด้านรสชาติของสูตรที่ 3 ต่ำที่สุด (2.53 คะแนน) ซึ่งเป็นสูตรที่ใช้ปริมาณของสารสตีวิโอไซด์น้อยที่สุด อาจกล่าวได้ว่าความหวานนั้นจะเป็นตัวช่วยเสริมรสเปรี้ยวให้เด่นขึ้น (ภคินี, 2550) จึงส่งผลให้ในสูตรที่มีปริมาณสารสตีวิโอไซด์สูงกว่า(สูตรที่ 4 และ 5) มีคะแนนความชอบด้านรสชาติมากกว่าและนอกจากนี้หากมีการเติมปริมาณสารสตีวิโอไซด์ในสูตรในปริมาณที่มากเกินไปก็ทำให้คะแนนความชอบในส่วนนี้ลดลงเช่นกัน

ความแข็ง (Hardness)

จากตารางที่ 4.10 คะแนนเฉลี่ยความชอบด้านความแข็งของผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่น พบว่า สูตรที่ 1, 2, 3, 4 และ 5 มีค่าเท่ากับ 3.63, 3.67, 3.07, 3.73 และ 3.60 คะแนน ตามลำดับ โดยช่วงค่าคะแนนเฉลี่ยที่คำนวณได้อยู่ในระดับชอบปานกลางถึงชอบมาก ซึ่งสูตรที่ 3 แตกต่างกับ สูตรที่ 1, 2, 4 และ 5 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$) โดยสูตรที่ 1, 2, 4 และ 5 ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p > 0.05$) ทั้งนี้ผู้ประเมินให้คะแนนความชอบด้านความแข็งของผลิตภัณฑ์ในสูตรที่ 3 น้อยที่สุด (3.07 คะแนน) ซึ่งมีการใช้น้ำในการผลิตผลิตภัณฑ์มากที่สุด

ความชอบโดยรวม (Overall Acceptance)

จากตารางที่ 4.10 คะแนนเฉลี่ยความชอบด้านความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่น พบว่า สูตรที่ 1, 2, 3, 4 และ 5 มีค่าเท่ากับ 4.30, 3.66, 2.86,

เอกสารนี้มีลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.83 และ 3.83 คะแนน ตามลำดับ โดยช่วงค่าคะแนนเฉลี่ยที่คำนวณได้อยู่ในระดับชอบปานกลางถึงชอบมากที่สุด ซึ่งสูตรที่ 4 แตกต่างกับสูตรที่ 1 และสูตรที่ 3 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$) แต่สูตรที่ 3 ไม่แตกต่างกับสูตรที่ 2 และ 5 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p > 0.05$) จะเห็นได้ว่าผู้ประเมินให้คะแนนความชอบด้านความชอบโดยรวมสูตรที่ 4 และ 5 รองลงมาจากสูตรที่ 1 อาจกล่าวได้ว่าผู้ประเมินมีความพึงพอใจในรสชาติของผลิตภัณฑ์ เนื่องจากสารสตีวิโอไซด์นั้นออกรสหวานเหมือนน้ำตาลและออกรส (Taste duration) ได้เร็วใกล้เคียงกับน้ำตาล

จะเห็นได้ว่าเมื่อเปรียบเทียบคะแนนในสูตรต่างๆของผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่นจะพบว่าผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่นสูตรที่ 3 ทุกลักษณะปรากฏที่ทดสอบมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$) กับผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่ตามท้องตลาด (สูตรที่ 1) ยกเว้นผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่นสูตรที่ 4 และสูตรที่ 5 นั้นจะมีคะแนนความชอบเฉลี่ยด้านสีและความแข็งที่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$) กับผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่ตามท้องตลาด (สูตรที่ 1) ทั้ง 2 สูตรนี้จึงสามารถนำมาพิจารณาในการเลือกสูตรที่เหมาะสมได้โดยใช้ต้นทุนการผลิตผลิตภัณฑ์ที่แสดงดังในตารางที่ 4.11 เป็นตัวตัดสินแทน

จากตารางที่ 4.11 เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบต้นทุนการผลิตของผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่นระหว่างสูตรที่ 4 และ 5 ผลการวิเคราะห์พบว่าสูตร 4นั้นมีปริมาณต้นทุนการผลิตที่ต่ำกว่าสูตรที่ 5 ในราคา 0.15 บาท ดังนั้นในการคัดเลือกผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่สูตรที่เหมาะสมที่สุดในที่นี้จึงเลือกใช้สูตรที่ 4 เป็นสูตรที่เหมาะสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.6 ผลการคำนวณต้นทุนในการผลิตผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่น

ตารางที่ 4.11 ผลของต้นทุนวัตถุดิบสำหรับการผลิตผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่น (โดยไม่รวมค่าบรรจุภัณฑ์และค่าการตลาด)

ส่วนผสม	ราคาต่อ กิโลกรัม (บาท)	ปริมาณที่ใช้ (ร้อยละโดยน้ำหนัก)					ราคาต้นทุน (บาทต่อ 100 กรัม)				
		สูตรที่1	สูตรที่2	สูตรที่3	สูตรที่4	สูตรที่5	สูตรที่1	สูตรที่2	สูตรที่3	สูตรที่4	สูตรที่5
เจลาติน	568	-	6.30	6.30	6.30	6.30	-	3.57	3.57	3.57	3.57
เวย์โปรตีน : คาร์ราจีแนน	650 : 700	-	6.30	6.30	6.30	6.30	-	2.05	2.05	2.05	2.05
กลูโคแมนแนน	995	-	1.40	1.40	1.40	1.40	-	1.39	1.39	1.39	1.39
ซอร์บิทอล	99	-	25.00	41.67	41.67	41.67	-	1.25	4.12	4.12	4.12
สตีวิโอไซด์	15000	-	25.00	0.03	0.04	0.05	-	0.55	0.45	0.6	0.75
กรดซิตริก	48	-	3.00	3.00	3.00	3.00	-	0.14	0.14	0.14	0.14
น้ำกระเจี๊ยบ	4.5	-	31.50	39.80	39.79	39.78	-	0.14	0.17	0.17	0.17
สารแต่งกลิ่นรส	276	-	1.50	1.50	1.50	1.50	-	0.41	0.41	0.41	0.41
ราคารวม		-	100	100	100	100	-	9.50	12.30	12.45	12.60

หมายเหตุ : กำหนดให้สูตรที่ 1 คือ ผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่ตามท้องตลาด ตราโยโย่ รสองุ่นและสูตรที่ 2, 3, 4 และ 5 คือ ผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่นสูตรที่ 1, 2, 3 และ 4 ตามลำดับ กระเจี๊ยบแห้งราคาต่อกิโลกรัมละ 180 บาท และ ราคาต่อกิโลกรัมในส่วนของสารแต่งกลิ่นรสแทนเป็นราคาต่อลิตร ต้นทุนวัตถุดิบในการผลิตผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่น 100 กรัม

ตอนที่ 3 การศึกษาคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่น

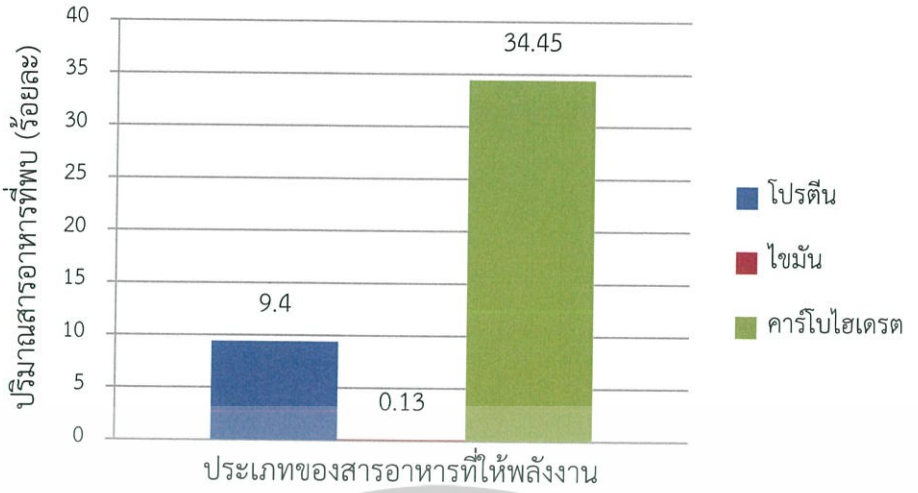
ตารางที่ 4.12 ผลการศึกษาคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่น

คุณค่าทางโภชนาการ	ปริมาณที่พบ (ร้อยละ)
โปรตีน (%N × 6.25)	9.40
ไขมัน	0.13
ความชื้น	55.87
เยื่อใย	0
เถ้า	0.15
คาร์โบไฮเดรต	34.45

หมายเหตุ : วิเคราะห์โดยวิธี AOAC. ดังภาคผนวก จ

ผลจากการศึกษาคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่นสูตรที่ได้รับการยอมรับมากที่สุด แสดงในตารางที่ 4.12 พบว่า ผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่นสูตรที่ได้รับการยอมรับมากที่สุดมีปริมาณโปรตีน ร้อยละ 9.40 ไขมัน ร้อยละ 0.13, ความชื้น ร้อยละ 55.87, ไม่พบเยื่อใยอาหาร, เถ้า ร้อยละ 0.15 และคาร์โบไฮเดรต ร้อยละ 34.45 จากงานวิจัยของน้ำทิพย์ และ ปวีนา (มปป) ได้ทำการศึกษาการพัฒนาผลิตภัณฑ์กัมมี่สมุนไพรที่มีฤทธิ์สารต้านอนุมูลอิสระ พบว่าผลิตภัณฑ์กัมมี่สมุนไพรที่ผู้บริโภคให้การยอมรับสูงสุดผลิตได้จากการใช้น้ำมะนาวผสมน้ำดอกอัญชัน ซึ่งมีปริมาณโปรตีนเพียง ร้อยละ 2.12 อาจกล่าวได้ว่าปริมาณโปรตีนที่พบในผลิตภัณฑ์ผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่นนั้นได้มาจากเวย์โปรตีน ซึ่งเวย์โปรตีนเป็นแหล่งของโปรตีนคุณภาพสูง มีกรดอะมิโนที่จำเป็นเป็นต่อร่างกายและสามารถย่อยสลายได้ง่ายเป็นจำนวนมาก โดยจะพบว่าแหล่งอาหารบางชนิดจะมีกรดอะมิโนน้อย เช่น ข้าวมีไลซีน (lysine) ต่ำและถั่วเหลืองมีเมไทโอนีน (methionine) ต่ำ จะเห็นได้ว่าเวย์โปรตีนให้กรดอะมิโนที่เพียงพอต่อความต้องการของร่างกายทั้งในวัยเด็กและวัยผู้ใหญ่นอกจากนี้เวย์โปรตีนยังประกอบด้วย Branched-chain amino acid เช่น ลิวซีน (leucine), วาลีน (valine) และ ไอโซลิวซีน (isolucine) (อัจฉริยา, 2551)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.1 ปริมาณสารอาหารที่ให้พลังงานในผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่น

ตารางที่ 4.13 สรุปปริมาณพลังงานที่ได้จากสารโปรตีน สารคาร์โบไฮเดรตและไขมันในผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่น

ประเภทสารอาหาร	ปริมาณพลังที่ได้ (กิโลแคลอรี่ต่อ 100 กรัม)
คาร์โบไฮเดรต	137.8
โปรตีน	37.6
ไขมัน	1.17
รวม	176.57

หมายเหตุ : ปริมาณพลังงานที่ได้ (กิโลแคลอรี่) คำนวณจากสารอาหารที่ให้พลังงาน โปรตีน 1 กรัม ให้พลังงาน 4 กิโลแคลอรี่ ไขมัน 1 กรัม ให้พลังงาน 9 กิโลแคลอรี่ และคาร์โบไฮเดรต 1 กรัม ให้พลังงาน 4 กิโลแคลอรี่

จากตารางที่ 4.13 จะพบว่า ปริมาณพลังงานส่วนใหญ่ของผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่นจะได้มาจากโปรตีนและคาร์โบไฮเดรตเป็นหลักดังภาพที่ 4.1 ซึ่งคาร์โบไฮเดรตเป็นสารอาหารที่ให้พลังงานสูงที่สุด คือ 137.8 กิโลแคลอรี่ต่อ 100 กรัม รองลงมาจะเป็นปริมาณพลังงานจากโปรตีน คือ 37.6 กิโลแคลอรี่ต่อ 100 กรัม และไขมันจะเป็นส่วนที่ให้พลังงานต่ำที่สุด โดยจะมีปริมาณพลังงานเพียง 1.17 กิโลแคลอรี่ต่อ 100 กรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตอนที่ 4 การออกแบบตัวอย่างฉลากและกราฟิกบนบรรจุภัณฑ์สำหรับผลิตภัณฑ์

จากผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสและการคำนวณต้นทุนการผลิตของผลิตภัณฑ์ พบว่า สูตรที่ได้รับการยอมมากที่สุด คือ ผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่นสูตรที่ 3 ดังนั้นทำการออกแบบฉลากของผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่น โดยแสดงส่วนประกอบบนฉลากอาหารตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 100 (พ.ศ. 2529) ใช้เครื่องมือช่วยออกฉลากข้อมูลโภชนาการ GDA จากเว็บไซต์http://food.fda.moph.go.th พบว่า ฉลากโภชนาการของผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่น มีพลังงานทั้งหมด 15 กิโลแคลอรี่ อาศัยหลักเกณฑ์การปัดตัวเลขของการแสดงค่าปริมาณสารอาหารบนฉลากโภชนาการตามสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา แสดงดังภาพที่ 4.2 และ 4.3 ภายหลังการออกแบบกราฟิกบนบรรจุภัณฑ์ของผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่น 3 แบบ แสดงดังภาพที่ 4.4 - 4.6

ข้อมูลโภชนาการ

หนึ่งหน่วยบริโภค : 1/2 ห่อ (15 ก.)
จำนวนหน่วยบริโภคต่อห่อ : 2

คุณค่าทางโภชนาการต่อหนึ่งหน่วยบริโภค
พลังงานทั้งหมด 15 กิโลแคลอรี

		ร้อยละของปริมาณที่แนะนำต่อวัน *
ไขมันทั้งหมด	0 ก.	%
โปรตีน	น้อยกว่า 1 ก.	
คาร์โบไฮเดรตทั้งหมด	3 ก.	1 %
น้ำตาล	0 ก.	
โซเดียม	0 มก.	%

* ร้อยละของปริมาณสารอาหารที่แนะนำให้บริโภคต่อวันสำหรับคนไทยอายุตั้งแต่ 6 ปีขึ้นไป (Thai RDI) โดยคิดจากความต้องการพลังงานวันละ 2,000 กิโลแคลอรี

ภาพที่ 4.2 ฉลากโภชนาการแบบย่อของผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่น

ที่มา : http://food.fda.moph.go.th

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คุณค่าทางโภชนาการต่อ 1 ห่อ
ควรแบ่งกิน ประมาณ 2 ครั้ง

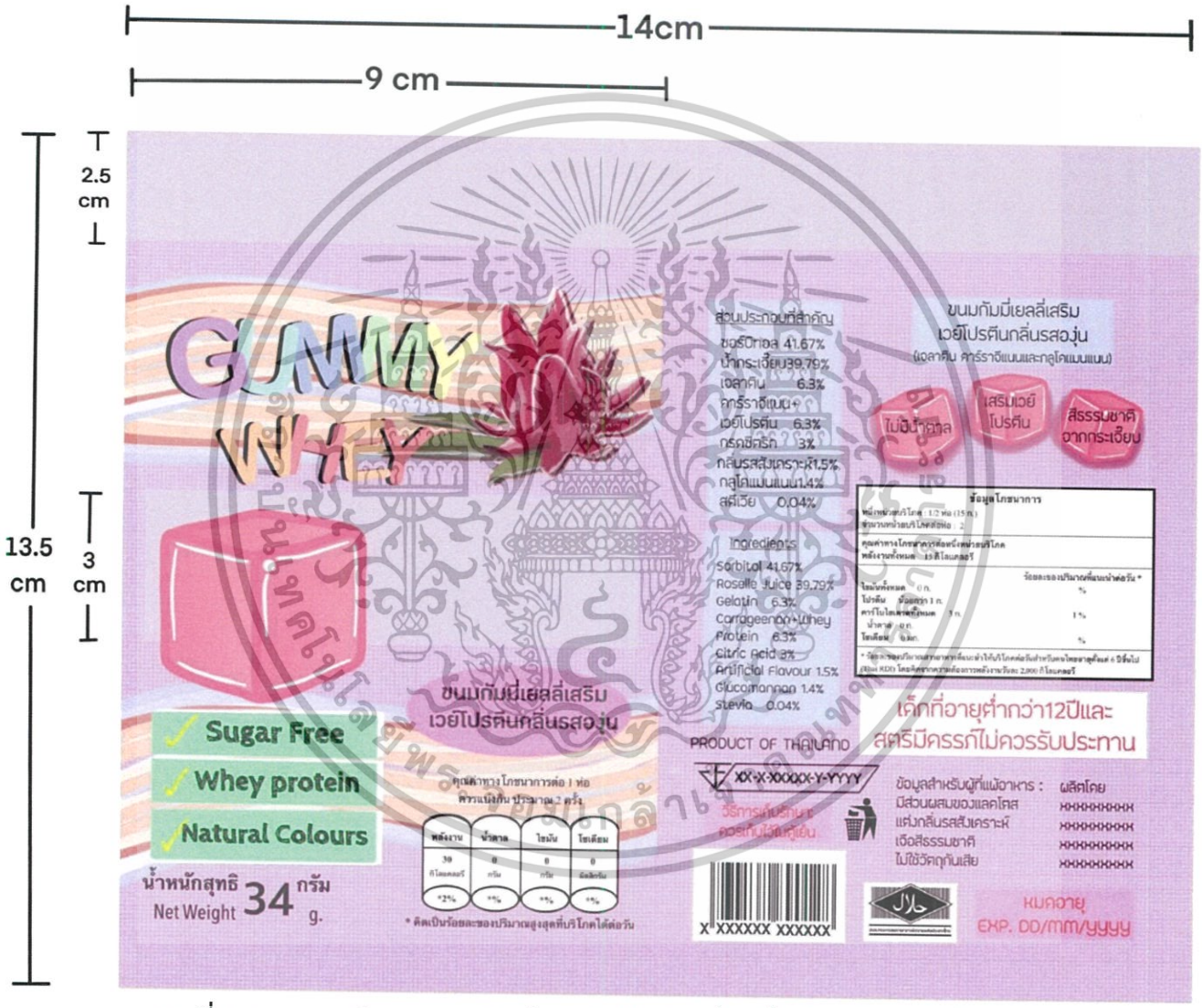
พลังงาน	น้ำตาล	ไขมัน	โซเดียม
30 กิโลแคลอรี	0 กรัม	0 กรัม	0 มิลลิกรัม
*2%	*%	*%	*%

* คิดเป็นร้อยละของปริมาณสูงสุดที่บริโภคได้ต่อวัน

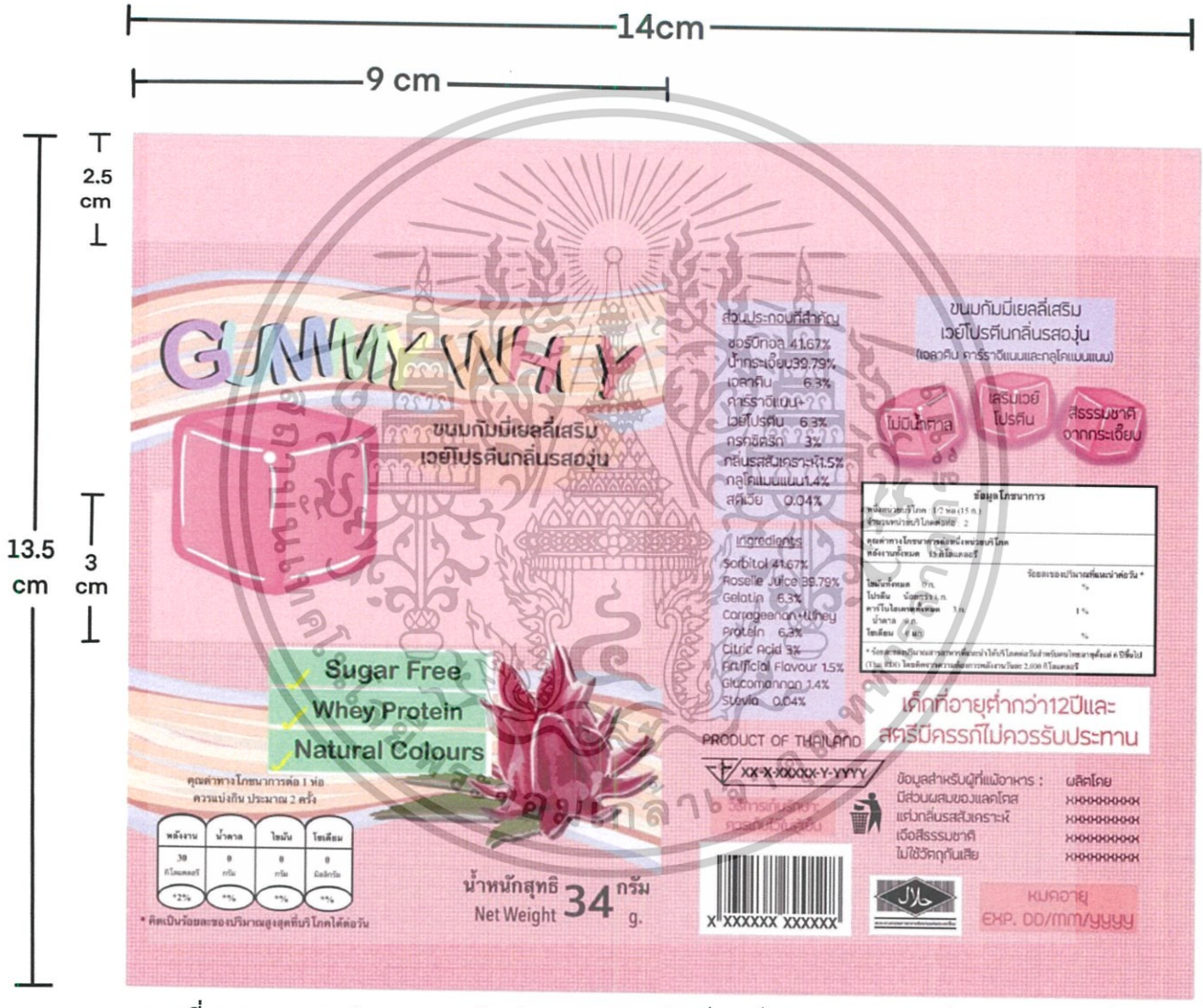
ภาพที่ 4.3 ฉลาก GDA ของผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่น

ที่มา : http://food.fda.moph.go.th

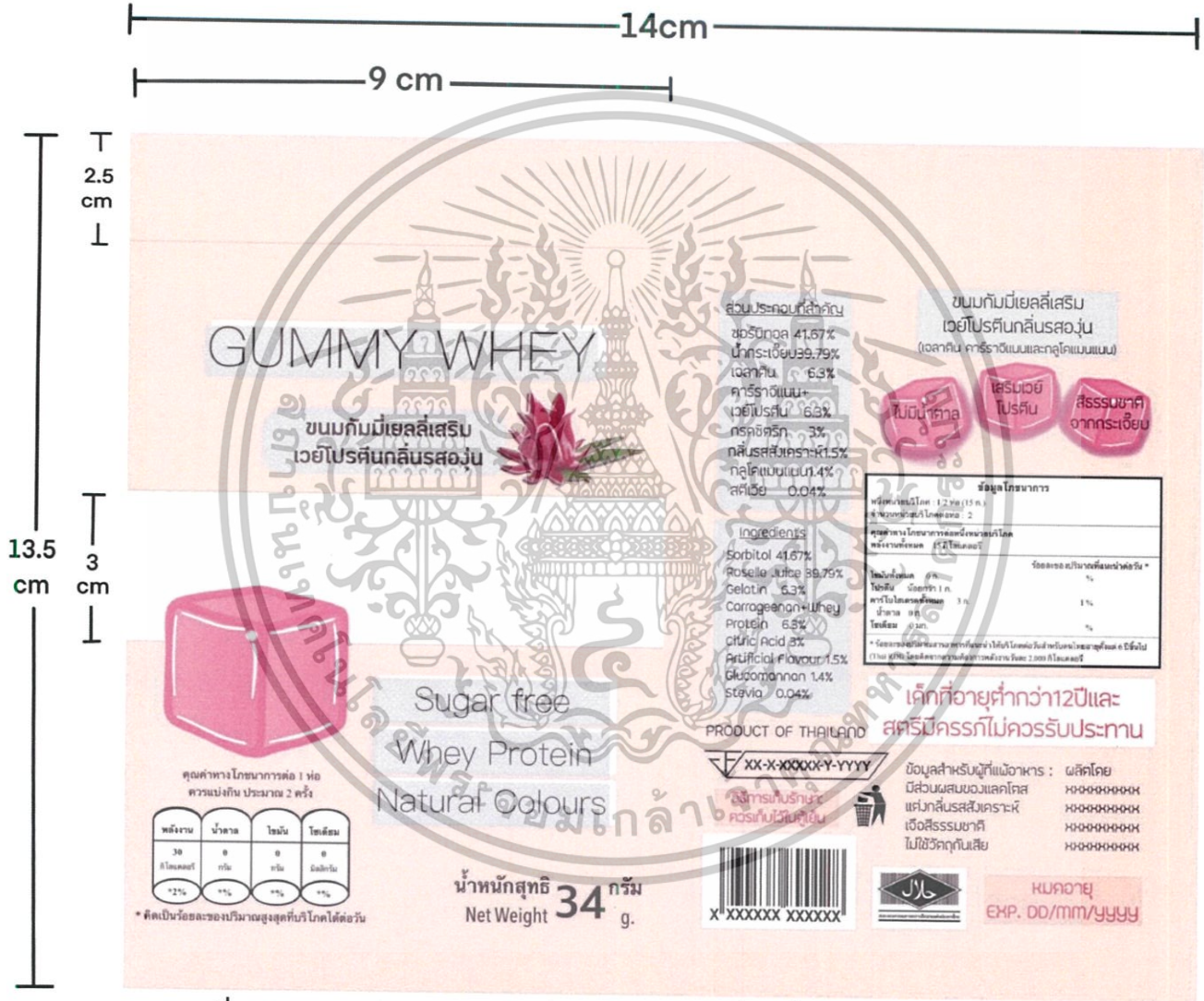
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.4 แบบกราฟิกบนบรรจุภัณฑ์ของผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่น แบบที่ 1



ภาพที่ 4.5 แบบกราฟิกบนบรรจุภัณฑ์ของผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่น แบบที่ 2



ภาพที่ 4.6 แบบกราฟิกบนบรรจุภัณฑ์ของผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่น แบบที่ 3

ตารางที่ 4.14 ผลคะแนนการคัดเลือกแบบกราฟิกบนบรรจุภัณฑ์ของผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่น

รูปแบบบรรจุภัณฑ์	ลักษณะการใช้ภาพประกอบ		ลักษณะการใช้สี		ลักษณะการใช้ตัวอักษร		ความชอบโดยรวม
	ภาพอยู่ในตำแหน่งที่เหมาะสม	ภาพอยู่ในตำแหน่งที่ดึงดูดให้ผลิตภัณฑ์น่าสนใจ	สีเหมาะสมกับองค์ประกอบของรูปและตัวอักษร	สีที่ใช้สื่อความหมายและถ่ายทอดภาพลักษณ์ของผลิตภัณฑ์ได้ดี	การจัดวางตัวอักษรอยู่ในตำแหน่งที่เหมาะสม	รูปแบบของตัวอักษรเหมาะสมกับผลิตภัณฑ์	
แบบที่ 1	3.99^{b}±0.75	3.86^{b}±0.74	3.98^{b}±0.78	3.81^{a}±0.77	3.83^{b}±0.73	3.78^{b}±0.70	3.93^{b}±0.73
แบบที่ 2	4.28^{a}±0.68	4.29^{a}±0.73	4.27^{a}±0.76	4.23^{a}±0.80	4.29^{a}±0.74	4.30^{a}±0.75	4.29^{a}±0.72
แบบที่ 3	3.10^{c}±1.08	2.99^{c}±1.06	3.11^{c}±1.09	3.01^{c}±1.04	3.09^{c}±1.09	2.98^{c}±1.02	3.15^{c}±1.03

หมายเหตุ : ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันในแต่ละสดมภ์แสดงความแตกต่างของข้อมูลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$) กำหนดให้ค่าคะแนนเฉลี่ยที่คำนวณได้ 1.00-1.80 หมายถึง ชอบน้อยที่สุด 1.81-2.60 หมายถึง ชอบน้อย 2.61-3.40 หมายถึง ชอบปานกลาง 3.41-4.20 หมายถึง ชอบมาก 4.21-5.0 หมายถึง ชอบมากที่สุด

จากผลการคัดเลือกแบบกราฟิกบนบรรจุภัณฑ์ของผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่น ในประเด็นเรื่องภาพประกอบที่ใช้ (Illustration) สี (Color) และตัวอักษร (Font) สามารถสื่อถึงเอกลักษณ์ของผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่น โดยใช้ระบบ 5 Point Hedonic Scaling ทำการประเมินความชอบโดยใช้ผู้ทดสอบกลุ่มเป้าหมายที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 100 คน เป็นผู้ประเมินแบบกราฟิกบนบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมที่ได้แสดงดังตารางที่ 4.14

เมื่อพิจารณาความชอบในด้านภาพอยู่ในตำแหน่งที่เหมาะสมของบรรจุภัณฑ์ พบว่าบรรจุภัณฑ์แบบที่ 2 ได้รับคะแนนความชอบสูงสุด โดยได้คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 4.28 รองลงมา คือ แบบที่ 1 และ 3 ได้รับคะแนนความชอบเฉลี่ยเท่ากับ 3.99 และ 3.10 ตามลำดับ ตามลำดับ โดยช่วงค่าคะแนนเฉลี่ยที่คำนวณได้อยู่ในระดับชอบปานกลางถึงชอบมากที่สุด ซึ่งบรรจุภัณฑ์ทั้ง 3 แบบมีความแตกต่างกันกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p>0.05$)

ด้านภาพอยู่ในตำแหน่งที่ดึงดูดให้ผลิตภัณฑ์น่าสนใจ พบว่าบรรจุภัณฑ์ แบบที่ 2 ได้รับคะแนนความชอบสูงสุด โดยได้คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 4.29 รองลงมา คือ แบบที่ 1 และ 3 ได้รับคะแนนความชอบเฉลี่ยเท่ากับ 3.86 และ 2.99 ตามลำดับ ตามลำดับ โดยช่วงค่าคะแนนเฉลี่ยที่คำนวณได้อยู่ในระดับชอบปานกลางถึงชอบมากที่สุด ซึ่งบรรจุภัณฑ์ทั้ง 3 แบบมีความแตกต่างกันกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p>0.05$)

ด้านสีเหมาะสมกับองค์ประกอบของรูปและตัวอักษร พบว่าบรรจุภัณฑ์ แบบที่ 2 ได้รับคะแนนความชอบสูงสุด โดยได้คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 4.27 รองลงมา คือ แบบที่ 1 และ 3 ได้รับคะแนนความชอบเฉลี่ยเท่ากับ 3.98 และ 3.11 ตามลำดับ ตามลำดับ โดยช่วงค่าคะแนนเฉลี่ยที่คำนวณได้อยู่ในระดับชอบปานกลางถึงชอบมากที่สุด ซึ่งบรรจุภัณฑ์ทั้ง 3 แบบมีความแตกต่างกันกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p>0.05$)

ด้านสีที่ใช้สื่อความหมายและถ่ายทอดภาพลักษณ์ของผลิตภัณฑ์ได้ดี พบว่าบรรจุภัณฑ์ แบบที่ 2 ได้รับคะแนนความชอบสูงสุด โดยได้คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 4.23 รองลงมา คือ แบบที่ 1 และ 3 ได้รับคะแนนความชอบเฉลี่ยเท่ากับ 3.81 และ 3.01 ตามลำดับ ตามลำดับ โดยช่วงค่าคะแนนเฉลี่ยที่คำนวณได้อยู่ในระดับชอบปานกลางถึงชอบมากที่สุด ซึ่งบรรจุภัณฑ์ทั้ง 3 แบบมีความแตกต่างกันกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p>0.05$)

ด้านการจัดวางตัวอักษรอยู่ในตำแหน่งที่เหมาะสม พบว่าบรรจุภัณฑ์ แบบที่ 2 ได้รับคะแนนความชอบสูงสุด โดยได้คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 4.29 รองลงมา คือ แบบที่ 1 และ 3 ได้รับคะแนน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความชอบเฉลี่ยเท่ากับ 3.83 และ 3.09 ตามลำดับ ตามลำดับ โดยช่วงค่าคะแนนเฉลี่ยที่คำนวณได้อยู่ในระดับชอบปานกลางถึงชอบมากที่สุด ซึ่งบรรจุภัณฑ์ทั้ง 3 แบบมีความแตกต่างกันกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p>0.05$)

ด้านรูปแบบของตัวอักษรเหมาะสมกับผลิตภัณฑ์ พบว่าบรรจุภัณฑ์ แบบที่ 2 ได้รับคะแนนความชอบสูงสุด โดยได้คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 4.30 รองลงมา คือ แบบที่ 1 และ 3 ได้รับคะแนนความชอบเฉลี่ยเท่ากับ 3.78 และ 2.98 ตามลำดับ ตามลำดับ โดยช่วงค่าคะแนนเฉลี่ยที่คำนวณได้อยู่ในระดับชอบปานกลางถึงชอบมากที่สุด ซึ่งบรรจุภัณฑ์ทั้ง 3 แบบมีความแตกต่างกันกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p>0.05$)

ด้านความชอบโดยรวม พบว่าบรรจุภัณฑ์ แบบที่ 2 ได้รับคะแนนความชอบสูงสุด โดยได้คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 4.29 รองลงมา คือ แบบที่ 1 และ 3 ได้รับคะแนนความชอบเฉลี่ยเท่ากับ 3.93 และ 3.15 ตามลำดับ ตามลำดับ โดยช่วงค่าคะแนนเฉลี่ยที่คำนวณได้อยู่ในระดับชอบปานกลางถึงชอบมากที่สุด ซึ่งบรรจุภัณฑ์ทั้ง 3 แบบมีความแตกต่างกันกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p>0.05$)

ดังนั้นจากผลการคัดเลือกแบบกราฟิกบนบรรจุภัณฑ์ของผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่น พบว่าบรรจุภัณฑ์แบบที่ 2 ได้คะแนนความชอบสูงที่สุดในทุกด้าน เนื่องจากผู้ประเมินมีความชอบในแง่ของสีสันที่สวยงามของบรรจุภัณฑ์ การเลือกใช้สีที่เหมาะสมกับส่วนประกอบต่างๆที่ใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์ นอกจากนี้บรรจุภัณฑ์ยังให้ความรู้สึกสบายตาแก่ผู้ประเมิน

ตอนที่ 5 ผลจากการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์

นำผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่นที่ผ่านการพัฒนาแล้วมาทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค 100 คน ได้ผลการทดลองดังนี้

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้นของผู้ตอบแบบสอบถาม

ผลข้อมูลด้านประชากรศาสตร์ของกลุ่มตัวอย่าง เช่น เพศ อายุ และรายได้ต่อเดือน โดยแจกแจงจำนวนความถี่ (คน) และค่าร้อยละ ได้ผลการทดลองดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.15 ผลแสดงความถี่และร้อยละของกลุ่มตัวอย่างจำแนกตามเพศ อายุ และรายได้ต่อเดือน

ปัจจัยด้านประชากรศาสตร์	ความถี่ (คน)	ร้อยละ
เพศ		
ชาย	45	45.0
หญิง	55	55.0
รวม	100	100.0
อายุ		
20 - 30 ปี	66	66.0
31 – 40 ปี	14	14.0
41 – 50 ปี	11	11.0
มากกว่า 50 ปี	9	9.0
รวม	100	100.0
รายได้ต่อเดือน		
ต่ำกว่า 5,000 บาท	8	8.0
5,000 – 10,000 บาท	34	34.0
10,001 – 20,000 บาท	34	34.0
20,001 – 30,000 บาท	8	8.0
30,001 – 40,000 บาท	9	9.0
มากกว่า 40,000 บาท	7	7.0
รวม	100	100.0

จากตารางที่ 4.15 พบว่ากลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง จำนวน 55 คน คิดเป็นร้อยละ 55.0 และเพศชายจำนวน 45 คน คิดเป็นร้อยละ 45.0 มีอายุระหว่าง 20 – 30 ปี จำนวน 66 คน คิดเป็นร้อยละ 66.0 รองลงมาคืออายุ 31 – 40 ปีจำนวน 14 คน คิดเป็นร้อยละ 14.0 อายุ 41 – 50 ปี จำนวน 11 คน คิดเป็นร้อยละ 11.0 และมากกว่า 50 ปี น้อยที่สุด คือมีจำนวน 9 คน คิดเป็นร้อยละ 9.0 ตามลำดับ ในส่วนของรายได้เฉลี่ยต่อเดือนพบว่าส่วนใหญ่มีรายได้เฉลี่ยต่อเดือนระหว่าง 5,000 – 10,000 บาท จำนวน 34 คน และ 10,001 – 20,000 บาท จำนวน 34 คน คิดเป็นร้อยละ 34.0 เท่ากัน รองลงมาคือมีรายได้เฉลี่ยต่อเดือนระหว่าง 30,001 – 40,000 บาท จำนวน 9 คน

รายได้เฉลี่ยต่อเดือนต่ำกว่า 5,000 บาท และรายได้เฉลี่ยต่อระหว่าง 20,001 – 30,000 บาท จำนวน 8 คน คิดเป็นร้อยละ 8.0 เท่ากัน รายได้เฉลี่ยต่อเดือนมากกว่า 40,000บาท จำนวน 7 คน มีจำนวนน้อยที่สุด คิดเป็นร้อยละ 7.0 ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลพฤติกรรมการบริโภคผลิตภัณฑ์ขนมทานเล่น

ผลการศึกษาพฤติกรรมการบริโภคผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่นของผู้ตอบแบบสอบถาม พบว่าส่วนใหญ่มีพฤติกรรมรับประทานขนมทานเล่นทุกเดือน จำนวน 27 คน คิดเป็นร้อยละ 27.0 รับประทานขนมทานเล่นทุกวัน จำนวน 22 คน คิดเป็นร้อยละ 22.0 รับประทานขนมทานเล่นทุกอาทิตย์ จำนวน 25 คน คิดเป็นร้อยละ 25.0 และ โดยปกติแล้วไม่ทานขนมทานเล่น จำนวน 26 คน คิดเป็นร้อยละ 26.0 ตามลำดับ ในส่วนของผู้บริโภคที่เคยรับประทานกัมมี่เยลลี่ มีจำนวน 94 คน คิดเป็นร้อยละ 94.0 และ ไม่เคยรับประทานกัมมี่เยลลี่ จำนวน 4 คน คิดเป็นร้อยละ 4.0 ตามลำดับ ในส่วนของพฤติกรรมความถี่ในการซื้อขนรับประทานเล่น ซื้อทุกเดือน จำนวน 43 คน คิดเป็นร้อยละ 43.0 รองลงมาคือซื้อทุกอาทิตย์ จำนวน 18 คน คิดเป็นร้อยละ 8 ไม่ซื้อขนมทานเล่น จำนวน 31 คน คิดเป็นร้อยละ 31.0 และผู้บริโภคที่มีพฤติกรรมซื้อขนมทานเล่นทุกวันมีจำนวน 8 คน คิดเป็นร้อยละ 8.0 น้อยที่สุด ตามลำดับ โดยส่วนใหญ่คิดว่าข้อจำกัดทางด้านโภชนาการของผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่มีไม่มีผลต่อการเลือกซื้อจำนวน 85 คน คิดเป็นร้อยละ 85.0 และข้อจำกัดทางด้านโภชนาการของผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่มีผลต่อการเลือกซื้อจำนวน 15 คน คิดเป็นร้อยละ 15.0 ตามลำดับ หากมีบริษัทในประเทศไทยผลิตกัมมี่เยลลี่สูตร เสริมเวย์โปรตีน และ ปราศจากน้ำตาลออกจำหน่าย มีผู้บริโภคที่สนใจมาก จำนวน 50 คน คิดเป็นร้อยละ 50.0 และรองลงมาคือสนใจจำนวน 40 คน คิดเป็นร้อยละ 40.0 มีผู้บริโภคที่เฉยๆ จำนวน 6 คน คิดเป็นร้อยละ 6 และผู้บริโภคจำนวนน้อยที่สุด คือ ไม่สนใจ จำนวน 4 คน คิดเป็นร้อยละ 4.0 ตามลำดับ ในส่วนของการยอมรับผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนและปราศจากน้ำตาลกลิ่นรสองุ่น จำนวน 97 คน คิดเป็นร้อยละ 97.0 และไม่ยอมรับผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนและปราศจากน้ำตาลกลิ่นรสองุ่น จำนวน 3 คน คิดเป็นร้อยละ 3.0 ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.16 ผลแสดงความถี่และร้อยละของข้อมูลพฤติกรรมการบริโภคผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่น

ข้อมูลพฤติกรรมการบริโภค	ความถี่ (คน)	ร้อยละ
รับประทานขนมทานเล่นบ่อยมากแค่ไหน		
ทุกวัน	22	22.0
ทุกอาทิตย์	25	25.0
ทุกเดือน	27	27.0
โดยปกติแล้วไม่ทาน	26	26.0
รวม	100	100.0
เคยรับประทานผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่หรือไม่		
เคย	94	94.0
ไม่เคย	6	6.0
รวม	100	100.0
ความถี่ในการซื้อขนรับประทานเล่น		
ทุกวัน	8	8.0
ทุกอาทิตย์	18	18.0
ทุกเดือน	43	43.0
ไม่ซื้อ	31	31.0
รวม	**รวม**	**รวม**
คิดว่าข้อจำกัดทางด้านโภชนาการของผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่มีผลต่อการเลือกซื้อหรือไม่		
มี	85	85.0
ไม่มี	15	15.0
รวม	100	100.0
ถ้ามีบริษัทในประเทศไทยผลิตกัมมี่เยลลี่สูตร เสริมเวย์โปรตีน และ ปราศจากน้ำตาล ออกจำหน่าย		
น่าสนใจมาก	50	50.0
น่าสนใจ	40	40.0
เฉยๆ	6	6.0
ไม่สนใจ	4	4.0
รวม	100	100.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.17 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่น

คุณลักษณะ	คะแนนที่ได้
ลักษณะที่ปรากฏ	4.12
สี	4.27
กลิ่น	4.26
รสชาติ	4.17
ความแข็ง	3.98
ความชอบโดยรวม	4.22

ภาพที่ 4.7 ลักษณะของผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่นที่ใช้ในการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค

การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อทดสอบสมมติฐาน

สมมติฐานข้อที่ 1 : ผู้บริโภคที่มีเพศแตกต่างกันมีความสัมพันธ์กับการยอมรับผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่นหรือไม่ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

จากสมมติฐานข้างต้นจะมีสมมติฐานเชิงสถิติ ดังนี้

H_0 : ผู้บริโภคมีเพศแตกต่างกันไม่มีความสัมพันธ์กับการยอมรับผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

H_1 : ผู้บริโภคมีเพศแตกต่างกันมีความสัมพันธ์กับการยอมรับผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่น

สำหรับสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ผู้วิจัยใช้ค่าสถิติของการทดสอบไคสแควร์ (Chi-Square test) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และจะปฏิเสธสมมติฐานหลัก (H_0) เมื่อค่า Sig น้อยกว่า 0.05 ผลการทดสอบสมมติฐานแสดงดังตารางที่ 4.18

ตารางที่ 4.18 ผลการทดสอบค่าไคสแควร์ในการยอมรับผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่นของผู้บริโภคโดยจำแนกตามเพศ

การยอมรับ	เพศ		รวม	Chi-Square	Sig.
	ชาย	หญิง			
	จำนวน (ร้อยละ)	จำนวน (ร้อยละ)			
ยอมรับ	45 (46.4)	52 (53.6)	97	2.530[a]	0.112
ไม่ยอมรับ	0 (0.0)	3 (100.0)	3		
รวม	45 (45.0)	55 (55.0)	100		

หมายเหตุ : a หมายถึง 2 cell (50.0%) มีความถี่คาดหวังน้อยกว่า 5 ในที่นี้ความถี่ต่ำสุดอยู่ใน cell เท่ากับ 1.35

จากผลลัพธ์แสดงค่าสถิติทดสอบ Chi-Square test แสดงดังตารางที่ 4.18 พบว่า Pearson Chi-Square เท่ากับ 2.530 และมี 2 cell ที่มีความถี่คาดหวังน้อยกว่า 5 ดูที่ค่า Asymp. Sig. (2-slided) เท่ากับ 0.112 ซึ่งมากกว่า α = 0.05 ดังนั้นจึงสรุปว่า ยอมรับ H_0 นั่นคือในด้านผู้บริโภคที่มีเพศแตกต่างกันไม่มีความสัมพันธ์กับการยอมรับผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่น ผู้บริโภคมีการยอมรับทั้งหมดจำนวน 97 คน โดยเพศหญิงมีการยอมรับผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่นมากกว่าเพศชาย ซึ่งมีจำนวน 52 คน คิดเป็นร้อยละ 53.6 และจำนวนเพศชาย 45 คน คิดเป็นร้อยละ 46.4 ของจำนวนผู้ที่มีการยอมรับผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่น ทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมมติฐานข้อที่ 2 : ผู้บริโภคที่มีเพศแตกต่างกันมีความสัมพันธ์กับการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่นหรือไม่ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

จากสมมติฐานข้างต้นจะมีสมมติฐานเชิงสถิติ ดังนี้

H_0 : ผู้บริโภคมีเพศที่แตกต่างกันไม่มีความสัมพันธ์กับการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่น

H_1 : ผู้บริโภคที่มีเพศแตกต่างกันมีความสัมพันธ์กับการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่น

สำหรับสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ผู้วิจัยใช้ค่าสถิติของการทดสอบไคสแควร์ (Chi-Square test) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และจะปฏิเสธสมมติฐานหลัก (H_0) เมื่อค่า Sig น้อยกว่า 0.05 ผลการทดสอบสมมติฐานแสดงดังตารางที่ 4.19

ตารางที่ 4.19 ผลการทดสอบค่าไคสแควร์ในการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่นของผู้บริโภคโดยจำแนกตามเพศ

การตัดสินใจซื้อ	เพศ		รวม	Chi-Square	Sig.
	ชาย	หญิง			
	จำนวน (ร้อยละ)	จำนวน (ร้อยละ)			
ซื้อ	45 (48.4)	48 (51.6)	93	6.158[a]	0.013
ไม่ซื้อ	0 (0.0)	7 (100.0)	7		
รวม	45 (45.0)	55 (55.0)	100		

หมายเหตุ : a หมายถึง 2 cell (50.0%) มีความถี่คาดหวังน้อยกว่า 5 ในที่นี้ความถี่ต่ำสุดอยู่ใน cell เท่ากับ 1.35

จากผลลัพธ์แสดงค่าสถิติทดสอบ Chi–Square test แสดงดังตารางที่ 4.19 พบว่า Pearson Chi–Square เท่ากับ 6.158 และมี 2 cell ที่มีความถี่คาดหวังน้อยกว่า 5 ดูที่ค่า Asymp. Sig. (2-slided) เท่ากับ 0.013 ซึ่งมากกว่า α = 0.05 ดังนั้นจึงสรุปว่า ยอมรับ H_0 นั่นคือ ในด้านผู้บริโภคที่มีเพศแตกต่างกันไม่มีความสัมพันธ์กับการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่น มีผู้บริโภคตัดสินซื้อทั้งหมดจำนวน 93 คน โดยเพศหญิงมีการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่นมากกว่าเพศชาย ซึ่งมีจำนวน 48 คน คิดเป็นร้อยละ 51.6 โดยเพศชายมีจำนวน 45 คน คิดเป็นร้อยละ 48.4 ของผู้ที่มีการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่น

สมมติฐานข้อที่ 3 : ผู้บริโภคที่มีอายุแตกต่างกันมีความสัมพันธ์กับการยอมรับผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่นหรือไม่ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

จากสมมติฐานข้างต้นจะมีสมมติฐานเชิงสถิติ ดังนี้

H_0 : ผู้บริโภคมีอายุแตกต่างกันไม่มีความสัมพันธ์กับการยอมรับผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่น

H_1 : ผู้บริโภคมีอายุแตกต่างกันมีความสัมพันธ์กับการยอมรับผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่น

สำหรับสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ผู้วิจัยใช้ค่าสถิติของการทดสอบไคสแควร์ (Chi-Square test) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และจะปฏิเสธสมมติฐานหลัก (H_0) เมื่อค่า Sig น้อยกว่า 0.05 ผลการทดสอบสมมติฐานแสดงดังตารางที่ 4.20

ตารางที่ 4.20 ผลการทดสอบค่าไคสแควร์ในการยอมรับผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่นของผู้บริโภคโดยจำแนกตามอายุ

การยอมรับ	อายุ				รวม	Chi-Square	Sig.
	20 – 30 ปี	31 – 40 ปี	41 – 50 ปี	51 ปีขึ้นไป			
	จำนวน (ร้อยละ)	จำนวน (ร้อยละ)	จำนวน (ร้อยละ)	จำนวน (ร้อยละ)			
ยอมรับ	66 (68.0)	14 (14.4)	11 (11.3)	6 (6.2)	97	31.271[a]	0.00
ไม่ยอมรับ	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	3 (100.0)	3		
รวม	66 (66.0)	14 (14.0)	11 (11.0)	9 (9.0)	100		

หมายเหตุ : a หมายถึง 4 cell (50.0%) มีความถี่คาดหวังน้อยกว่า 5 ในที่นี้ความถี่ต่ำสุดอยู่ใน cell เท่ากับ 0.27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากผลลัพธ์แสดงค่าสถิติทดสอบ Chi–Square test แสดงดังตารางที่ 4.20 พบว่า Pearson Chi–Square เท่ากับ 31.271 และมี 4 cell ที่มีความถี่คาดหวังน้อยกว่า 5 ดูที่ค่า Asymp. Sig. (2-slided) เท่ากับ 0.00 ซึ่งน้อยกว่า α = 0.05 ดังนั้นจึงสรุปว่า ยอมรับ H_1 คือ ผู้บริโภคมีอายุแตกต่างกันมีความสัมพันธ์กับการยอมรับผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่น ผู้บริโภคมีการยอมรับผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่นทั้งหมดจำนวน 97 คน โดยผู้บริโภคที่มีการยอมรับ มีอายุระหว่าง 20 – 30 ปี จำนวน 66 คน คิดเป็นร้อยละ 68.0 รองลงมาคือ ผู้บริโภคที่มีอายุระหว่าง 31 – 40 ปี จำนวน 14 คน คิดเป็นร้อยละ 14.4 ผู้บริโภคที่มีอายุระหว่าง 41 – 50 ปี จำนวน 11 คน คิดเป็นร้อยละ 11.3 และผู้บริโภคที่มีอายุ 51 ปีขึ้นไปมีการตัดสินใจซื้อ จำนวน 6 คน คิดเป็นร้อยละ 6.2 ตามลำดับ

สมมติฐานข้อที่ 4 : ผู้บริโภคที่มีอายุแตกต่างกันมีความสัมพันธ์กับการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่น หรือไม่ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

จากสมมติฐานข้างต้นจะมีสมมติฐานเชิงสถิติ ดังนี้

H_0 : ผู้บริโภคมีอายุที่แตกต่างกันไม่มีความสัมพันธ์กับการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่น

H_1 : ผู้บริโภคที่มีอายุแตกต่างกันมีความสัมพันธ์กับการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่น

สำหรับสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ผู้วิจัยใช้ค่าสถิติของการทดสอบไคสแควร์ (Chi-Square test) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และจะปฏิเสธสมมติฐานหลัก (H_0) เมื่อค่า Sig น้อยกว่า 0.05 ผลการทดสอบสมมติฐานแสดงดังตารางที่ 4.21

จากผลลัพธ์แสดงค่าสถิติทดสอบ Chi–Square test แสดงดังตารางที่ 4.21 พบว่า Pearson Chi–Square เท่ากับ 76.105 และมี 4 cell ที่มีความถี่คาดหวังน้อยกว่า 5 ดูที่ค่า Asymp. Sig. (2-slided) เท่ากับ 0.00 ซึ่งน้อยกว่า α = 0.05 ดังนั้นจึงสรุปว่า ยอมรับ H_1 คือ ผู้บริโภคที่มีอายุแตกต่างกันมีความสัมพันธ์กับการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่น ผู้บริโภคที่ตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่นมีทั้งหมดจำนวน 93 คน โดยผู้บริโภคที่ตัดสินใจซื้อมีอายุระหว่าง 20 – 30 ปี จำนวน 66 คน คิดเป็นร้อยละ 71.0 รองลงมาคือ ผู้บริโภคที่มีอายุระหว่าง 31 – 40 ปี จำนวน 14 คน คิดเป็นร้อยละ 15.1 ผู้บริโภคที่มีอายุระหว่าง 41 – 50 ปี จำนวน 11 คน คิดเป็นร้อยละ 11.8 และผู้บริโภคที่มีอายุ 51 ปีขึ้นไป มีการตัดสินใจซื้อจำนวน 2 คน คิดเป็นร้อยละ 2.2 ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.21 ผลการทดสอบค่าไคสแควร์ในการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่นของผู้บริโภคโดยจำแนกตามอายุ

การตัดสินใจซื้อ	อายุ				รวม	Chi-Square	Sig.
	20 – 30 ปี	31 – 40 ปี	41 – 50 ปี	51 ปีขึ้นไป			
	จำนวน (ร้อยละ)	จำนวน (ร้อยละ)	จำนวน (ร้อยละ)	จำนวน (ร้อยละ)			
ซื้อ	66 (71.0)	14 (15.1)	11 (11.8)	2 (2.2)	93	76.105[a]	0.00
ไม่ซื้อ	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	7 (100.0)	7		
รวม	66 (66.0)	14 (14.0)	11 (11.0)	9 (9.0)	100		

หมายเหตุ : a หมายถึง 4 cell (50.0%) มีความถี่คาดหวังน้อยกว่า 5 ในที่นี้ความถี่ต่ำสุดอยู่ใน cell เท่ากับ 0.63

สมมติฐานข้อที่ 5 : ผู้บริโภคที่มีรายได้แตกต่างกันมีความสัมพันธ์กับการยอมรับผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่นหรือไม่ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

จากสมมติฐานข้างต้นจะมีสมมติฐานเชิงสถิติ ดังนี้

H_0 : ผู้บริโภคมีรายได้แตกต่างกันไม่มีความสัมพันธ์กับการยอมรับผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่น

H_1 : ผู้บริโภคมีรายได้แตกต่างกันมีความสัมพันธ์กับการยอมรับผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่น

สำหรับสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ผู้วิจัยใช้ค่าสถิติของการทดสอบไคสแควร์ (Chi-Square test) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และจะปฏิเสธสมมติฐานหลัก (H_0) เมื่อค่า Sig น้อยกว่า 0.05 ผลการทดสอบสมมติฐานแสดงดังตารางที่ 4.22

จากผลลัพธ์แสดงค่าสถิติทดสอบ Chi–Square test แสดงดังตารางที่ 4.22 พบว่า Pearson Chi–Square เท่ากับ 41.090 และมี 6 cell ที่มีความถี่คาดหวังน้อยกว่า 5 ดูที่ค่า Asymp. Sig. (2-slided) เท่ากับ 0.00 ซึ่งน้อยกว่า α = 0.05 ดังนั้นจึงสรุปว่า ยอมรับ H_1 นั่นคือ ผู้บริโภคมีรายได้แตกต่างกันมีความสัมพันธ์กับการยอมรับผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่น ผู้บริโภคมีการยอมรับผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่นทั้งหมดจำนวน 97 คน โดยมีผู้บริโภคที่มี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายได้ระหว่าง 5,000 – 10,000 บาท และ 10,001 – 20,000 บาท ตัดสินใจซื้อ จำนวน 34 คน คิดเป็นร้อยละ 35.1 เท่ากัน รองลงมาคือ ผู้ที่มีรายได้ 30,001 – 40,000 จำนวน 9 คน คิดเป็นร้อยละ 9.3 ผู้ที่มีรายได้ต่ำกว่า 5,000 บาท และ20,001 – 30,000 บาท จำนวน 8 คน คิดเป็นร้อยละ 8.2 เท่ากัน และผู้ที่มีรายได้มากกว่า 40,000 บาท จำนวน 4 คน คิดเป็นร้อยละ 4.1 น้อยที่สุดตามลำดับ

ตารางที่ 4.22 ผลการทดสอบค่าไคสแควร์ในการยอมรับผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่นของผู้บริโภคโดยจำแนกตามรายได้

การยอมรับ	รายได้						รวม	Chi-Square	Sig.
	ต่ำกว่า 5,000 บาท	5,000 – 10,000 บาท	10,001 – 20,000 บาท	20,001 – 30,000 บาท	30,001 – 40,000 บาท	มากกว่า 40,000 บาท			
	จำนวน (ร้อยละ)	จำนวน (ร้อยละ)	จำนวน (ร้อยละ)	จำนวน (ร้อยละ)	จำนวน (ร้อยละ)	จำนวน (ร้อยละ)			
ยอมรับ	8 (8.2)	34 (35.1)	34 (35.1)	8 (8.2)	9 (9.3)	4 (4.1)	97	41.090	0.00
ไม่ยอมรับ	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	3 (100.0)	3		
รวม	8 (8.0)	34 (34.0)	34 (34.0)	8 (8.0)	9 (9.0)	7 (7.0)	100		

หมายเหตุ : a หมายถึง 6 cell (50.0%) มีความถี่คาดหวังน้อยกว่า 5 ในที่นี้ความถี่ต่ำสุดอยู่ใน cell เท่ากับ 0.21

สมมติฐานข้อที่ 6 : ผู้บริโภคที่มีรายได้แตกต่างกันมีความสัมพันธ์กับการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่นหรือไม่ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

จากสมมติฐานข้างต้นจะมีสมมติฐานเชิงสถิติ ดังนี้

H_0 : ผู้บริโภคมีรายได้ที่แตกต่างกันไม่มีความสัมพันธ์กับการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่น

H_1 : ผู้บริโภคที่มีรายได้แตกต่างกันมีความสัมพันธ์กับการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่น

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ผู้วิจัยใช้ค่าสถิติของการทดสอบไคสแควร์ (Chi-Square test) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และจะปฏิเสธสมมติฐานหลัก (H_0) เมื่อค่า Sig น้อยกว่า 0.05 ผลการทดสอบสมมติฐานแสดงดังตารางที่ 4.23

ตารางที่ 4.23 ผลการทดสอบค่าไคสแควร์ในการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่นของผู้บริโภคโดยจำแนกตามรายได้

การตัดสินใจซื้อ	รายได้						รวม	Chi-Square	Sig.
	ต่ำกว่า 5,000 บาท	5,000 – 10,000 บาท	10,001 – 20,000 บาท	20,001 – 30,000 บาท	30,001 – 40,000 บาท	มากกว่า 40,000 บาท			
	จำนวน (ร้อยละ)	จำนวน (ร้อยละ)	จำนวน (ร้อยละ)	จำนวน (ร้อยละ)	จำนวน (ร้อยละ)	จำนวน (ร้อยละ)			
ซื้อ	8 (8.6)	34 (36.6)	34 (36.6)	8 (8.6)	9 (9.7)	0 (0.0)	93	100.00[a]	0.00
ไม่ซื้อ	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	7 (100.0)	7		
รวม	8 (8.0)	34 (34.0)	34 (34.0)	8 (8.0)	9 (9.0)	7 (7.0)	100		

หมายเหตุ : a หมายถึง 6 cell (50.0%) มีความถี่คาดหวังน้อยกว่า 5 ในที่นี้ความถี่ต่ำสุดอยู่ใน cell เท่ากับ 0.49

จากผลลัพธ์แสดงค่าสถิติทดสอบ Chi–Square test แสดงดังตารางที่ 4.23 พบว่า Pearson Chi–Square เท่ากับ 100.00 และมี 6 cell ที่มีความถี่คาดหวังน้อยกว่า 5 ดูที่ค่า Asymp. Sig. (2-slided) เท่ากับ 0.00 ซึ่งน้อยกว่า α = 0.05 ดังนั้นจึงสรุปว่า ยอมรับ H_1 นั่นคือ ผู้บริโภคที่มีรายได้แตกต่างกันมีความสัมพันธ์กับการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่น ผู้บริโภคมีการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่นทั้งหมดจำนวน 93 คน โดยมีผู้บริโภคที่มีรายได้ระหว่าง 5,000 – 10,000 บาท และ 10,001 – 20,000 บาท ตัดสินใจซื้อจำนวน 34 คน คิดเป็นร้อยละ 36.6 เท่ากัน รองลงมาคือ ผู้ที่มีรายได้ 30,001 – 40,000 จำนวน 9 คน คิดเป็นร้อยละ 9.7 ผู้ที่มีรายได้ต่ำกว่า 5,000 บาท และ20,001 – 30,000 บาท จำนวน 8 คน คิดเป็นร้อยละ 8.6 เท่ากัน ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

จากข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่างผู้บริโภคผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่ จะเห็นได้ว่าผู้บริโภคทั้งเพศหญิงและเพศชายนั้นรับประทานขนมทานเล่นเป็นประจำทุกเดือนและเคยรับประทานผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่ โดยมีความถี่ในการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่ทุกเดือน ซึ่งผู้บริโภคส่วนใหญ่นั้นจะมีความกังวลในข้อจำกัดทางด้านโภชนาการของผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่ เนื่องด้วยพฤติกรรมการบริโภคที่เปลี่ยนแปลงไป โดยผู้บริโภคทั้งในวัยเด็กและวัยผู้ใหญ่ได้หันมาใส่ใจสุขภาพมากขึ้น ซึ่งผู้วิจัยจึงได้คิดค้นผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่ที่สามารถตอบสนองต่อความต้องการของผู้บริโภค โดยผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่นได้ถูกพัฒนาขึ้นมาเพื่อเป็นขนมทานเล่นที่มีคุณค่าทางโภชนาการและเป็นทางเลือกให้ผู้บริโภคที่หลีกเลี่ยงการบริโภคน้ำตาลที่มากเกินไป เนื่องจากการใช้สารให้ความหวานแทนน้ำตาลนั้นไม่ก่อให้เกิดฟันผุและมีผลต่อระดับน้ำตาลในกระแสเลือดน้อย อีกทั้งมีแคลอรี่ต่ำอีกด้วย โดยผู้บริโภคส่วนใหญ่มีความคิดเห็นเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่นว่าถ้าหากมีบริษัทในประเทศไทยผลิตผลิตภัณฑ์นี้ขึ้นมาผู้บริโภคส่วนใหญ่ให้ความสนใจเป็นอย่างมาก

จากผลการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภคและการคำนวณต้นทุนในการผลิต พบว่า ผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่นสูตรที่ดีที่สุดคือสูตรที่ประกอบไปด้วยปริมาณเจลาติน ส่วนผสมระหว่างเวย์โปรตีนกับคาร์ราจีแนน ซอบิทอล และสารสตีวิโอไซด์เท่ากับ 6.3, 6.3, 41.67 และ 0.04 ตามลำดับ โดยจะมีค่าความแข็ง, ความยืดเกาะ,ความยืดหยุ่น, ความเคี้ยวได้ และความหนืบหนับ เท่ากับ 5.43 , 0.43 , 3.19 , 0.87 และ 2.33 ตามลำดับ ผลิตภัณฑ์มีค่าความสว่าง L* เท่ากับ 33.66 ค่า a* เท่ากับ 23.28 และค่า b* เท่ากับ 1.40 แสดงให้เห็นว่าผลิตภัณฑ์มีสีแดงอมม่วง ซึ่งค่าสีของผลิตภัณฑ์ส่งผลต่อคะแนนการทดสอบคุณภาพทางด้านสี มีปริมาณน้ำอิสระ (water activity) เท่ากับ 0.80 ในส่วนของค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด ค่าความเป็นกรดด่างและปริมาณกรดทั้งหมด จะมีค่าเท่ากับ 47.93 องศาบริกซ์, 3.49 และ 1.29 ตามลำดับ

จากผลการศึกษาคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์ พบว่า ผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่นมีโปรตีน ร้อยละ 9.40 คาร์โบไฮเดรต ร้อยละ 34.45 และมีไขมัน ร้อยละ 0.13 ซึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อคำนวณพลังงานออกมาแล้วจะมีพลังงานเพียง 176.57 กิโลแคลอรี่ ซึ่งมีปริมาณที่ต่ำกว่าผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่ที่มีอยู่ในท้องตลาด และเมื่อทำการประเมินการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่น พบว่า ผู้บริโภคส่วนใหญ่ให้การยอมรับผลิตภัณฑ์นี้ จึงได้ทำการออกแบบฉลากและกราฟิกบนบรรจุภัณฑ์ โดยผลการคัดเลือกแบบกราฟิกบนบรรจุภัณฑ์ของผลิตภัณฑ์ พบว่า แบบที่ 2 เป็นแบบที่เหมาะสมในการนำมาใช้เพื่อเป็นรูปลักษณ์ตัวแทนของผลิตภัณฑ์มากที่สุด ในบรรจุภัณฑ์ 1 ห่อจะบรรจุกัมมี่เยลลี่ 10 ชิ้น และหากมีวางจำหน่ายในราคา 17 บาท ต่อน้ำหนักผลิตภัณฑ์ 34 กรัม ซึ่งผู้บริโภคส่วนใหญ่ที่ให้การยอมรับและตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่นนั้นจะอยู่ในช่วงอายุ 20-30 ปี นอกจากนี้จากแบบสำรวจจะพบว่าผู้บริโภคในช่วงอายุ 41-50 ปีให้การยอมรับและตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์เช่นกัน เนื่องจากมีเนื้อสัมผัสที่ง่ายต่อการเคี้ยวและปราศน้ำตาล อีกทั้งมีแบบกราฟิกบนบรรจุภัณฑ์ที่ทันสมัยน่าสนใจ

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ควรมีการศึกษาอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์และความคงตัวของผลิตภัณฑ์ในสภาวะการเก็บต่างๆ เพื่อหาวิธีการเก็บผลิตภัณฑ์ที่เหมาะสมที่สุด

5.2.2 เนื่องจากเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์สามารถสูญเสียคุณสมบัติได้ง่าย เมื่ออยู่ในที่ที่มีอุณหภูมิสูงมาก ดังนั้นในการเก็บรักษาเพื่อรอการจำหน่ายหรือในระหว่างการขนส่ง และการบริโภคจึงควรเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ในที่ที่มีอุณหภูมิต่ำ

5.2.3 ผู้ทดสอบส่วนใหญ่ให้การยอมรับผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่น จึงควรมีการเพิ่มคุณประโยชน์ด้านอื่นๆในผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่นมากขึ้น เช่น การเพิ่มใยอาหารหรือเพิ่มวิตามินต่างๆ เป็นต้น

5.2.4 ก่อนมีการจำหน่ายสู่ตลาดต้องผ่านการขออนุญาตผลิตภัณฑ์ โดยขออนุญาตเลขสารบบอาหารจากสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

กระทรวงสาธารณสุข. 2528. แยม เยลลี่ และมาร์มาเลดในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท. ประกาศกระทรวงสาธารณสุข, ฉบับที่ 89, กรุงเทพฯ.

กุลพร พุทธมี, จิรพร สวัสดิการ และศรายุทธ์ จิตรพัฒนากุล. 2557. **การพัฒนาผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่หนามแดง**. คณะเทคโนโลยีการเกษตร, มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

กนกวรรณ อภิรมย์ชัยกุล และ จักรพงษ์ ดำรงวาจาสัตย์. 2549. **ขนมเจลาตินชนิดปราศจากน้ำตาล.** วิทยานิพนธ์เภสัชศาสตรบัณฑิต, คณะเภสัชศาสตร์, มหาวิทยาลัยมหิดล.

กล้ารณงค์ ศรีรอต. 2542. **สารให้ความหวาน**. พิมพ์ครั้งที่ 1. จาร์พา เท็คเซ็นเตอร์. กรุงเทพฯ

กัญญา บุตราช. 2536. **การหาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการผลิตซอร์บิทอลจาก Zymomonas mobilis สายพันธุ์ IF 13756**. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

จุฑารัตน์ บุญศรี. 2553. **การพัฒนาผลิตภัณฑ์เยลลี่กระเจี๊ยบแดงผสมสมุนไพร.** วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. สาขาพัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

จุฑารัตน์ บุญศรี. 2553. **การพัฒนาผลิตภัณฑ์เยลลี่กระเจี๊ยบแดงผสมสมุนไพร.** วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. สาขาพัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. *Cited* J.O. Aina and A.A. Shodipe. 2006. Colour stability and vitamin C retention of roselle juice (Hibiscus sabdariffa L) in different packaging materials. **Nutrition & Food Science**. 36(2), pp. 90-95.

จุฑารัตน์ บุญศรี. 2553. **การพัฒนาผลิตภัณฑ์เยลลี่กระเจี๊ยบแดงผสมสมุนไพร.** วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. สาขาพัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. *Cited* J. H. Von Elbe and S. J. Schwartz. 1996. Colorants, pp 651-722. *In* Fenema OR, ed. **Food Chemistry**. New York: Marcel Dekker.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จุฑารัตน์ บุญศรี. 2553. **การพัฒนาผลิตภัณฑ์เยลลี่กระเจี๊ยบแดงผสมสมุนไพร.** วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. สาขาพัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. *Cited* Skrede, G. and Wrolstad, R. E. 2002. Flavonoids and other polyphenolics in grapes and other berry fruit, pp. 71–130. *In* J. Shi, G. Mazza and M. Le Maguer, eds. **Functional foods—biochemical processing aspect**. CRC Press LLC, Boca Raton, FL.

จุฑามาศ พีรพัชระ, ชนิดา ประจักษ์จิตร, ทิญาภัช สุชาเจริญสุข และผุสดี สุชาเจริญสุข. 2554. **ความรู้เรื่องเยลลี่**. แหล่งที่มา: http://www.clinictech.most.go.th/online/techlist/attachFile/20122141354261.pdf, 25 มกราคม 2562.

แฉล้ม มาศวรรณา, สุรพงษ์ เจริญรัถ, ชัยรัตน์ ตุลยพชร และปัญญา เอกมหาชัย. 2545. **กระเจี๊ยบแดงพืชสมุนไพร**. วิทยานิพนธ์ปริญญาเอก. ภาควิชาเทคโนโลยีชีวภาพ, คณะอุตสาหกรรมเกษตร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ดุษฎี อุตภาพ และ นุช เจริญกล. 2555. **สมบัติทางเคมีของคาร์โบไฮเดรตไฮโดรคอลลอยด์และการประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรม**. แหล่งที่มา: https://eu.lib.kmutt.ac.th/elearning/Courseware/BCT611/chapter4.html, 25 มกราคม 2562.

ณชัชากร วรสาร. 2560. **การเตรียมและประเมินผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่ที่มีส่วนผสมของกลูโคแมนแนน**. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ความงามและสุขภาพ, มหาวิทยาลัยขอนแก่น

ณรงค์ นิยมวิทย์. 2538. **องค์ประกอบและการเปลี่ยนแปลงทางเคมีกายภาพของอาหาร**. คณะอุตสาหกรรมเกษตร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ทรงปราชญ์ ผาบไชย. 2559. **ส่วนประสมการตลาดที่มีผลต่อผู้บริโภคในอำเภอเชียงใหม่ในการซื้อผลิตภัณฑ์โปรตีนเสริมกล้ามเนื้อ**. วิทยานิพนธ์บริหารธุรกิจมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ธงชัย สุวรรณสิชณน์, วิชัย หฤทัยธนาสันติ์, เพ็ญขวัญ ชมปรีดา และพจนีย์ พงศ์พงัน. 2544. การประยุกต์ใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ทำนายไอโซเทอร์มการดูดซับความชื้นของฟลาวร์ข้าวชนิดต่างๆ, น. 515-521. *ใน* **รายงานการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 39 (สาขาอุตสาหกรรมเกษตร).** มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ

ธัญญาภรณ์ ศิริเลิศ. 2549. การประเมินลักษณะเนื้อสัมผัสในอาหาร. **วารสารเทคโนโลยีการอาหารมหาวิทยาลัยสยาม** 3 (1): 6-13.

ธีราพร จุลยุเสน. 2559. **การวิเคราะห์เนื้อสัมผัส (Texture Analysis).** สาขาวิชาวิศวกรรมเกษตร, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

ธีรวรรณ สุวรรณ์, วัชระ ประดุจพรม และวิโรพร งามรูป. 2560. **การพัฒนาผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่ใบรางจืด.** สาขาวิชานวัตกรรมและเทคโนโลยีการพัฒนาผลิตภัณฑ์, คณะอุตสาหกรรมเกษตร, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

ธีระยุทธ กลิ่นสุคนธ์. 2533. การทดสอบฤทธิ์ทางสรีรวิทยาของสตีวิโอไซด์. 194 น. *ใน* **การสัมมนาเรื่องการวิจัยหญ้าหวาน ครั้งที่** 1. (สถาบันวิจัยและพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี), มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.

น้ำทิพย์ วงษ์ประทีป, สุขสมาน สังโยคะ และปวีนา น้อยทัพ. ม.ป.ป. **การพัฒนาผลิตภัณฑ์กัมมี่สมุนไพรที่มีฤทธิ์สารต้านอนุมูลอิสระ.** มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม.

นงลักษณ์ งามพีระพงศ์. 2557. **การพัฒนาผลิตภัณฑ์แยมกระเจี๊ยบแดงลดน้ำตาล.** วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาพัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

นิตยกานต์ บุญหมั้น. 2544. **การปรับปรุงโยเกิร์ตแคลอรี่ต่ำโดยการใช้สารสกัดจากหญ้าหวานเป็นสารให้ความหวานและเพิ่มลักษณะเนื้อสัมผัสโดยการเติมลูกชิด.** วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาเทคโนโลยีชีวภาพ, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

นิธิยา รัตนาปนนท์. 2545. **เคมีอาหาร.** พิมพ์ครั้งที่ 1. สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นิธิยา รัตนาปนนท์, 2534, **คอลลอยด์**, ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

บริษัท เมก้า ไลฟ์ไซแอ็นซ์ พีทีวาย จำกัด. 2562. แหล่งที่มา: http://www.megasportnutrition.com/muscle-nutrient/muscle-nutrient-whey-protein.html, 23 มีนาคม 2562

ประเสริฐ คำมูลทา. 2525. **ผลของสตีเวียไซด์จากหญ้าหวาน (*Stevia rebaudiana* Bertoni) ต่อการสืบพันธุ์ของหนูตัวผู้พันธุ์วิสตาร์**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.

มลฤดี ศรีอุดมศิลป์ และ ศุทธินี ข่ายมาน. 2543. **การผลิตเยลลี่น้ำกระเจี๊ยบที่ลดแคลอรี่โดยใช้คาราจีแนน แซนแทนกัมและโลคัสบีนกัม**. วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สถาบันเทคโนโลยีเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

วีระชัย อินทรพานิช. 2529. **การสกัดสตีวิโอไซด์จากสตีเวีย**. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาการสอนเคมี, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

วรจนา หนูเจียม. 2552. **ผลของการเสริมเวย์โปรตีนที่มีต่อองค์ประกอบร่างกายและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อในนักกีฬายกน้ำหนัก**. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิทยาศาสตร์การกีฬา, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วราภรณ์ วิทยาภรณ์. 2543. **การศึกษาสมบัติของเจลผสมระหว่างแคปปา-คาร์ราจีแนนกับกูโคแมนแนนและการประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์เยลลี่**. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาพัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วราภรณ์ วิทยาภรณ์. 2543. **การศึกษาสมบัติของเจลผสมระหว่างแคปปา-คาร์ราจีแนนกับกูโคแมนแนนและการประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์เยลลี่**. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาพัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. *Cited* Berry, B.W. and S.H. Comstock.1981. Effect of degree of compression on texture profit parameters. **Journal of Texture Studies**. 11: 137-147

วราภรณ์ วิทยาภรณ์. 2543. **การศึกษาสมบัติของเจลผสมระหว่างแคปปา-คาร์ราจีแนนกับกูโคแมนแนนและการประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์เยลลี่**. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต,

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ ดัดแปลง เผยแพร่ หรือแสวงหาประโยชน์ทางการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สาขาพัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. *Cited* Iida, H., T. Ochi, S. Ohashi, K. Kohyama, K. Nishinari, P.A. Williams and G.O. Phillips. 1994. Large deformation rheology of mixed gels of konjac-kappa carrageenan, pp. 451-456. *In* K. Nishinari and E. Doi, eds. **Food Hydrocolloids : Structure, Properties and Functions**. Plenum Press, New York.

วรรณา ตั้งเจริญชัย และ วิบูลย์ศักดิ์ กาวิละ. 2531. **นมและผลิตภัณฑ์นม**. พิมพ์ครั้งที่ 1. โอ.เอส.พริ้นติ้งเฮ้าส์, กรุงเทพฯ

วิลาสินี ดีปัญญา. 2557. **การพัฒนาผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่มะขาม**. สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร, คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

ศรีสกุล วรจันทรา. 2539. โภชนศาสตร์สัตว์. สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ.

ศิมาภรณ์ มีแสง. 2545. การพัฒนาผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่รสมะนาววิตามินซีสูง. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ศิริลักษณ์ สินธวาลัย. 2525. **หลักการถนอมอาหารและการควบคุมคุณภาพอาหาร**. คณะคหกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ศิวาพร ศิวเวช. 2535. **วัตถุเจือปนอาหารในผลิตภัณฑ์อาหาร**. ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร, คณะอุตสาหกรรม, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

เศรษฐิณี แสงออน, สุภาวดี ดาวดี และดวงกมล ศักดิ์เลิศสกุล. 2558. การพัฒนาผลิตภัณฑกัมมี่เยลลี่จากสารสกัดหมากเม่า. **วารสารเภสัชศาสตร์อีสาน** 11 (ฉบับพิเศษ): 261-266.

สรจักร ศิริบริรักษ์. 2549. **เภสัชโภชนา 2**. พิมพ์ครั้งที่ 1. สำนักพิมพ์ซีเอ็ดยูเคชั่น. กรุงเทพฯ

สุธาทิพ ภมรประวัติ. 2551. **กระเจี๊ยบแดง**. แหล่งที่มา: https://www.doctor.or.th/article/detail/1187, 25 มกราคม 2562.

สุวรรณา สุภิมารส. 2543. **เทคโนโลยีการผลิตลูกกวาดและช็อกโกแลต**. พิมพ์ครั้งที่ 1. สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สุขใจ ชูจันทร์. 2555. **สารให้ความหวานพลังงานต่ำ**. สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพฯ

สิรินาถ ตัณฑเกษม. 2545. การศึกษาสมบัติและความคงตัวของรงควัตถุแอนโทไซยานินจากดอกกระเจี๊ยบแดงในเยลลี่. **อาหาร** ปีที่ 32 (2): 124-130.

สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา. 2556. **แนวทางการใช้วัตถุเจือปนอาหารและกฎหมายที่เกี่ยวข้อง**. แหล่งที่มา: http://food.fda.moph.go.th/data/news/, 20 มกราคม 2562

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2521. **มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแยม เยลลี่และมาร์มาเลด.** มอก.263-2521

หทัยทิพย์ ร้องคำ และ อภิรักษ์ เพียรมงคล. 2552. **ผลของสารทดแทนไขมันแบบผสมและสารให้ความหวานต่อคุณภาพของไอศกรีมวนิลาลดไขมันและลดพลังงาน.** วิทยานิพนธ์ปริญญาตรี, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

อดิศักดิ์ เอกโสวรรณ. 2538. แป้งบุก : การผลิต สมบัติบางประการ และการนำไปใช้ประโยชน์. **อาหาร** 25(4) : 238-242.

อัจฉริยา สอางชัย. 2551. **การผลิตน้ำเสาวรส *Passiflora edulis*, var. flavicarpa เสริมเวย์โปรตีนเข้มข้น**. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาเทคโนโลยีทางอาหาร, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

อัจฉริยา สอางชัย. 2551. **การผลิตน้ำเสาวรส *Passiflora edulis*, var. flavicarpa เสริมเวย์โปรตีนเข้มข้น**. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาเทคโนโลยีทางอาหาร, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. *Cited* Schmidt, R.H., Illingworth, B.L. Deng, J.C. and Cornell, J.A. 1979. Mutiple regression and response surface analysis of the effects of calcium chloride and cysteine on heat-induced whey protein gelation. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. 39: 2263-2266.

Bourne, M.C. 1978. Texture profile analysis. **Food Technology**. 32: 62-66.

Bourne, M.C. 1982. **Food Texture and Viscosity: Concept and measurement**. Academic Press, New York.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Borchard, W. and Lechtenfeld. 2001. Time dependent properties of thermoreversible gel. **Meterial Research Innovations.** 4 (5): 381-387.

Bulleman, L.B. and E.C. Berry. 1966. Use of cheese whey fot vitamin B12 production. **Applied Microbiology.** 14: 353-355.

Chesley, A., J.D. MacDougall, M.A. Tarnopolsky, S.A. Atkinson and K. Smith. 1992. Changes in human muscle protein synthesis after resistance training. **Journal of Applied Physiology.** 70: 1383-1388.

Clegg, S.M. 1995. Thickeners, gels and gelling, pp.117-141. In S.T. Beckett, ed. **Physico-Chemical Aspects of Food Processing.** Blackie Academic & Professional, London

Du C.T. and F.J. Francis, 1973. Anthocyanin of rosella (Hibiscussabdariffa). **Journal Food Science.** 38: 810-812.

E.B. Jackson. 2000. Fundamentals of sugar confectionery. **The Manufacturing Confectioner.** 80(8): 35-41.

Friedman, H.H., Whitney, J.E. and Szczesniak, A.S. 1963. The Texturometer-a new instrument for objective texture measurement. **Journal of Food Science.** 28: 390-396.

Garcia, T. 2000. Analysis of gelatin-based confections. **The Manufacturing Confectioner.** 80(6): 93-101.

Glicksman, M. 1969. **Gum Technology in the Food Industry.** Academic Press, New York and London.

Glicksman, M. 1982. **Food Hydrocolloids V.1.** CRC Press, Inc., New York. 219 p.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Graham, H.D. 1978. Colloidal dispersion : Polysaccharide gums, pp. 185-204. *In* M.S. Peterson and A.H. Johnson., eds. **Encyclopedia of Food Science.** The AVI Publishing company, Inc., USA.

Haffman L.M. 1996. Processing whey protein for use as a food ingredient. **Food Technology.** 50: 49-52.

J.W. Rhim, V.A. Jones and K.R. Swartzel. 1990. Kinetic Compensation Effect in the Heat Denaturation of Whey Protein. **Journal of Food Science.** 55: 589-590.

Jankowski, T. and Rha, C.K. 1986. Retrogradation of starch in cooked wheat. **Starch/Starke.** 38: 6-9.

Jankowski, T. 1992. Influence of starch retrogradation on the texture of cooked potato tuber. **International Journal of Food Science and Technology.** 27: 637-642.

Karim, A.A., Norziah, M.H. and Seow, C.C. 2000. Methods for the study of starch retrogradation. **Food Chemistry.** 71: 9-36

Kaletunc, G., Normand., M.D., Johnson, E.A. and Peleg, M. 1991. Degree of elasticity and Determination in solid foods. **Journal of Food Science.** 56: 950-953.

Marilde T Bordignon-Luiz, Cony Gauche, Eliana F Gris and Leila Denise Falcão. 2007. Colour stability of anthocyanins from Isabel grapes (*Vitis labrusca* L.) in model systems. **LWT- Food Science and Technology (LWT-FOOD SCI TECHNOL).** 40(4): pp. 594-599.

Meilguard, M., Civille, G.V. and Carr, B.T. 1987. **Sensory Evalation Techniques.** CRC Press, Lnc., Florida. 387 p.

Pearce, J.H., Korth, B. and Warren, C.B. 1986. Evaluation of three scaling methods for hedonics. **Journal of Sensory Studies.** 1: 27-46.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Pye, J. 1997. Gelatin and application, pp. 28-40. *In* S. Maneepan, ed. **Symposium on Confectionery Technology**. Food Science and Technology Association of Thailand Bangkok, Thailand.

Pyrz, J.E. 1994. The starch moulding process. **The Manufacturing Confectioner**. 74(10): 75-80.

Ree, R.A. 1969. **Structure Conformation and Mechanism in the Formation of Polysaccharide Gels and Networks**. Adcademic Press, New York.

R.B. Lees and E.B. Jackson. 1973. **Sugar Confectionery and Chocolate Manufacture**. Blackie Academic & Professional, London.

Russell, T.A. 2004. **Comparison of Sensory Properties of Whey and Soy Protein Concentrates and Isolates.** M.S. Thesis, North Carolina State University.

S. Mleko, E.C.Y. Li Chan and S. Pikus. 1997. Interaction of K-carrageenan with whey proteins in gels formed at different pH. **Food Research International**. 30(6): 427-433.

Szczesniak, A.S. 1963 . Classification of textural characteristics. **Journal of Food Science**. 28: 385-389.

Szezesniak and Kramer. 1973. **Texture Measurement of Foods**. D. Reidel Publishing Company, Holland.

Thomas, W.R. 1992. Carrageenan, pp. 24-39. *In* A. Imeson, ed. **Thickening and Geling Agent for Foods**. Blackie Academic & Professional, London.

Varnam, A.H. and Sutherland, J.P. 1994. **Milk and milk products, Technology, Chemistry, and Microbiology**. Chapman and Hall, UK.

Woo, A. 1998. Use of organic acids in confectionery. **The Manufacturing Confectioner**. 78(8): 63-70.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

ขั้นตอนกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีน กลิ่นรสองุ่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนกระบวนการผลิต

1. การเตรียมวัตถุดิบ

1.1 การเตรียมน้ำกระเจี๊ยบแดงพื้นฐาน

ชั่งกระเจี๊ยบแห้งน้ำหนัก 5 กรัม ใส่ลงในหม้อสแตนเลส เติมน้ำสะอาดปริมาตร 200 มิลลิลิตร ปิดฝาแล้วนำไปให้ความร้อน ควบคุมอุณหภูมิไม่เกิน 70 องศาเซลเซียส ต้มทิ้งไว้เป็นเวลา 15 นาที ปิดไฟแล้วทิ้งไว้ให้เย็นลง จากนั้นแยกน้ำกระเจี๊ยบที่ได้มากรองด้วยผ้าขาวบาง กรองเป็นจำนวน 2 ครั้ง (ดัดแปลงจาก มดฤดี, 2543)

1.2 การเตรียมส่วนผสมระหว่างเวย์โปรตีนกับคาราจีแนน

เตรียมคาราจีแนนความเข้มข้นร้อยละ 0.1 โดยน้ำหนัก โดยชั่งนำคารจีแนนจำนวน 0.1 กรัมละลายในน้ำ ทำการเตรียมโดยบรรจุน้ำน้ำหนัก 90 กรัม ในถ้วยสแตนเลสและวางบนเครื่องชั่ง จากนั้นค่อยๆเติมคาร์ราจีแนน จำนวน 0.1 กรัมลงไป เติมน้ำลงไปทีละน้อยจนสารละลายทั้งหมดน้ำหนักครบ 100 กรัม และเตรียมเวย์โปรตีนไอโซเลทปริมาณ 50 กรัม ในถ้วยสแตนเลส จากนั้นค่อยๆเติมเวย์โปรตีนไอโซเลทลงไปในสารละลายคาร์ราจีแนน ผสมเวย์โปรตีนไอโซเลทและคาราจีแนนให้เข้ากัน (ดัดแปลงจาก Mlecko *et al.*, 1997)

2. การผลิตผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่ (ดัดแปลงจากสุวรรณา, 2543)

2.1 การเตรียมสารก่อให้เกิดเจล

ในส่วนของเจลาตินนั้นควรผสมกับน้ำกระเจี๊ยบในอัตราส่วน 1:2 ก่อนเป็นเวลา 30 นาที เพื่อที่จะไม่ทำให้จับตัวกันเป็นก้อนและสะดวกต่อการละลาย จากนั้นนำไปละลายในน้ำอุ่นอุณหภูมิ 70 องศาเซียส ห้ามให้น้ำเดือด และค่อยๆเติมส่วนผสมระหว่างเวย์โปรตีนกับคาราจีแนนลงไปซึ่งขณะเติมให้คนเบาๆและต้องคนตลอดเวลาเพื่อให้ส่วนผสมทั้งหมดรวมเป็นเนื้อเดียวกัน จากนั้นเติมกลูโคแมนแนนลงไปผสมให้เป็นเนื้อเดียวกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 การเตรียมส่วนผสมที่เป็นน้ำเชื่อม

สามารถเตรียมได้โดยการนำน้ำตาลทราย, กลูโคสซีรัป 42 DE และน้ำมาเคี่ยวในภาชนะแสตนเลส เมื่อน้ำเชื่อมเดือดให้เคี่ยวต่ออีก 5 นาที

2.3 การขึ้นรูปผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่

ค่อยๆใส่ส่วนผสมของสารก่อให้เกิดเจลลงในส่วนของน้ำเชื่อม จากนั้นเติมสารแต่งกลิ่นรสองุ่นและสารละลายกรดซิตริกความเข้มข้นร้อยละ 50 ลงไปคนส่วนผสมให้เข้ากันที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เมื่อส่วนผสมทั้งหมดละลายเป็นเนื้อเดียวกันแล้วยกลงจากเตา ตักฟองทิ้งและตั้งทิ้งไว้ให้อุ่นที่อุณหภูมิห้องบรรจุกัมมี่เยลลี่ลงในแม่พิมพ์ที่เตรียมไว้ แล้วนำไปแช่เย็นในตู้เย็นเป็นเวลา 24 ชั่วโมง เมื่อครบเวลาลอกกัมมี่เยลลี่ออกจากแม่พิมพ์ เก็บใส่ภาชนะที่มีฝาปิดสนิท

ภาพที่ ก-1 ผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วัตถุดิบ

ภาพที่ ก-2 สารก่อเจล, เวย์โปรตีน และกรดซิตริก

ภาพที่ ก-3 สารให้ความหวาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

สถิติที่ใช้ในการวางแผนการทดลองและการวิเคราะห์ผลการทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข-1 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติในตารางที่ 4.1 ผลจากการวิเคราะห์คุณภาพด้านเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่น

Descriptive

		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
						Lower Bound	Upper Bound		
ความแข็ง (Hardness)	สูตรที่ 1	15	3.2870	.506841	.13086	3.00632	3.56767	2.4950	4.2200
	สูตรที่ 2	15	9.3558	1.02125	.26368	8.79024	9.92135	7.8300	10.770
	สูตรที่ 3	15	8.0487	1.38687	.35808	7.28070	8.81675	4.9750	10.600
	สูตรที่ 4	15	7.4227	1.17271	.30279	6.77330	8.07215	5.9180	10.210
	สูตรที่ 5	15	5.2860	.586175	.15134	4.96145	5.61067	4.3480	6.2930
	สูตรที่ 6	15	3.8734	.403486	.10417	3.65002	4.09691	3.4770	4.8460
	Total	90	6.2123	2.40677	.2536	5.70821	6.71638	2.4950	10.770
ความยึดเกาะ (Cohesiveness)	สูตรที่ 1	15	.69717	.032982	.00851	.678908	.715438	.63990	.76680
	สูตรที่ 2	15	.55968	.038353	.00990	.538440	.580919	.47470	.61910
	สูตรที่ 3	15	.47820	.046884	.01210	.452243	.504170	.41240	.56020
	สูตรที่ 4	15	.44842	.032793	.00846	.430266	.466587	.35590	.49010
	สูตรที่ 5	15	.42006	.038484	.00993	.398748	.441371	.36380	.49350
	สูตรที่ 6	15	.40112	.040852	.01054	.378496	.423743	.32810	.45730
	Total	90	.50077	.108711	.01145	.478008	.523547	.32810	.76680
ความยืดหยุ่น (Springiness)	สูตรที่ 1	15	3.6493	.036256	.00936	3.62925	3.66941	3.5760	3.7030
	สูตรที่ 2	15	3.0066	.008016	.00206	3.00216	3.01103	2.9910	3.0190
	สูตรที่ 3	15	2.9702	.021194	.00541	2.95852	2.98200	2.9260	3.0030
	สูตรที่ 4	15	2.9564	.013679	.00353	2.94889	2.96404	2.9230	2.9720
	สูตรที่ 5	15	2.9271	.019167	.00494	2.91651	2.93774	2.8770	2.9500
	สูตรที่ 6	15	2.8842	.015176	.00391	2.87579	2.89260	2.8600	2.9080
	Total	90	3.0656	.265975	.02803	3.00995	3.12137	2.8600	3.7030

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข-1 (ต่อ) ผลการวิเคราะห์ทางสถิติในตารางที่ 4.1 ผลจากการวิเคราะห์คุณภาพด้านเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่น

Descriptive

		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
						Lower Bound	Upper Bound		
ความเคี้ยวได้ (Chewiness)	สูตรที่ 1	15	.83644	.131510	.03395	.763618	.909274	.65730	1.0480
	สูตรที่ 2	15	1.5720	.182990	.04724	1.47072	1.67339	1.2600	1.8183
	สูตรที่ 3	15	1.1332	.164861	.04256	1.04192	1.22451	.79710	1.4231
	สูตรที่ 4	15	.97684	.112625	.02907	.914470	1.03920	.82440	1.1841
	สูตรที่ 5	15	.64807	.079616	.02055	.603983	.692163	.54900	.82010
	สูตรที่ 6	15	.44500	.034778	.00897	.425740	.464259	.38630	.50580
	Total	90	.93527	.383069	.04037	.855040	1.01550	.38630	1.8183
ความเหนียวหนืบ (Gumminess)	สูตรที่ 1	15	2.2898	.355101	.09168	2.09315	2.48644	1.7870	2.8850
	สูตรที่ 2	15	5.2281	.603155	.15573	4.89411	5.56214	4.2090	6.0460
	สูตรที่ 3	15	3.8135	.544466	.14058	3.51201	4.11504	2.7240	4.7730
	สูตรที่ 4	15	3.3042	.383184	.09893	3.09206	3.51646	2.7770	3.9970
	สูตรที่ 5	15	2.2134	.267304	.06901	2.06543	2.36149	1.8780	2.7900
	สูตรที่ 6	15	1.5430	.121307	.03132	1.47582	1.61017	1.3350	1.7610
	Total	90	3.0653	1.29110	.13609	2.79494	3.33578	1.3350	6.0460

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
ความแข็ง (Hardness)	Between Groups	444.070	5	88.814	104.387	.000
	Within Groups	71.469	84	.851		
	Total	515.539	89			
ความยืดเกาะ (Cohesiveness)	Between Groups	.926	5	.185	123.718	.000
	Within Groups	.126	84	.001		
	Total	1.052	89			
ความยืดหยุ่น (Springiness)	Between Groups	6.260	5	1.252	2874.82	.000
	Within Groups	.037	84	.000		
	Total	6.296	89			
ความเคี้ยวได้ (Chewiness)	Between Groups	11.685	5	2.337	142.806	.000
	Within Groups	1.375	84	.016		
	Total	13.060	89			
ความเหนียวหนืบ (Gumminess)	Between Groups	134.088	5	26.818	157.854	.000
	Within Groups	14.271	84	.170		
	Total	148.359	89			

Post Hoc Tests

Homogeneous Subsets

ความยืดเกาะ (Cohesiveness)

Duncan

treatment	N	Subset for alpha = 0.05				
		1	2	3	4	5
สูตรที่ 6	15	.4011200				
สูตรที่ 5	15	.4200600				
สูตรที่ 4	15		.4484267			
สูตรที่ 3	15			.4782067		
สูตรที่ 2	15				.5596800	
สูตรที่ 1	15					.6971733
Sig.		.184	1.000	1.000	1.000	1.000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความยืดหยุ่น (Springiness)

Duncan

treatment	N	Subset for alpha = 0.05				
		1	2	3	4	5
สูตรที่ 6	15	2.8842000				
สูตรที่ 5	15		2.9271333			
สูตรที่ 4	15			2.9564667		
สูตรที่ 3	15			2.9702667		
สูตรที่ 2	15				3.0066000	
สูตรที่ 1	15					3.6493333
Sig.		1.000	1.000	.074	1.000	1.000

ความเหนียวหนืบ (Gumminess)

Duncan

treatment	N	Subset for alpha = 0.05				
		1	2	3	4	5
สูตรที่ 6	15	1.5430000				
สูตรที่ 5	15		2.2134667			
สูตรที่ 1	15		2.2898000			
สูตรที่ 4	15			3.3042667		
สูตรที่ 3	15				3.8135333	
สูตรที่ 2	15					5.2281333
Sig.		1.000	.613	1.000	1.000	1.000

ความเคี้ยวได้ (Chewiness)

Duncan

treatment	N	Subset for alpha = 0.05					
		1	2	3	4	5	6
สูตรที่ 6	15	.4450000					
สูตรที่ 5	15		.6480733				
สูตรที่ 1	15			.8364467			
สูตรที่ 4	15				.9768400		
สูตรที่ 3	15					1.1332200	
สูตรที่ 2	15						1.5720600
Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าความแข็ง (Hardness)

Duncan

treatment	N	Subset for alpha = 0.05			
		1	2	3	4
สูตรที่ 1	15	3.2870000			
สูตรที่ 6	15	3.8734667			
สูตรที่ 5	15		5.2860667		
สูตรที่ 4	15			7.4227333	
สูตรที่ 3	15			8.0487333	
สูตรที่ 2	15				9.3558000
Sig.		.085	1.000	.067	1.000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข-2 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติในตารางที่ 4.2 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพของผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่น ทั้ง 6 สูตร

Descriptive

		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
						Lower Bound	Upper Bound		
L*	สูตรที่ 1	3	44.5933	.85237	.49212	42.4759	46.7107	43.78	45.48
	สูตรที่ 2	3	39.3033	.15373	.08876	38.9214	39.6852	39.20	39.48
	สูตรที่ 3	3	29.7267	.05033	.02906	29.6016	29.8517	29.68	29.78
	สูตรที่ 4	3	30.2100	.13229	.07638	29.8814	30.5386	30.11	30.36
	สูตรที่ 5	3	30.1100	.04359	.02517	30.0017	30.2183	30.08	30.16
	สูตรที่ 6	3	30.5933	.16289	.09404	30.1887	30.9980	30.48	30.78
	Total	18	34.0894	5.94373	1.4009	31.1337	37.0452	29.68	45.48
a*	สูตรที่ 1	3	1.3300	.06245	.03606	1.1749	1.4851	1.28	1.40
	สูตรที่ 2	3	12.6033	.03512	.02028	12.5161	12.6906	12.57	12.64
	สูตรที่ 3	3	20.5867	.03512	.02028	20.4994	20.6739	20.55	20.62
	สูตรที่ 4	3	21.3700	.02646	.01528	21.3043	21.4357	21.34	21.39
	สูตรที่ 5	3	21.7900	.15524	.08963	21.4044	22.1756	21.63	21.94
	สูตรที่ 6	3	21.8833	.08083	.04667	21.6825	22.0841	21.79	21.93
	Total	18	16.5939	7.77629	1.8328	12.7268	20.4609	1.28	21.94
b*	สูตรที่ 1	3	11.6667	.27970	.16149	10.9718	12.3615	11.35	11.88
	สูตรที่ 2	3	1.1767	.02082	.01202	1.1250	1.2284	1.16	1.20
	สูตรที่ 3	3	1.0767	.04041	.02333	.9763	1.1771	1.04	1.12
	สูตรที่ 4	3	1.0433	.02082	.01202	.9916	1.0950	1.02	1.06
	สูตรที่ 5	3	2.0900	.02646	.01528	2.0243	2.1557	2.07	2.12
	สูตรที่ 6	3	2.6667	.27970	.16149	1.9718	3.3615	2.35	2.88
	Total	18	3.2867	3.90737	.92098	1.3436	5.2298	1.02	11.88

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
L*	Between Groups	598.977	5	119.795	900.003	.000
	Within Groups	1.597	12	.133		
	Total	600.574	17			
a*	Between Groups	1027.926	5	205.585	32719.144	.000
	Within Groups	.075	12	.006		
	Total	1028.002	17			
b*	Between Groups	259.229	5	51.846	1948.274	.000
	Within Groups	.319	12	.027		
	Total	259.548	17			

Post Hoc Tests

Homogeneous Subsets

L*

Duncan

treatment	N	Subset for alpha = 0.05			
		1	2	3	4
สูตรที่ 3	3	29.7267			
สูตรที่ 5	3	30.1100	30.1100		
สูตรที่ 4	3	30.2100	30.2100		
สูตรที่ 6	3		30.5933		
สูตรที่ 2	3			39.3033	
สูตรที่ 1	3				44.5933
Sig.		.148	.148	1.000	1.000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

a*

Duncan

treatment	N	Subset for alpha = 0.05				
		1	2	3	4	5
สูตรที่ 1	3	1.3300				
สูตรที่ 2	3		12.6033			
สูตรที่ 3	3			20.5867		
สูตรที่ 4	3				21.3700	
สูตรที่ 5	3					21.7900
สูตรที่ 6	3					21.8833
Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000	.175

b*

Duncan

treatment	N	Subset for alpha = 0.05			
		1	2	3	4
สูตรที่ 4	3	1.0433			
สูตรที่ 3	3	1.0767			
สูตรที่ 2	3	1.1767			
สูตรที่ 5	3		2.0900		
สูตรที่ 6	3			2.6667	
สูตรที่ 1	3				11.6667
Sig.		.360	1.000	1.000	1.000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Descriptive

water activity

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
สูตรที่ 1	3	.6627	.00862	.00498	.6412	.6841	.66	.67
สูตรที่ 2	3	.7700	.00346	.00200	.7614	.7786	.77	.77
สูตรที่ 3	3	.7573	.00351	.00203	.7486	.7661	.75	.76
สูตรที่ 4	3	.7700	.00600	.00346	.7551	.7849	.76	.78
สูตรที่ 5	3	.7710	.00557	.00321	.7572	.7848	.77	.78
สูตรที่ 6	3	.7617	.00351	.00203	.7529	.7704	.76	.77
Total	18	.7488	.04022	.00948	.7288	.7688	.66	.78

ANOVA

water activity

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.027	5	.005	183.014	.000
Within Groups	.000	12	.000		
Total	.028	17			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Post Hoc Tests

Homogeneous Subsets

water activity

Duncan

treatment	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
สูตรที่ 1	3	.6627		
สูตรที่ 3	3		.7573	
สูตรที่ 6	3		.7617	.7617
สูตรที่ 2	3			.7700
สูตรที่ 4	3			.7700
สูตรที่ 5	3			.7710
Sig.		1.000	.349	.075

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข-3 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติในตารางที่ 4.3 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่น ทั้ง 5 สูตร

Descriptive

ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (องศาบริกซ์)

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
สูตรที่ 1	3	79.3333	.57735	.33333	77.8991	80.7676	79.00	80.00
สูตรที่ 2	3	74.7667	.40415	.23333	73.7627	75.7706	74.30	75.00
สูตรที่ 3	3	73.5000	.50000	.28868	72.2579	74.7421	73.00	74.00
สูตรที่ 4	3	72.0000	1.00000	.57735	69.5159	74.4841	71.00	73.00
สูตรที่ 5	3	72.6667	.28868	.16667	71.9496	73.3838	72.50	73.00
สูตรที่ 6	3	69.0000	1.00000	.57735	66.5159	71.4841	68.00	70.00
Total	18	73.5444	3.27292	.77144	71.9169	75.1720	68.00	80.00

ANOVA

ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (องศาบริกซ์)

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	176.444	5	35.289	74.817	.000
Within Groups	5.660	12	.472		
Total	182.104	17			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Post Hoc Tests

Homogeneous Subsets

ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (องศาบริกซ์)

Duncan

treatment	N	Subset for alpha = 0.05				
		1	2	3	4	5
สูตรที่ 6	3	69.0000				
สูตรที่ 4	3		72.0000			
สูตรที่ 5	3		72.6667	72.6667		
สูตรที่ 3	3			73.5000		
สูตรที่ 2	3				74.7667	
สูตรที่ 1	3					79.3333
Sig.		1.000	.257	.163	1.000	1.000

Descriptive

ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
สูตรที่ 1	3	3.3133	.00577	.00333	3.2990	3.3277	3.31	3.32
สูตรที่ 2	3	3.8000	.03464	.02000	3.7139	3.8861	3.78	3.84
สูตรที่ 3	3	3.6300	.01732	.01000	3.5870	3.6730	3.62	3.65
สูตรที่ 4	3	3.5933	.00577	.00333	3.5790	3.6077	3.59	3.60
สูตรที่ 5	3	3.5333	.01155	.00667	3.5046	3.5620	3.52	3.54
สูตรที่ 6	3	3.3733	.00577	.00333	3.3590	3.3877	3.37	3.38
Total	18	3.5406	.16745	.03947	3.4573	3.6238	3.31	3.84

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ANOVA

ความเป็นกรด-ด่าง (pH)

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.473	5	.095	327.619	.000
Within Groups	.003	12	.000		
Total	.477	17			

Post Hoc Tests

Homogeneous Subsets

ความเป็นกรด-ด่าง (pH)

Duncan

treatment	N	Subset for alpha = 0.05					
		1	2	3	4	5	6
สูตรที่ 1	3	3.3133					
สูตรที่ 6	3		3.3733				
สูตรที่ 5	3			3.5333			
สูตรที่ 4	3				3.5933		
สูตรที่ 3	3					3.6300	
สูตรที่ 2	3						3.8000
Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Descriptives

ปริมาณกรดทั้งหมด

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
สูตรที่ 1	3	1.3200	.0000	.0000	1.3200	1.3200	1.32	1.32
สูตรที่ 2	3	1.1233	.0115	.0066	1.0946	1.1520	1.11	1.13
สูตรที่ 3	3	1.2200	.0300	.0173	1.1455	1.2945	1.19	1.25
สูตรที่ 4	3	1.2700	.0866	.0500	1.0549	1.4851	1.17	1.32
สูตรที่ 5	3	1.2933	.0115	.0066	1.2646	1.3220	1.28	1.30
สูตรที่ 6	3	1.3200	.0000	.0000	1.3200	1.3200	1.32	1.32
Total	18	1.2578	.0779	.0183	1.2190	1.2965	1.11	1.32

ANOVA

ปริมาณกรดทั้งหมด

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.086	5	.017	11.905	.000
Within Groups	.017	12	.001		
Total	.103	17			

Post Hoc Tests

Homogeneous Subsets

ปริมาณกรดทั้งหมด

Duncan

treatment	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
สูตรที่ 2	3	1.1233		
สูตรที่ 3	3		1.2200	
สูตรที่ 4	3		1.2700	1.2700
สูตรที่ 5	3			1.2933
สูตรที่ 1	3			1.3200
สูตรที่ 6	3			1.3200
Sig.		1.000	.133	.161

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข-4 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติในตารางที่ 4.4 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่น ทั้ง 5 สูตร

Descriptive

		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
						Lower Bound	Upper Bound		
ลักษณะที่ปรากฏ	สูตรที่ 1	30	3.1333	.77608	.14169	2.8435	3.4231	2.00	5.00
	สูตรที่ 2	30	3.5333	.77608	.14169	3.2435	3.8231	2.00	5.00
	สูตรที่ 3	30	3.7667	.89763	.16388	3.4315	4.1018	1.00	5.00
	สูตรที่ 4	30	3.6333	.66868	.12208	3.3836	3.8830	2.00	5.00
	สูตรที่ 5	30	3.5000	.90019	.16435	3.1639	3.8361	1.00	5.00
	Total	150	3.5133	.82524	.06738	3.3802	3.6465	1.00	5.00
สี	สูตรที่ 1	30	2.7333	1.20153	.21937	2.2847	3.1820	1.00	5.00
	สูตรที่ 2	30	3.9333	.98027	.17897	3.5673	4.2994	2.00	5.00
	สูตรที่ 3	30	3.9333	.94443	.17243	3.5807	4.2860	2.00	5.00
	สูตรที่ 4	30	3.9000	.88474	.16153	3.5696	4.2304	2.00	5.00
	สูตรที่ 5	30	3.8333	.94989	.17343	3.4786	4.1880	2.00	5.00
	Total	150	3.6667	1.09094	.08908	3.4907	3.8427	1.00	5.00
กลิ่น	สูตรที่ 1	30	2.9667	1.12903	.20613	2.5451	3.3883	1.00	5.00
	สูตรที่ 2	30	3.1000	.92289	.16850	2.7554	3.4446	1.00	5.00
	สูตรที่ 3	30	3.3000	.74971	.13688	3.0201	3.5799	2.00	5.00
	สูตรที่ 4	30	3.2333	.97143	.17736	2.8706	3.5961	1.00	5.00
	สูตรที่ 5	30	3.2000	.96132	.17551	2.8410	3.5590	1.00	5.00
	Total	150	3.1600	.94890	.07748	3.0069	3.3131	1.00	5.00
รสชาติ	สูตรที่ 1	30	2.2667	1.01483	.18528	1.8877	2.6456	1.00	5.00
	สูตรที่ 2	30	3.0000	1.23176	.22489	2.5401	3.4599	1.00	5.00
	สูตรที่ 3	30	3.1333	1.13664	.20752	2.7089	3.5578	1.00	5.00
	สูตรที่ 4	30	3.3667	1.09807	.20048	2.9566	3.7767	1.00	5.00
	สูตรที่ 5	30	2.9667	.96431	.17606	2.6066	3.3267	1.00	5.00
	Total	150	2.9467	1.13980	.09306	2.7628	3.1306	1.00	5.00
ความแข็ง	สูตรที่ 1	30	1.8000	1.09545	.20000	1.3910	2.2090	1.00	5.00
	สูตรที่ 2	30	2.8333	1.23409	.22531	2.3725	3.2942	1.00	5.00
	สูตรที่ 3	30	3.3667	1.09807	.20048	2.9566	3.7767	1.00	5.00
	สูตรที่ 4	30	3.7000	1.11880	.20426	3.2822	4.1178	1.00	5.00
	สูตรที่ 5	30	2.9333	1.20153	.21937	2.4847	3.3820	1.00	5.00
	Total	150	2.9267	1.30614	.10665	2.7159	3.1374	1.00	5.00
ความชอบโดยรวม	สูตรที่ 1	30	2.3333	.88409	.16141	2.0032	2.6635	1.00	4.00
	สูตรที่ 2	30	3.2000	1.18613	.21656	2.7571	3.6429	1.00	5.00
	สูตรที่ 3	30	3.5000	.90019	.16435	3.1639	3.8361	2.00	5.00
	สูตรที่ 4	30	3.5667	.85836	.15671	3.2461	3.8872	2.00	5.00
	สูตรที่ 5	30	3.1333	1.13664	.20752	2.7089	3.5578	1.00	5.00
	Total	150	3.1467	1.08304	.08843	2.9719	3.3214	1.00	5.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
ลักษณะที่ปรากฏ	Between Groups	6.707	4	1.677	2.565	.041
	Within Groups	94.767	145	.654		
	Total	101.473	149			
สี	Between Groups	32.867	4	8.217	8.247	.000
	Within Groups	144.467	145	.996		
	Total	177.333	149			
กลิ่น	Between Groups	2.027	4	.507	.556	.695
	Within Groups	132.133	145	.911		
	Total	134.160	149			
รสชาติ	Between Groups	20.307	4	5.077	4.248	.003
	Within Groups	173.267	145	1.195		
	Total	193.573	149			
ความแข็ง	Between Groups	62.093	4	15.523	11.717	.000
	Within Groups	192.100	145	1.325		
	Total	254.193	149			
ความชอบโดยรวม	Between Groups	28.973	4	7.243	7.204	.000
	Within Groups	145.800	145	1.006		
	Total	174.773	149			

Post Hoc Tests:

Homogeneous Subsets

ลักษณะที่ปรากฏ

Duncan

treatment	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
สูตรที่ 1	30	3.1333	
สูตรที่ 5	30	3.5000	3.5000
สูตรที่ 2	30	3.5333	3.5333
สูตรที่ 4	30		3.6333
สูตรที่ 3	30		3.7667
Sig.		.071	.250

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สี

Duncan

treatment	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
สูตรที่ 1	30	2.7333	
สูตรที่ 5	30		3.8333
สูตรที่ 4	30		3.9000
สูตรที่ 2	30		3.9333
สูตรที่ 3	30		3.9333
Sig.		1.000	.729

กลิ่น

Duncan

treatment	N	Subset for alpha = 0.05
		1
สูตรที่ 1	30	2.9667
สูตรที่ 2	30	3.1000
สูตรที่ 5	30	3.2000
สูตรที่ 4	30	3.2333
สูตรที่ 3	30	3.3000
Sig.		.23600

รสชาติ

Duncan

treatment	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
สูตรที่ 1	30	2.2667	
สูตรที่ 2	30		2.9667
สูตรที่ 5	30		3.0000
สูตรที่ 4	30		3.1333
สูตรที่ 3	30		3.3667
Sig.		1.000	.201

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความแข็ง

Duncan

treatment	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
สูตรที่ 1	30	1.8000		
สูตรที่ 2	30		2.8333	
สูตรที่ 5	30		2.9333	
สูตรที่ 4	30		3.3667	3.3667
สูตรที่ 3	30			3.7000
Sig.		1.000	.092	.264

ความชอบโดยรวม

Duncan

treatment	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
สูตรที่ 1	30	2.3333	
สูตรที่ 2	30		3.1333
สูตรที่ 5	30		3.2000
สูตรที่ 4	30		3.5000
สูตรที่ 3	30		3.5667
Sig.		1.000	.130

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข-5 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติในตารางที่ 4.6 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่นสูตรที่ 4 และผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่ตามท้องตลาด

Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
ลักษณะที่ปรากกฏ	สูตรที่ 1	4.3333	30	.47946	.08754
	สูตรที่ 4	4.0000	30	.64327	.11744
สี	สูตรที่ 1	3.9667	30	.71840	.13116
	สูตรที่ 4	3.9667	30	.66868	.12208
กลิ่น	สูตรที่ 1	4.2333	30	.77385	.14129
	สูตรที่ 4	3.9333	30	.69149	.12625
รสชาติ	สูตรที่ 1	4.3000	30	.53498	.09767
	สูตรที่ 4	3.9333	30	.69149	.12625
ความแข็ง	สูตรที่ 1	3.6333	30	.61495	.11227
	สูตรที่ 4	4.2000	30	.55086	.10057
ความชอบโดยรวม	สูตรที่ 1	4.3000	30	.59596	.10881
	สูตรที่ 4	4.1000	30	.60743	.11090

Paired Samples Correlations

		N	Correlation	Sig.
ลักษณะที่ปรากกฏ	สูตรที่ 1 & สูตรที่ 4	30	.224	.235
สี	สูตรที่ 1 & สูตรที่ 4	30	.428	.018
กลิ่น	สูตรที่ 1 & สูตรที่ 4	30	.223	.235
รสชาติ	สูตรที่ 1 & สูตรที่ 4	30	.336	.070
ความแข็ง	สูตรที่ 1 & สูตรที่ 4	30	.122	.520
ความชอบโดยรวม	สูตรที่ 1 & สูตรที่ 4	30	.200	.289

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Paired Samples Test

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
					Lower	Upper			
ลักษณะที่ปรากกฏ	สูตรที่ 1 - สูตรที่ 4	.3333	.71116	.1298	.06778	.5988	2.567	29	.016
สี	สูตรที่ 1 - สูตรที่ 4	.00000	.74278	.13561	-.27736	.27736	.000	29	1.000
กลิ่น	สูตรที่ 1 - สูตรที่ 4	.3000	.91539	.16713	-.0418	.6418	1.795	29	.083
รสชาติ	สูตรที่ 1 - สูตรที่ 4	.36667	.71840	.13116	.09841	.63492	2.796	29	.009
ความแข็ง	สูตรที่ 1 - สูตรที่ 4	-.5667	.77385	.14129	-.8556	-.2777	4.011	29	.000
ความชอบโดยรวม	สูตรที่ 1 - สูตรที่ 4	.2000	.7611	.13896	-.0842	.4842	1.439	29	.161

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข-6 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติในตารางที่ 4.7 ผลจากการวิเคราะห์คุณภาพด้านเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่น ทั้ง 5 สูตร

Descriptive

		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
						Lower Bound	Upper Bound		
ความแข็ง (Hardness)	สูตรที่ 1	15	3.287000	.5068411	.1308658	3.006321	3.567679	2.4950	4.2200
	สูตรที่ 2	15	5.286067	.5861753	.1513498	4.961454	5.610680	4.3480	6.2930
	สูตรที่ 3	15	5.356067	.6288537	.1623693	5.007819	5.704314	4.2260	6.8430
	สูตรที่ 4	15	5.427200	1.4394887	.3716744	4.630038	6.224362	3.4770	9.6070
	สูตรที่ 5	15	5.916933	1.3396916	.3459069	5.175037	6.658830	4.2610	9.2140
	Total	75	5.054653	1.3272082	.1532528	4.749290	5.360016	2.4950	9.6070
ความยึดเกาะ (Cohesiveness)	สูตรที่ 1	15	.6974	.03309	.00854	.6790	.7156	.6399	.7668
	สูตรที่ 2	15	.4201	.03848	.00993	.3987	.4413	.3638	.4935
	สูตรที่ 3	15	.3831	.04231	.01092	.3596	.4065	.3041	.4530
	สูตรที่ 4	15	.4228	.04244	.01095	.3992	.4462	.3553	.5081
	สูตรที่ 5	15	.4385	.05389	.01391	.4086	.4683	.3598	.5407
	Total	75	.4724	.12197	.01408	.4442	.5004	.3041	.7668
ความยืดหยุ่น (Springiness)	สูตรที่ 1	15	3.6493	.03626	.00936	3.6292	3.6694	3.5760	3.7030
	สูตรที่ 2	15	2.9271	.01917	.00494	2.9165	2.9377	2.8770	2.9500
	สูตรที่ 3	15	3.1337	.06297	.01625	3.0987	3.1685	3.0090	3.2020
	สูตรที่ 4	15	3.1977	.04784	.01235	3.1711	3.2241	3.0920	3.2750
	สูตรที่ 5	15	3.0945	.10075	.02601	3.0387	3.1503	2.8480	3.2030
	Total	75	3.2005	.25017	.02888	3.1429	3.2580	2.8480	3.7030
ความเคี้ยวได้ (Chewiness)	สูตรที่ 1	15	.835780	.1312608	.0338914	.763090	.908470	.6573	1.0480
	สูตรที่ 2	15	.648073	.0796162	.0205568	.603983	.692163	.5490	.8201
	สูตรที่ 3	15	.854920	.2418778	.0624526	.720973	.988867	.4521	1.5058
	สูตรที่ 4	15	.868207	1.3348873	.3446664	.128971	1.607443	.1885	4.6210
	สูตรที่ 5	15	.880907	.2532173	.0653804	.740680	1.021134	.6279	1.5059
	Total	75	.817577	.6101517	.0704542	.677194	.957960	.1885	4.6210
ความเหนียวหนืบ (Gumminess)	สูตรที่ 1	15	2.290200	.3554334	.0917725	2.093368	2.487032	1.7870	2.8850
	สูตรที่ 2	15	2.213467	.2673045	.0690177	2.065438	2.361495	1.8780	2.7900
	สูตรที่ 3	15	2.726933	.7638186	.1972171	2.303945	3.149922	1.5020	4.7500
	สูตรที่ 4	15	2.326600	.6030324	.1557023	1.992652	2.660548	1.3040	3.0030
	สูตรที่ 5	15	2.859800	.8628838	.2227956	2.381951	3.337649	1.9970	4.8680
	Total	75	2.483400	.6523172	.0753231	2.333315	2.633485	1.3040	4.8680

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
ความแข็ง (Hardness)	Between Groups	62.270	4	15.567	16.007	.000
	Within Groups	68.080	70	.973		
	Total	130.350	74			
ความยืดเกาะ (Cohesiveness)	Between Groups	.974	4	.243	134.224	.000
	Within Groups	.127	70	.002		
	Total	1.101	74			
ความยืดหยุ่น (Springiness)	Between Groups	4.378	4	1.095	302.603	.000
	Within Groups	.253	70	.004		
	Total	4.631	74			
ความเคี้ยวได้ (Chewiness)	Between Groups	.555	4	.139	.360	.836
	Within Groups	26.994	70	.386		
	Total	27.549	74			
ความเหนียวหนืบ (Gumminess)	Between Groups	5.036	4	1.259	3.332	.015
	Within Groups	26.452	70	.378		
	Total	31.488	74			

Post Hoc Tests

Homogeneous Subsets

ความแข็ง (Hardness)

Duncan

treatment	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
สูตรที่ 1	15	3.287000	
สูตรที่ 2	15		5.286067
สูตรที่ 3	15		5.356067
สูตรที่ 4	15		5.427200
สูตรที่ 5	15		5.916933
Sig.		1.000	.114

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความยืดเกาะ (Cohesiveness)

Duncan

treatment	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
สูตรที่ 3	15	.383100		
สูตรที่ 2	15		.420060	
สูตรที่ 4	15		.422773	
สูตรที่ 5	15		.438487	
สูตรที่ 1	15			.697353
Sig.		1.000	.269	1.000

ความยืดหยุ่น (Springiness)

Duncan

treatment	N	Subset for alpha = 0.05			
		1	2	3	4
สูตรที่ 2	15	2.927133			
สูตรที่ 5	15		3.094533		
สูตรที่ 4	15		3.133667		
สูตรที่ 3	15			3.197667	
สูตรที่ 1	15				3.649333
Sig.		1.000	.079	1.000	1.000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความเคี้ยวได้ (Chewiness)

Duncan

treatment	N	Subset for alpha = 0.05
		1
สูตรที่ 2	15	.648073
สูตรที่ 1	15	.835780
สูตรที่ 3	15	.854920
สูตรที่ 4	15	.868207
สูตรที่ 5	15	.880907
Sig.		.370

ความเหนียวหนึบ (Gumminess)

Duncan

treatment	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
สูตรที่ 2	15	2.213467		
สูตรที่ 1	15	2.290200	2.290200	
สูตรที่ 4	15	2.326600	2.326600	
สูตรที่ 3	15		2.726933	2.726933
สูตรที่ 5	15			2.859800
Sig.		.639	.069	.556

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข-7 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติในตารางที่ 4.8 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพของผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่น ทั้ง 5 สูตร

Descriptive

		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
						Lower Bound	Upper Bound		
L*	สูตรที่ 1	3	44.5933	.85237	.49212	42.4759	46.7107	43.78	45.48
	สูตรที่ 2	3	30.1100	.04359	.02517	30.0017	30.2183	30.08	30.16
	สูตรที่ 3	3	31.7700	.00000	.00000	31.7700	31.7700	31.77	31.77
	สูตรที่ 4	3	33.6600	5.5070	3.1794	19.9798	47.3402	29.97	39.99
	สูตรที่ 5	3	30.8333	.04041	.02333	30.7329	30.9337	30.81	30.88
	Total	15	34.1933	5.9097	1.5259	30.9206	37.4661	29.97	45.48
a*	สูตรที่ 1	3	1.3300	.06245	.03606	1.1749	1.4851	1.28	1.40
	สูตรที่ 2	3	21.8833	.08083	.04667	21.6825	22.0841	21.79	21.93
	สูตรที่ 3	3	24.5100	.01732	.01000	24.4670	24.5530	24.50	24.53
	สูตรที่ 4	3	23.2800	.02646	.01528	23.2143	23.3457	23.25	23.30
	สูตรที่ 5	3	22.4933	.00577	.00333	22.4790	22.5077	22.49	22.50
	Total	15	18.6993	9.0354	2.3329	13.6957	23.7030	1.28	24.53
b*	สูตรที่ 1	3	11.6667	.27970	.16149	10.9718	12.3615	11.35	11.88
	สูตรที่ 2	3	2.0900	.02646	.01528	2.0243	2.1557	2.07	2.12
	สูตรที่ 3	3	1.6433	.04726	.02728	1.5259	1.7607	1.59	1.68
	สูตรที่ 4	3	1.4033	.03512	.02028	1.3161	1.4906	1.37	1.44
	สูตรที่ 5	3	1.0467	.01155	.00667	1.0180	1.0754	1.04	1.06
	Total	15	3.5700	4.2065	1.0861	1.2405	5.8995	1.04	11.88

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
L*	Between Groups	426.841	4	106.710	17.180	.000
	Within Groups	62.115	10	6.211		
	Total	488.955	14			
a*	Between Groups	1142.917	4	285.729	124591.260	.000
	Within Groups	.023	10	.002		
	Total	1142.940	14			
b*	Between Groups	247.560	4	61.890	3749.399	.000
	Within Groups	.165	10	.017		
	Total	247.725	14			

Post Hoc Tests

Homogeneous Subsets

L*

Duncan

treatment	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
สูตรที่ 2	3	30.1100	
สูตรที่ 5	3	30.8333	
สูตรที่ 3	3	31.7700	
สูตรที่ 4	3	33.6600	
สูตรที่ 1	3		44.5933
Sig.		.135	1.000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

a*

Duncan

treatment	N	Subset for alpha = 0.05				
		1	2	3	4	5
สูตรที่ 1	3	1.3300				
สูตรที่ 2	3		21.8833			
สูตรที่ 5	3			22.4933		
สูตรที่ 4	3				23.2800	
สูตรที่ 3	3					24.5100
Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

b*

Duncan

treatment	N	Subset for alpha = 0.05				
		1	2	3	4	5
สูตรที่ 5	3	1.0467				
สูตรที่ 4	3		1.4033			
สูตรที่ 3	3			1.6433		
สูตรที่ 2	3				2.0900	
สูตรที่ 1	3					11.6667
Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Descriptive

water activity

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
สูตรที่ 1	3	.6627	.00862	.00498	.6412	.6841	.66	.6627
สูตรที่ 2	3	.7710	.00557	.00321	.7572	.7848	.77	.7710
สูตรที่ 3	3	.8080	.00400	.00231	.7981	.8179	.80	.8080
สูตรที่ 4	3	.8010	.00200	.00115	.7960	.8060	.80	.8010
สูตรที่ 5	3	.7950	.00361	.00208	.7860	.8040	.79	.7950
Total	15	.7675	.05596	.01445	.7365	.7985	.66	.7675

ANOVA

water activity

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.044	4	.011	393.642	.000
Within Groups	.000	10	.000		
Total	.044	14			

Post Hoc Tests

Homogeneous Subsets

water activity

Duncan

treatment	N	Subset for alpha = 0.05			
		1	2	3	4
สูตรที่ 1	3	.6627			
สูตรที่ 2	3		.7710		
สูตรที่ 5	3			.7950	
สูตรที่ 4	3			.8010	.8010
สูตรที่ 3	3				.8080
Sig.		1.000	1.000	.193	.134

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข-8 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติในตารางที่ 4.9 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่น ทั้ง 4 สูตร

Descriptive

ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (องศาบริกซ์)

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
สูตรที่ 1	3	79.3333	.57735	.33333	77.8991	80.7676	79.00	80.00
สูตรที่ 2	3	72.6667	.28868	.16667	71.9496	73.3838	72.50	73.00
สูตรที่ 3	3	46.7000	.60828	.35119	45.1890	48.2110	46.00	47.10
สูตรที่ 4	3	47.9333	.11547	.06667	47.6465	48.2202	47.80	48.00
สูตรที่ 5	3	46.9667	.25166	.14530	46.3415	47.5918	46.70	47.20
Total	15	58.0533	14.1551	3.6548	50.2145	65.8922	46.00	80.00

ANOVA

ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (องศาบริกซ์)

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	3055.177	4	763.794	4423.519	.000
Within Groups	1.727	10	.173		
Total	3056.904	14			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Post Hoc Tests

Homogeneous Subsets

ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (องศาบริกซ์)

Duncan

treatment	N	Subset for alpha = 0.05			
		1	2	3	4
3.00	3	46.7000			
5.00	3	46.9667			
4.00	3		47.9333		
2.00	3			72.6667	
1.00	3				79.3333
Sig.		.505	1.000	1.000	1.000

Descriptive

ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
สูตรที่ 1	3	3.3133	.00577	.00333	3.2990	3.3277	3.31	3.32
สูตรที่ 2	3	3.5333	.01155	.00667	3.5046	3.5620	3.52	3.54
สูตรที่ 3	3	.02309	.01333	3.3760	3.4907	3.42	3.46	.02309
สูตรที่ 4	3	.04041	.02333	3.3963	3.5971	3.46	3.54	.04041
สูตรที่ 5	3	.06506	.03756	3.3617	3.6850	3.46	3.59	.06506
Total	15	3.5727	.14607	.03771	3.4918	3.6536	3.31	3.69

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ANOVA

ความเป็นกรด-ด่าง (pH)

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.099	4	.025	18.820	.000
Within Groups	.013	10	.001		
Total	.112	14			

ความเป็นกรด-ด่าง (pH)

Duncan

Treatment	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
สูตรที่ 1	3	3.3133		
สูตรที่ 3	3		3.4333	
สูตรที่ 4	3		3.4967	3.4967
สูตรที่ 5	3			3.5233
สูตรที่ 2	3			3.5333
Sig.		1.000	1.000	.167

Descriptive

ปริมาณกรดทั้งหมด

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
สูตรที่ 1	3	1.3200	.00000	.00000	1.3200	1.3200	1.32	1.32
สูตรที่ 2	3	1.2933	.01155	.00667	1.2646	1.3220	1.28	1.30
สูตรที่ 3	3	1.1833	.06351	.03667	1.0256	1.3411	1.11	1.22
สูตรที่ 4	3	1.2900	.01732	.01000	1.2470	1.3330	1.28	1.31
สูตรที่ 5	3	1.3400	.05196	.03000	1.2109	1.4691	1.28	1.37
Total	15	1.2853	.06457	.01667	1.2496	1.3211	1.11	1.37

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ANOVA

ปริมาณกรดทั้งหมด

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.044	4	.011	7.681	.004
Within Groups	.014	10	.001		
Total	.058	14			

Post Hoc Tests

Homogeneous Subsets

ปริมาณกรดทั้งหมด

Duncan

treatment	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
สูตรที่ 3	3	1.1833	
สูตรที่ 4	3		1.2900
สูตรที่ 2	3		1.2933
สูตรที่ 1	3		1.3200
สูตรที่ 5	3		1.3400
Sig.		1.000	.1620

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข-9 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติในตารางที่ 4.10 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่น ทั้ง 4 สูตร

Descriptive

		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
						Lower Bound	Upper Bound		
ลักษณะที่ปรากฏ	สูตรที่ 1	30	4.3333	.47946	.08754	4.1543	4.5124	4.00	5.00
	สูตรที่ 2	30	3.7667	.43018	.07854	3.6060	3.9273	3.00	4.00
	สูตรที่ 3	30	3.4667	.62881	.11480	3.2319	3.7015	2.00	4.00
	สูตรที่ 4	30	3.8333	.46113	.08419	3.6611	4.0055	3.00	5.00
	สูตรที่ 5	30	3.7000	.65126	.11890	3.4568	3.9432	3.00	5.00
	Total	150	3.8200	.60279	.04922	3.7227	3.9173	2.00	5.00
สี	สูตรที่ 1	30	3.9667	.71840	.13116	3.6984	4.2349	3.00	5.00
	สูตรที่ 2	30	3.6000	.56324	.10283	3.3897	3.8103	3.00	5.00
	สูตรที่ 3	30	3.4667	.62881	.11480	3.2319	3.7015	2.00	4.00
	สูตรที่ 4	30	3.7333	.52083	.09509	3.5389	3.9278	3.00	5.00
	สูตรที่ 5	30	3.7000	.53498	.09767	3.5002	3.8998	3.00	5.00
	Total	150	3.6933	.61247	.05001	3.5945	3.7922	2.00	5.00
กลิ่น	สูตรที่ 1	30	4.2333	.77385	.14129	3.9444	4.5223	3.00	5.00
	สูตรที่ 2	30	3.4667	.57135	.10431	3.2533	3.6800	2.00	4.00
	สูตรที่ 3	30	3.3333	.54667	.09981	3.1292	3.5375	2.00	4.00
	สูตรที่ 4	30	3.5667	.56832	.10376	3.3545	3.7789	3.00	5.00
	สูตรที่ 5	30	3.5667	.67891	.12395	3.3132	3.8202	3.00	5.00
	Total	150	3.6333	.69915	.05709	3.5205	3.7461	2.00	5.00
รสชาติ	สูตรที่ 1	30	4.3000	.53498	.09767	4.1002	4.4998	3.00	5.00
	สูตรที่ 2	30	3.7000	.95231	.17387	3.3444	4.0556	1.00	5.00
	สูตรที่ 3	30	2.5333	.86037	.15708	2.2121	2.8546	1.00	4.00
	สูตรที่ 4	30	3.8000	.88668	.16189	3.4689	4.1311	2.00	5.00
	สูตรที่ 5	30	3.7667	.85836	.15671	3.4461	4.0872	2.00	5.00
	Total	150	3.6200	1.0078	.08229	3.4574	3.7826	1.00	5.00
ความแข็ง	สูตรที่ 1	30	3.6333	.61495	.11227	3.4037	3.8630	3.00	5.00
	สูตรที่ 2	30	3.6667	.92227	.16838	3.3223	4.0110	2.00	5.00
	สูตรที่ 3	30	3.0667	.63968	.11679	2.8278	3.3055	2.00	4.00
	สูตรที่ 4	30	3.7333	.69149	.12625	3.4751	3.9915	2.00	5.00
	สูตรที่ 5	30	3.6000	.72397	.13218	3.3297	3.8703	2.00	5.00
	Total	150	3.5400	.75645	.06176	3.4180	3.6620	2.00	5.00
ความชอบโดยรวม	สูตรที่ 1	30	4.3000	.59596	.10881	4.0775	4.5225	3.00	5.00
	สูตรที่ 2	30	3.6667	.80230	.14648	3.3671	3.9662	2.00	5.00
	สูตรที่ 3	30	2.8667	.73030	.13333	2.5940	3.1 394	1.00	4.00
	สูตรที่ 4	30	3.8333	.83391	.15225	3.5219	4.1447	2.00	5.00
	สูตรที่ 5	30	3.8333	.79148	.14450	3.5378	4.1289	3.00	5.00
	Total	150	3.7000	.88044	.07189	3.5579	3.8421	1.00	5.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
ลักษณะที่ปรากฏ	Between Groups	12.173	4	3.043	10.515	.000
	Within Groups	41.967	145	.2890		
	Total	54.140	149			
สี	Between Groups	4.093	4	1.023	2.865	.025
	Within Groups	51.800	145	.3570		
	Total	55.893	149			
กลิ่น	Between Groups	14.600	4	3.650	9.088	.000
	Within Groups	58.233	145	.4020		
	Total	72.833	149			
รสชาติ	Between Groups	51.107	4	12.777	18.483	.000
	Within Groups	100.233	145	.69100		
	Total	151.340	149			
ความแข็ง	Between Groups	8.693	4	2.173	4.116	.003
	Within Groups	76.567	145	.5280		
	Total	85.260	149			
ความชอบโดยรวม	Between Groups	32.733	4	8.183	14.336	.000
	Within Groups	82.767	145	.5710		
	Total	115.500	149			

Post Hoc Tests

Homogeneous Subsets

ลักษณะที่ปรากกฏ

Duncan

treatment	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
สูตรที่ 3	30	3.4667		
สูตรที่ 5	30	3.7000	3.7000	
สูตรที่ 2	30		3.7667	
สูตรที่ 4	30		3.8333	
สูตรที่ 1	30			4.3333
Sig.		.095	.370	1.000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สี

Duncan

treatment	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
สูตรที่ 3	30	3.4667	
สูตรที่ 2	30	3.6000	
สูตรที่ 5	30	3.7000	3.7000
สูตรที่ 4	30	3.7333	3.7333
สูตรที่ 1	30		3.9667
Sig.		.118	.105

กลิ่น

Duncan

treatment	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
สูตรที่ 3	30	3.3333	
สูตรที่ 2	30	3.4667	
สูตรที่ 4	30	3.5667	
สูตรที่ 5	30	3.5667	
สูตรที่ 1	30		4.2333
Sig.		.199	1.000

รสชาติ

Duncan

treatment	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
สูตรที่ 3	30	2.5333		
สูตรที่ 2	30		3.7000	
สูตรที่ 5	30		3.7667	
สูตรที่ 4	30		3.8000	
สูตรที่ 1	30			4.3000
Sig.		1.000	.664	1.000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความแข็ง

Duncan

treatment	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
สูตรที่ 3	30	3.0667	
สูตรที่ 5	30		3.6000
สูตรที่ 1	30		3.6333
สูตรที่ 2	30		3.6667
สูตรที่ 4	30		3.7333
Sig.		1.000	.525

ความชอบโดยรวม

Duncan

treatment	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
สูตรที่ 3	30	2.8667		
สูตรที่ 2	30		3.6667	
สูตรที่ 4	30		3.8333	
สูตรที่ 5	30		3.8333	
สูตรที่ 1	30			4.3000
Sig.		1.000	.425	1.000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข-10 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติในตารางที่ 4.14 ผลการทำแบบสอบถามกราฟิกบนบรรจุภัณฑ์ ทั้ง 3 แบบ

Descriptive

		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
						Lower Bound	Upper Bound		
ภาพอยู่ในตำแหน่งที่เหมาะสม	แบบที่ 1	100	3.99	.74529	.07453	3.8421	4.1379	3.00	5.00
	แบบที่ 2	100	4.28	.68283	.06828	4.1445	4.4155	3.00	5.00
	แบบที่ 3	100	3.10	1.08711	.10871	2.8843	3.3157	1.00	5.00
	Total	300	3.79	.99122	.05723	3.6774	3.9026	1.00	5.00
ภาพอยู่ในตำแหน่งที่ดึงดูดให้ผลิตภัณฑ์น่าสนใจ	แบบที่ 1	100	3.86	.73882	.07388	3.7134	4.0066	3.00	5.00
	แบบที่ 2	100	4.29	.72884	.07288	4.1454	4.4346	2.00	5.00
	แบบที่ 3	100	2.99	1.06832	.10683	2.7780	3.2020	1.00	5.00
	Total	300	3.71	1.01386	.05854	3.5981	3.8285	1.00	5.00
สีเหมาะสมกับองค์ประกอบของรูปและตัวอักษร	แบบที่ 1	100	3.98	.77824	.07782	3.8256	4.1344	3.00	5.00
	แบบที่ 2	100	4.27	.76350	.07635	4.1185	4.4215	3.00	5.00
	แบบที่ 3	100	3.11	1.09078	.10908	2.8936	3.3264	1.00	5.00
	Total	300	3.78	1.01551	.05863	3.6713	3.9020	1.00	5.00
สีที่ใช้สื่อความหมายและถ่ายทอดภาพลักษณ์ของผลิตภัณฑ์ได้ดี	แบบที่ 1	100	3.81	.77453	.07745	3.6563	3.9637	2.00	5.00
	แบบที่ 2	100	4.23	.80221	.08022	4.0708	4.3892	2.00	5.00
	แบบที่ 3	100	3.01	1.04924	.10492	2.8018	3.2182	1.00	5.00
	Total	300	3.68	1.01645	.05868	3.5678	3.7988	1.00	5.00
การจัดวางตัวอักษรอยู่ในตำแหน่งที่เหมาะสม	แบบที่ 1	100	3.83	.72551	.07255	3.6860	3.9740	3.00	5.00
	แบบที่ 2	100	4.29	.74257	.07426	4.1427	4.4373	2.00	5.00
	แบบที่ 3	100	3.09	1.09263	.10926	2.8732	3.3068	1.00	5.00
	Total	300	3.73	.99866	.05766	3.6232	3.8501	1.00	5.00
รูปแบบของตัวอักษรเหมาะสมกับผลิตภัณฑ์	แบบที่ 1	100	3.78	.69019	.06902	3.6431	3.9169	3.00	5.00
	แบบที่ 2	100	4.30	.74536	.07454	4.1521	4.4479	3.00	5.00
	แบบที่ 3	100	2.98	1.02474	.10247	2.7767	3.1833	1.00	5.00
	Total	300	3.68	.99253	.05730	3.5739	3.7994	1.00	5.00
ความชอบโดยรวม	แบบที่ 1	100	3.93	.72829	.07283	3.7855	4.0745	3.00	5.00
	แบบที่ 2	100	4.29	.71485	.07148	4.1482	4.4318	3.00	5.00
	แบบที่ 3	100	3.15	1.02863	.10286	2.9459	3.3541	1.00	5.00
	Total	300	3.79	.96037	.05545	3.6809	3.8991	1.00	5.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
ภาพอยู่ในตำแหน่งที่เหมาะสม	Between Groups	75.620	2	37.810	51.476	.000
	Within Groups	218.150	297	.735		
	Total	293.770	299			
ภาพอยู่ในตำแหน่งที่ดึงดูดให้ผลิตภัณฑ์น่าสนใจ	Between Groups	87.727	2	43.863	59.318	.000
	Within Groups	219.620	297	.739		
	Total	307.347	299			
สีเหมาะสมกับองค์ประกอบของรูปและตัวอักษร	Between Groups	72.887	2	36.443	45.968	.000
	Within Groups	235.460	297	.793		
	Total	308.347	299			
สีที่ใช้สื่อความหมายและถ่ายทอดภาพลักษณ์ของผลิตภัณฑ์ได้ดี	Between Groups	76.827	2	38.413	49.157	.000
	Within Groups	232.090	297	.781		
	Total	308.917	299			
การจัดวางตัวอักษรอยู่ในตำแหน่งที่เหมาะสม	Between Groups	73.307	2	36.653	48.406	.000
	Within Groups	224.890	297	.757		
	Total	298.197	299			
รูปแบบของตัวอักษรเหมาะสมกับผลิตภัณฑ์	Between Groups	88.427	2	44.213	63.707	.000
	Within Groups	206.120	297	.694		
	Total	294.547	299			
ความชอบโดยรวม	Between Groups	67.920	2	33.960	48.526	.000
	Within Groups	207.850	297	.700		
	Total	275.770	299			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Post Hoc Tests

Homogeneous Subsets

ภาพอยู่ในตำแหน่งที่เหมาะสม

Duncan

treatment	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
แบบที่ 3	100	3.1000		
แบบที่ 1	100		3.9900	
แบบที่ 2	100			4.2800
Sig.		1.000	1.000	1.000

ภาพอยู่ในตำแหน่งที่ดึงดูดให้ผลิตภัณฑ์น่าสนใจ

Duncan

treatment	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
แบบที่ 3	100	2.9900		
แบบที่ 1	100		3.8600	
แบบที่ 2	100			4.2900
Sig.		1.000	1.000	1.000

สีเหมาะสมกับองค์ประกอบของรูปและตัวอักษร

Duncan

treatment	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
แบบที่ 3	100	3.1100		
แบบที่ 1	100		3.9800	
แบบที่ 2	100			4.2700
Sig.		1.000	1.000	1.000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สีที่ใช้สื่อความหมายและถ่ายทอภาพลักษณ์ของผลิตภัณฑ์ได้ดี

Duncan

treatment	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
แบบที่ 3	100	3.0100		
แบบที่ 1	100		3.8100	
แบบที่ 2	100			4.2300
Sig.		1.000	1.000	1.000

การจัดวางตัวอักษรอยู่ในตำแหน่งที่เหมาะสม

Duncan

treatment	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
แบบที่ 3	100	3.0900		
แบบที่ 1	100		3.8300	
แบบที่ 2	100			4.2900
Sig.		1.000	1.000	1.000

รูปแบบของตัวอักษรเหมาะสมกับผลิตภัณฑ์

Duncan

treatment	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
แบบที่ 3	100	2.9800		
แบบที่ 1	100		3.7800	
แบบที่ 2	100			4.3000
Sig.		1.000	1.000	1.000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความชอบโดยรวม

Duncan

treatment	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
แบบที่ 3	100	3.1500		
แบบที่ 1	100		3.9300	
แบบที่ 2	100			4.2900
Sig.		1.000	1.000	1.000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข-11 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติในตารางที่ 4.18 ผลการทดสอบค่าไคสแควร์ในการยอมรับผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่น ของผู้บริโภค โดยจำแนกตามเพศ

Case Processing Summary

	Cases					
	Valid		Missing		Total	
	N	Percent	N	Percent	N	Percent
ยอมรับหรือไม่ * เพศ	100	61.3%	63	38.7%	163	100.0%

ยอมรับหรือไม่ * เพศ Crosstabulation

			เพศ		รวม
			ชาย	หญิง	
ยอมรับหรือไม่	ยอมรับ	Count	45	52	97
		% of Total	46.4%	53.6%	100.0%
	ไม่ยอมรับ	Count	0	3	3
		% of Total	0.0%	100.0%	100.0%
รวม		Count	45	45	55
		% of Total	45.0%	45.0%	55.0%

Chi-Square Tests

	Value	df	Asymptotic Significance (2-sided)	Exact Sig. (2-sided)	Exact Sig. (1-sided)
Pearson Chi-Square	2.530[a]	1	.112		
Continuity Correction[b]	1.003	1	.317		
Likelihood Ratio	3.663	1	.056		
Fisher's Exact Test				.250	.162
Linear-by-Linear Association	2.505	1	.113		
N of Valid Cases	100				

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข-12 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติในตารางที่ 4.19 ผลการทดสอบค่าไคสแควร์ในการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่นของผู้บริโภค โดยจำแนกตามเพศ

Case Processing Summary

	Cases					
	Valid		Missing		Total	
	N	Percent	N	Percent	N	Percent
ซื้อหรือไม่ * เพศ	100	61.3%	63	38.7%	163	100.0%

ซื้อหรือไม่ * เพศ Crosstabulation

			เพศ		รวม
			ชาย	หญิง	
ซื้อหรือไม่	ซื้อ	Count	45	48	93
		% of Total	48.4%	51.6%	100.0%
	ไม่ซื้อ	Count	0	7	7
		% of Total	0.0%	100.0%	100.0%
รวม		Count	45	45	55
		% of Total	45.0%	45.0%	55.0%

Chi-Square Tests

	Value	df	Asymptotic Significance (2-sided)	Exact Sig. (2-sided)	Exact Sig. (1-sided)
Pearson Chi-Square	6.158[a]	1	.013		
Continuity Correction[b]	4.358	1	.037		
Likelihood Ratio	8.799	1	.003		
Fisher's Exact Test				.016	.013
Linear-by-Linear Association	6.097	1	.014		
N of Valid Cases	100				

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข-13 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติในตารางที่ 4.20 ผลการทดสอบค่าไคสแควร์ในการยอมรับผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่นของผู้บริโภค โดยจำแนกตามอายุ

Case Processing Summary

	Cases					
	Valid		Missing		Total	
	N	Percent	N	Percent	N	Percent
ยอมรับไหม * อายุ	100	61.3%	63	38.7%	163	100.0%

ยอมรับไหม * อายุ Crosstabulation

			อายุ				รวม
			20 – 30 ปี	31 – 40 ปี	41 – 50 ปี	51 ปีขึ้นไป	
ยอมรับไหม	ยอมรับ	Count	66	14	11	6	97
		% of Total	66.0%	14.0%	11.0%	6.2%	100.0%
	ไม่ยอมรับ	Count	0	0	0	3	3
		% of Total	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%	100.0%
รวม		Count	66	14	11	9	11
		% of Total	66.0%	66.0%	14.0%	11.0%	9.0%

Chi-Square Tests

	Value	df	Asymptotic Significance (2-sided)
Pearson Chi-Square	31.271[a]	3	.000
Likelihood Ratio	15.491	3	.001
Linear-by-Linear Association	17.318	1	.000
N of Valid Cases	100		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข-14 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติในตารางที่ 4.21 ผลการทดสอบค่าไคสแควร์ในการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่นของผู้บริโภค โดยจำแนกตามอายุ

Case Processing Summary

	Cases					
	Valid		Missing		Total	
	N	Percent	N	Percent	N	Percent
ซื้อหรือไม่ * อายุ	100	61.3%	63	38.7%	163	100.0%

ซื้อหรือไม่ * อายุ Crosstabulation

			อายุ				รวม
			20 – 30 ปี	31 – 40 ปี	41 – 50 ปี	51 ปีขึ้นไป	
ซื้อหรือไม่	ซื้อ	Count	66	14	11	2	93
		% of Total	71.0%	15.1%	11.8%	2.2%	100.0%
	ไม่ซื้อ	Count	0	0	0	7	7
		% of Total	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%	100.0%
Total		Count	66	66	14	11	9
		% of Total	66.0%	66.0%	14.0%	11.0%	9.0%

Chi-Square Tests

	Value	df	Asymptotic Significance (2-sided)
Pearson Chi-Square	76.105[a]	3	.000
Likelihood Ratio	41.193	3	.000
Linear-by-Linear Association	42.146	1	.000
N of Valid Cases	100		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข-15 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติในตารางที่ 4.22 ผลการทดสอบค่าไคสแควร์ในการยอมรับผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่นของผู้บริโภค โดยจำแนกตามรายได้

Case Processing Summary

	Cases					
	Valid		Missing		Total	
	N	Percent	N	Percent	N	Percent
ยอมรับไหม * รายได้	100	61.3%	63	38.7%	163	100.0%

ยอมรับหรือไม่ * รายได้ Crosstabulation

			รายได้						รวม
			ต่ำกว่า 5,000 บาท	5,000 – 10,000 บาท	10,001 – 20,000 บาท	20,001 – 30,000 บาท	30,001 – 40,000 บาท	มากกว่า 40,000 บาท	
ยอมรับหรือไม่	ยอมรับ	Count	8	34	34	8	9	4	97
		% of Total	8.2%	35.1%	35.1%	8.2%	9.3%	4.1%	100.0%
	ไม่ยอมรับ	Count	0	0	0	0	0	3	3
		% of Total	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	3.0%	3.0%
รวม		Count	8	8	34	34	8	9	7
		% of Total	8.0%	8.0%	34.0%	34.0%	8.0%	9.0%	7.0%

Chi-Square Tests

	Value	df	Asymptotic Significance (2-sided)
Pearson Chi-Square	41.090[a]	5	.000
Likelihood Ratio	17.388	5	.004
Linear-by-Linear Association	16.257	1	.000
N of Valid Cases	100		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข-16 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติในตารางที่ 4.23 ผลการทดสอบค่าไคสแควร์ในการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่นของผู้บริโภค โดยจำแนกตามรายได้

Case Processing Summary

	Cases					
	Valid		Missing		Total	
	N	Percent	N	Percent	N	Percent
ซื้อหรือไม่ * รายได้	100	61.3%	63	38.7%	163	100.0%

ซื้อหรือไม่ * รายได้ Crosstabulation

			รายได้						รวม
			ต่ำกว่า 5,000 บาท	5,000 – 10,000 บาท	10,001 – 20,000 บาท	20,001 – 30,000 บาท	30,001 – 40,000 บาท	มากกว่า 40,000 บาท	
ซื้อหรือไม่	ซื้อ	Count	8	34	34	8	9	0	93
		% of Total	8.6%	36.6%	36.6%	8.6%	9.7%	0.0%	100.0%
	ไม่ซื้อ	Count	0	0	0	0	0	7	7
		% of Total	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%	100.0%
รวม		Count	8	8	34	34	8	9	7
		% of Total	8.0%	8.0%	34.0%	34.0%	8.0%	9.0%	7.0%

Chi-Square Tests

	Value	df	Asymptotic Significance (2-sided)
Pearson Chi-Square	100.000[a]	5	.000
Likelihood Ratio	50.728	5	.000
Linear-by-Linear Association	39.565	1	.000
N of Valid Cases	100		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

การวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค-1. การวัดค่าสี (Colorimeter)

วิธีการ

1. ทำการใส่ Battery ให้เรียบร้อย แล้วทำการเปิดเครื่องโดยกดปุ่มรูปสายฟ้าที่ด้านหน้าเครื่อง (กดแช่ไว้ 2 วินาที)
2. ก่อนใช้งานเครื่องทุกครั้งต้องทำการ Calibrate เครื่องก่อน แต่ของ HunterLab เรียก STANDARDIZE ซึ่งก่อนทำการวัดแผ่น Calibrate ควรเช็ดแผ่น Calibrate ให้สะอาด และเข้า Menu STANDARDIZE กด ปุ่ม สายฟ้า
3. เครื่องจะทำให้การวัด แผ่น Black Glass ให้นำเอาแผ่น Black Glass มาวางปิด Port ที่วัดตัวอย่างให้สนิท แล้วกดปุ่มสายฟ้า และทำการวัด แผ่น White tile เช่นเดียวกับ แผ่น Black Glass
4. เครื่องจะขึ้น The sensor has been successfully standardize ให้กดปุ่มลูกศรขวา กลับเข้า Main Menu
5. จาก Main Menu เข้า Menu READ หน้าจอจะถามว่าจะเลือก SETUP Number ครั้งก่อน หรือเลือก Number ใหม่ (YES เลือกใหม่, NO เลือกครั้งก่อน)
6. หน้าจอจะให้ทำการวัดตัวอย่าง ให้นำตัวอย่างมาทำการวัดค่า แล้วกด ปุ่มสายฟ้า หน้าจอจะโชว์ค่าของข้อมูล Scale สีที่ได้ตั้งค่าการวัดไว้
7. ถ้าจะออกการวัดค่า ให้กดลูกศรขวาเพื่อเข้าสู่ Main Menu
8. เมื่อใช้งานเสร็จต้องการปิดเครื่อง ต้องเข้าสู่หน้าจอ ของ Main Menu กดปุ่มลูกศรซ้าย (OFF) กดปุ่มสายฟ้า (GO) เครื่องจะดังปี๊บ 4 ครั้งแล้วหน้าจอจะปิด

ค-2. การวิเคราะห์เนื้อสัมผัส (Texture analyzer)

วิธีการ

1. เตรียมตัวอย่างผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่ขนาด 1 × 1 × 1 เซนติเมตร
2. ประกอบเครื่อง และใส่ Load cell ขนาด 20 นิวตัน ถอดจุกสีดำด้านบนของตัวเครื่อง ใส่ Load cell ด้านล่าง หมุนน็อตให้แน่น เสียบสายเข้าที่หัวของ Load cell เปิดเครื่อง (ใส่ Load cell ให้เรียบร้อยก่อนเปิดเครื่อง)
3. ใส่ถาดก่อน จากนั้นไข watcher ให้แน่น ใส่ base table กับ watcher ตรงกัน ใส่พินให้ล็อกกับฐานไว้ แล้วใช้ประแจคอม้ายึดฐานด้านล่างและ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ด้านบนเอาไว้ และใช้หัว probe แบบ Cylinder probe ขนาด 10 มิลลิเมตร

4. การเข้าสู่โปรแกรม START —>PROGRAM —> NEXYGEN—> NEXYGEN EZ and PLUS (สถานะที่บอกว่าคอมพิวเตอร์ link กับเครื่อง Lloyd คือ จะแสดงคอนโซนสีน้ำเงินขึ้นที่หน้าจอคอมพิวเตอร์)

5. การสร้าง Batch file คลิกขวาที่หน้าจอ Desk top —> New —> Nexygen batch Document (จะขึ้นหน้าต่างให้เลือกชนิดของตัวอย่างที่จะทดสอบ) —> เลือก Folder (FOOD) —> Next

6. เลือกลักษณะการกดของตัวอย่าง (เช่น วิธีการทดสอบตัวอย่างที่ต้องการกด 1 ครั้ง เลือก Single Hardness หรือ Texture Profile Analysis สำหรับการกดตัวอย่าง 2 ครั้ง) —> Next —> ตั้งชื่อ Batch file (ควรตั้งชื่อตามตัวอย่างที่จะทดสอบ) Finish —> Batch file จะปรากฏที่ Desk top

7. การวัดตัวอย่าง ดับเบิ้ลคลิกที่ Bate file กดรูปกราฟเส้นปะเล็กๆ (กราฟแรก) จะปรากฏหน้าต่าง 2 หน้าต่าง

8. ดับเบิ้ลคลิกที่กรอบสี่เหลี่ยม —> คลิกขวา —> Advanced เพื่อกำหนดค่าต่างๆ ใช้ความเร็ว 1 มิลลิเมตรต่อวินาที และใช้แรง 18 กรัมแรง (gf) และตอบ OK

9. จะสังเกตได้ว่า ถ้าเครื่องพร้อมใช้งาน หรือก่อนจะทำการวัดตัวอย่าง ต้องเป็นรูปกรอบสี่เหลี่ยมมีคลิปหนีบเครื่องจึงจะพร้อมใช้งาน

10. ทดสอบตัวอย่างโดยเลื่อนหัวกดลงให้ใกล้กับตัวอย่างมากที่สุด (ควบคุมการทำงานโดยใช้ Console) ปรับค่าเริ่มต้นให้เป็น 0 โดย click ที่ zero

11. กด › เพื่อให้เริ่มทดสอบตัวอย่าง

12. การกำหนดค่าหน่วยทำได้โดย คลิกขวา เช่น ที่ Hardness คลิกขวาเลือกนิวตัน

13. หลังจากการวัดค่าแล้ว เครื่องจะโชว์ค่าที่วัดได้บรรจุอยู่ในตาราง ถ้ามี function มากเกินไปให้คลิกที่ view —> แล้วคลิกเอาลูกศรออก

14. ถ้าต้องการทดสอบตัวอย่างถัดไป ให้คลิกที่ รูปกราฟเส้นปะเล็กๆ (กราฟแรก) จะปรากฏหน้าต่างเพิ่มขึ้น 1 หน้าต่าง —> กด › เพื่อให้เริ่มทดสอบตัวอย่าง

15. การ save รูปภาพ เมื่อได้กราฟแล้วให้คลิก function + printscreen แล้วนำไปวางในโปรแกรม paint

16. บันทึกค่าผลการทดลองที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรม Nexygen

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง
การวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ง-1. การวิเคราะห์ค่าความเป็นกรดด่าง (Mettler Tdledo Seven Compact)

อุปกรณ์

1. pH Meter
2. บีกเกอร์ขนาด 50
3. กระดาษทิชชู่
4. ตัวอย่างผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่ก่อนแช่เย็น
5. น้ำกลั่น
6. สารละลายบัฟเฟอร์มาตรฐาน pH 4.01 และ pH 7.00

วิธีการ Setting

1.1 เตรียม Electrode โดยนำ Cap ที่ปิด Electrode ออก

1.2 ล้าง Electrode ด้วยน้ำกลั่น จากนั้นซับด้วยกระดาษทิชชู่

วิธีการ Calibrate Electrode

2.1 จุ่ม Electrode ใน Buffer 7 กวนเล็กน้อย ทิ้งไว้ประมาณ 10 นาที แล้วกด Cal

2.2 ล้าง Electrode ด้วยน้ากลั่น

2.3 ทำซ้ำข้อ 2.1 ด้วย Buffer 4.01 หรือ 9.21 กด Read

วิธีการวัดตัวอย่าง

3.1 นำผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่ก่อนที่จะนำไปแช่เย็นมาวัดค่าความเป็นกรด-ด่างโดยใช้ pH Meter โดยในการวัดจะควบคุมอุณหภูมิของผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่ให้มีค่าเท่ากับ 40±2 องศาเซลเซียส

3.2 จุ่ม Electrode ในตัวอย่าง กวนเล็กน้อย ทิ้งไว้ประมาณ 10 นาที แล้วกด Read

3.3 รอให้เครื่องอ่านค่า √A

3.4 การวิเคราะห์ทางสถิติ

ง-2. การวิเคราะห์หาปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (Total Soluble Solid)

อุปกรณ์

1. Hand refractometer
2. น้ำกลั่น (Distilled water)
3. กระดาษทิชชู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ตัวอย่างผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่

วิธีการ

1. ตรวจสอบเครื่อง Hand refractometer ให้อยู่ในสภาพพร้อมใช้งาน

2. ทำการหยดตัวอย่างผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่ลงบนแผ่นปริซึมที่ตัวเครื่อง จากนั้นปิดหน้าจอ

3. ส่องมองผ่านช่องในที่ที่มีแสง ปรับความคมชัดตามต้องการ

4. อ่านค่าตัวเลขตามสเกลที่ตัวเครื่องกำหนดไว้

4. จดบันทึกผลการทดลองที่ได้

ง-3. การวิเคราะห์หาปริมาณกรดทั้งหมด (AOAC, 2002)

อุปกรณ์

1. ขวดรูปชมพู่ขนาด 125 มิลลิลิตร
2. บิวเรต
3. ปิเปต (Pipette)
4. น้ำกลั่น (Distilled water)
5. Hot Plate
6. บีกเกอร์
7. สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.1 นอร์มัล
8. สารละลายฟีนอล์ฟทาลีน
9. ตัวอย่างผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่

วิธีการ

1. ชั่งน้ำหนักตัวอย่างผลิตภัณฑ์ให้ได้ 3 กรัม ตัดให้มีขนาดเล็กๆใส่ลงในขวดรูปชมพู่ขนาด 125 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่น 25 มิลลิลิตร นำไปให้ความร้อนบน Hot Plate (ควบคุมอุณหภูมิประมาณ 40 องศาเซลเซียส) คนจนกระทั่งผลิตภัณฑ์ละลาย ทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง หยดสารละลายฟีนอล์ฟทาลีน 2-3 หยด

2. ไตเตรทด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.1 นอร์มัล (NaOH) จนกระทั่งได้สาระละลายสีชมพูอ่อน

3.นำค่าที่ได้ไปคำนวณหาปริมาณของกรดทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคำนวณ

$$\text{ปริมาณของกรดทั้งหมด (ร้อยละ)} = \frac{V \times N \times M_{eq.wt}}{Sample} \times 100$$

เมื่อ N = ปริมาตรของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้

V = นอร์มัลของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้

$M_{eq.wt}$ = milliequivalent of acid = 0.064 (Pearson, 1971)

Sample = น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้ (กรัม)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก จ
การวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จ-1. การวิเคราะห์หาปริมาณโปรตีน (Protein) (ดัดแปลงจาก AOAC, 2000)

สารเคมี

1. กรดซัลฟิวริกเข้มข้น (Conc. H_2SO_4)
2. Mix Catalyst
3. โซเดียมไฮดรอกไซด์ เข้มข้นร้อยละ 40 (40% NaOH)
4. สารละลายมาตรฐานกรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 0.1 นอร์มอล
5. กรดบอริกเข้มข้นร้อยละ 4 (4 % Boric acid)
6. Indicator

วัสดุและอุปกรณ์

1. ชุดวิเคราะห์โปรตีน (Gerhardt, Germany)
2. ขวดย่อยโปรตีน(Kjeldahl Flask)
3. ขวดรูปชมพู่ (erlenmeyer flask) ขนาด 250 มิลลิลิตร
4. โถดูดความชื้น (desiccator)
5. กระบอกตวงขนาด 100 มิลลิลิตร
6. บิวเรตต์ ขนาด 50 มิลลิลิตร
7. เครื่องชั่งละเอียด 4 ตำแหน่ง (electronic analytical balance)
8. โกร่งบด

วิธีการ

1. ชั่งตัวอย่าง 1 กรัม และนำมาบดด้วยโกร่งบด ใส่ลงใน kjeldalh flask ใส่ catalase 1 เม็ด และซัลฟิวริก 30 ml (ทำ control ไว้ 1 อันเพื่อเปรียบเทียบ)
2. เปลี่ยนน้ำในขวดและล้างขวดเปล่าทุกครั้ง เติม 1600 ml เมื่อเปิดเครื่องเช็คน้ำว่าออกมาแบบปกติหรือไม่
3. นำ kjeldalh flask มาใส่ในเครื่องย่อย (Digestion) และปิดฝา เปิด hood และเปิดสวิตซ์ รอจนกว่าสารจะเปลี่ยนเป็นสีเขียว โดยใช้อุณหภูมิประมาณ 390 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชม.
4. ปิดเครื่องย่อย แต่ยังเปิดปั๊มของเครื่องไว้ และยกขึ้นรอให้เย็น แต่ไม่ต้องเปิดฝาของขวด kjeldalh flask ออก ระหว่างรอให้เย็นเปิดเครื่องกลั่น (Distillation)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รอ 30 นาที

5. เติม 40% NaOH 45 ml และเติมน้ำกลั่น 30 ml

6. นำขวดรูปชมพู่ทั้งหมด 8 ขวด เติมสาร บอริก 4 % Boric acid 30 ml และเติม Indicator 3 หยด เขย่าเบาๆ จะได้สารเป็นสีชมพู

7. เมื่อเครื่องกลั่น (Distillation) ครบ 30 นาที นำ kjeldalh flask ที่เย็นแล้วมาใส่ในเครื่อง และนำขวดรูปชมพู่ที่เตรียมไว้มารองรับสารละลายที่กลั่นได้

8. ไทเทรตสารละลายที่กลั่นได้ด้วย 0.1 N HCl จนกระทั่ง สีของสารละลายเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีม่วงอมชมพู

9. คำนวณหาปริมาณโปรตีนจากสูตร

วิธีคำนวณหาปริมาณโปรตีน

การวิเคราะห์โปรตีนโดยวิธีนี้ ควรทำตัวอย่างไว้ตรวจสอบ เรียกว่า Blank (โดยใส่สารเคมีและขั้นตอนการวิเคราะห์เช่นเดียวกับตัวอย่าง

$$\text{ปริมาณโปรตีน (ร้อยละ)} = \frac{(A-B) \times N \times 1.4 \times F}{W_t}$$

A คือ ปริมาตรของกรดไฮโดรคลอริกที่ใช้ในการไทเทรตกับตัวอย่าง (มิลลิลิตร)

B คือ ปริมาตรของกรดไฮโดรคลอริกที่ใช้ในการไทเทรตกับ blank (มิลลิลิตร)

W_t คือ น้ำหนักของตัวอย่าง

N คือ ความเข้มข้นของกรดไฮโดรคลอริก (N)

F คือ ค่าแฟกเตอร์

จ-2. การวิเคราะห์หาปริมาณไขมัน (Fat) (ดัดแปลงจาก AOAC, 2000)

สารเคมี

1. Petroleum ether

วัสดุและอุปกรณ์

1. ขวดก้นกลม (Round Bottom Flask)

2. กระดาษกรอง

3. ตู้อบลมร้อน (hot air oven)

4. โถดูดความชื้น (desiccator)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. เครื่องไฟฟ้าทศนิยม 4 ตำแหน่ง

6. ชุดเครื่องวิเคราะห์ไขมัน (soxhlet)

7. Extraction thimbles

8. กระป๋องอลูมิเนียม (moisture can)

9. โกร่งบด

10. ช้อนตักสาร Flask Tong และ crucible tong

11. เครื่องกลั่นระเหยแห้ง (Rotary Evaporator)

12. เครื่องหล่อเย็น

วิธีการ

1. นำตัวอย่างมาบดด้วยโกร่งบดใส่กระดาษกรองประมาณ 5 กรัม (W_2) ห่อให้มิดชิดแล้วใส่ลงใน moisture can

2. นำ Extraction thimbles, moisture can และขวดก้นกลม อบใน hot air oven อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส นาน 3 ชั่วโมง ทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้นและชั่งน้ำหนักขวดก้นกลม ที่แน่นอน (W_1)

3. จากนั้นจะนำตัวอย่างที่อยู่ใน moisture can ออกมา ชั่งน้ำหนักก่อนใส่อีกรอบ (W_2) และนำกระดาษกรอง ห่อตัวอย่างใส่ extractiom thimble ทั้ง 3 ตัวอย่าง

4. ประกอบชุดเครื่องวิเคราะห์ไขมัน (soxhlet) เปิดเครื่องหล่อเย็น นำตัวอย่างที่ใส่ extractiom thimble มาใส่ใน soxhlet

5. นำ Petroleum ether เทใส่ก่อนเพื่อลองเครื่องว่ามันครบ cycle หรือไม่ และเทจนเต็ม ประมาน 300 ml เช็คระดับน้ำ ปรับความร้อนจนสุดเพื่อเช็คว่าควรอยู่ระดับไหน ตอนแรกปรับสูงสุด และค่อยลดระดับลงมาเป็น 6 เริ่มสกัด เป็นเวลา 3 ชม.

4. พอครบเวลาแล้วเท Petroleum ether ออกจนกว่าจะกลั่นขึ้นมาให้หมด ให้เหลือแต่ไขมัน (คราบเหลือง ๆ) อยู่ในขวดก้นกลม

5. นำมาเข้าเครื่องกลั่นระเหยแห้ง (Rotary Evaporator) จนเหลือไขมันก้นขวด

6. อบใน hot air oven ที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง แล้วนำออกมาใส่โถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนัก (W_3)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีคำนวณหาร้อยละของไขมัน

$$\text{ปริมาณไขมันคิดเป็นร้อยละโดยน้ำหนัก} = \frac{(W_3 - W_1) \times 100}{W_2}$$

เมื่อ W_1 = น้ำหนักขวดก้นกลม (กรัม)

W_2 = น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น (กรัม)

W_3 = น้ำหนักขวดก้นกลมหลังนำไปอบ (กรัม)

จ-3. การวิเคราะห์หาปริมาณความชื้น (Moisture content) (ดัดแปลงจาก AOAC, 2000)

วัสดุและอุปกรณ์

1. เครื่องชั่งละเอียดทศนิยม 4 ตำแหน่ง (electronic analytical balance)
2. กระป๋องอลูมิเนียม พร้อมฝาเปิด (moisture can)
3. โถดูดความชื้น (desiccator)
4. ตู้อบลมร้อน (hot air oven)

วิธีการ

1. นำถ้วยอลูมิเนียมพร้อมฝาปิด อบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส นาน 3 ชั่วโมง นำออกมาใส่ในดูดความชื้น ชั่งน้ำหนักที่แน่นอน (W)
2. นำตัวอย่างมาบดให้เป็นผงละเอียด สุ่มตัวอย่างน้ำหนัก 2 – 5 กรัม ใส่ใน moisture can ที่ทราบน้ำหนักที่แน่นอนแล้ว (W_1) และ นำไปวิเคราะห์ปริมาณความชื้น
3. อบใน hot air oven ที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง นำออกมาใส่โถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนัก
4. จากนั้นนำกลับไปเข้าตู้อบและกระทำซ้ำเช่นเดิมจนได้ผลต่างของน้ำหนักทั้งสองครั้งติดต่อกันไม่เกิน 1-3 มิลลิกรัม (W_2)

วิธีคำนวณหาปริมาณความชื้น

$$\text{ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)} = \frac{\text{น้ำหนักอาหารเริ่มต้น (W-W}_1\text{)} - \text{น้ำหนักอาหารแห้ง (W-W}_2\text{)} \times 100}{\text{น้ำหนักอาหารเริ่มต้น (W-W}_1\text{)}}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จ-4. การวิเคราะห์หาปริมาณเยื่อใยอาหารโดยใช้วิธีการสกัดด้วยกรด-ด่าง (Crude fiber) (ดัดแปลงจาก AOAC, 2000)

สารเคมี

1. กรดซัลฟิวริกเข้มข้นร้อยละ 1.25
2. โซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้นร้อยละ 1.25
3. เอทิลแอลกอฮอล์เข้มข้นร้อยละ 95

วัสดุและอุปกรณ์

1. อุปกรณ์ชุดหาปริมาณใยอาหาร
2. กระดาษกรองเบอร์ 41
3. Suction funnel
4. กรวยกรอง
5. ถ้วยกระเบื้องเคลือบ
6. ตู้อบลมร้อน (hot air oven)
7. โถดูดความชื้น (desiccator)
8. เตาอบ
9. บีกเกอร์
10. เครื่องชั่งละเอียดทศนิยม 4 ตำแหน่ง (electronic analytical balance)

วิธีการ

1. นำกระดาษกรองอบในตู้อบ 105 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมงแล้วนำมาใส่ในโถดูดความชื้นและชั่งน้ำหนัก
2. ชั่งตัวอย่างที่ผ่านการสกัดไขมันออกและนำมาใส่ในบีกเกอร์สำหรับวิเคราะห์ใยอาหาร
3. เติมกรดซัลฟิวริก ปริมาตร 200 มิลลิลิตร
4. วางบีกเกอร์ลงบนอุปกรณ์ให้ความร้อนที่ต่อกับเครื่องควบแน่นและเปิดน้ำหล่อเครื่องควบแน่นเปิดสวิตซ์ไฟฟ้า ต้มให้เดือดนาน 30 นาที
5. กรองตัวอย่างขณะร้อนผ่านกระดาษกรองล้างด้วยน้ำร้อนจนกระทั่งน้ำล้างหมดความเป็นกรด
6. ถ่ายกากที่ได้ในบีกเกอร์ใบเดิมเติมโซเดียมไฮดรอกไซด์ปริมาณ 200 มิลลิลิตร
7. วางบีกเกอร์ลงบนอุปกรณ์ให้ความร้อนที่ต่อกับเครื่องควบแน่นและเปิดน้ำหล่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น สงวนลิขสิทธิ์ โดย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เครื่องควบแน่น เปิดสวิตซ์ไฟฟ้า ต้มให้เดือดนาน 30 นาที

8. กรองขณะร้อนผ่านกระดาษกรองแผ่นเดิมล้างด้วยน้ำร้อนจนกระทั่งน้ำล้างหมดความเป็นด่าง

9. ล้างด้วยเอทิลแอลกอฮอล์ปริมาณ 10 มิลลิลิตร

10. นำกระดาษกรองพร้อมกากใส่ในถ้วยกระเบื้องเคลือบและอบในตู้อบ 105 องศาเซลเซียส นาน 3 ชั่วโมง แล้วนำมาใส่ในโถดูดความชื้น

11. ชั่งน้ำหนักซ้ำจนกระทั่งได้ผลต่างของน้ำหนักที่ชั่ง 2 ครั้งติดต่อกันไม่เกิน 1-3 มิลลิกรัม

12. คำนวณหาปริมาณเถ้าตามสูตรดังนี้

วิธีคำนวณหาปริมาณเส้นใยอาหาร

$$\text{ปริมาณเส้นใยอาหาร} = \frac{(M_2 - M_1) \times 100}{S}$$

เมื่อ M_1 คือน้ำหนักตัวอย่างหลังเผา

M_2 คือผลต่างของน้ำหนักตัวอย่างหลังอบ

S คือน้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น

จ-5. การวิเคราะห์หาปริมาณเถ้า (Ash) (ดัดแปลงจาก AOAC, 2000)

วัสดุและอุปกรณ์

1. ถ้วยกระเบื้องเคลือบ (porcelain crucible)
2. เตาเผา (muffle furnace)
3. เตาไฟฟ้า (hot plate)
4. โถดูดความชื้น (desiccator)
5. เครื่องชั่งละเอียดทศนิยม 4 ตำแหน่ง (electronic analytical balance)

วิธีการ

1. เผาถ้วยกระเบื้องเคลือบในเตาเผาที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียส นาน 3 ชั่วโมง นำออกจากเตาเผาเก็บไว้ในโถดูดความชื้น ปล่อยให้เย็นลงจนถึงอุณหภูมิห้อง ชั่งน้ำหนัก บันทึกผล

2. กระทำซ้ำเช่นเดียวกับข้อ 1 จนกระทั่งน้ำหนักคงที่ (ผลต่างของน้ำหนักที่ชั่งสองครั้งไม่เกิน 1-3 มิลลิกรัม) หาค่าเฉลี่ย บันทึกผล (W_1)

3. ชั่งตัวอย่าง อย่างละเอียดประมาณ 2 กรัม (S) ลงในถ้วยกระเบื้องเคลือบ เผาบนเตาไฟฟ้า จนหมดควัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. นำไปเผาที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียส จนกระทั่งได้เถ้าสีเทาอ่อน หรือสีขาวสม่ำเสมอ นำออกจากเตาเผา เก็บในโถดูดความชื้น ปล่อยให้เย็นลงจนถึงอุณหภูมิห้อง ชั่งน้ำหนัก บันทึกผล

5. ทำซ้ำเช่นเดียวกับข้อ 4 จนกระทั่งน้ำหนักคงที่ (ผลต่างของน้ำหนักที่ชั่งสองครั้งไม่เกิน 1-3 มิลลิกรัม) หาค่าเฉลี่ย บันทึกผล (W_2)

6. คำนวณหาปริมาณเถ้าจากสูตร

วิธีคำนวณหาร้อยละของปริมาณเถ้า

$$\text{ร้อยละของปริมาณเถ้า } (\%) = \frac{(W_2 - W_1) \times 100}{S}$$

จ-6. การวิเคราะห์หาปริมาณคาร์โบไฮเดรต (Carbohydrate) (ดัดแปลงจาก AOAC, 1990)

โดยวิธีการคำนวณจากสูตรเมื่อทราบร้อยละของความชื้น, โปรตีน, ไขมัน, เถ้าและเยื่อใย นำค่าดังกล่าวมาคำนวณตามสูตร

วิธีคำนวณหาปริมาณคาร์โบไฮเดรต

ปริมาณคาร์โบไฮเดรต = ปริมาณความชื้น - ปริมาณเถ้า - ปริมาณโปรตีน – ปริมาณเยื่อใย - ปริมาณไขมัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ฉ
การทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส และการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส

ทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยใช้ผู้ทดสอบจำนวน 30 คนเพื่อให้ทราบถึงระดับการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่นโดยให้คะแนนความชอบที่ระดับ 1-5 ให้คะแนน 5 เป็นระดับที่ชอบมากที่สุด คะแนน 1 เป็นระดับที่ไม่ชอบมากที่สุด ใช้แบบทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยคุณลักษณะที่ทดสอบ ได้แก่ ลักษณที่ปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ ความแข็ง และความชอบโดยรวมเพื่อนมาวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วยโปรแกรม IBM SPSS Statistics 24 วางแผนทดสอบการยอมรับแบบ CRD เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้ Duncan's new multiple range test ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 คัดเลือกสูตรที่เหมาะสมและได้รับการยอมรับมากที่สุด

การให้คะแนนความชอบ (Hedonic Scaling Test) เป็นวิธีการที่ใช้ในการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ บอกความชอบ และไม่ชอบ ออกมาเป็นสเกลความชอบ (Hedonic Scale) สเกลความชอบที่นิยมใช้กันอย่างกว้างขวาง คือ สเกลความชอบ 5 คะแนน (Five-Point Hedonic Scale)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบทดสอบทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี Hedonic Scale Scoring Test

ชื่อผลิตภัณฑ์ : ผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่น

คำชี้แจง : กรุณาชิมตัวอย่างกัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่น 5 สูตร ก่อนชิมตัวอย่างให้กลั้วปากและดื่มน้ำทุกครั้งเมื่อเปลี่ยนผลิตภัณฑ์ โดยให้ระดับความชอบและไม่ชอบต่อคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ โดยให้ระดับคะแนนที่เหมาะสม เพื่อแสดงให้เห็นว่าท่านได้อธิบายความรู้สึกชอบและไม่ชอบโดยมีระดับคะแนน ดังนี้

ระดับคะแนน : 5 = ชอบมากที่สุด

4 = ชอบปานกลาง

3 = เฉยๆ

2 = ไม่ชอบปานกลาง

1 = ไม่ชอบมากที่สุด

หมายเลขตัวอย่าง	ลักษณะที่ปรากฏ					
	ลักษณะที่ปรากฏ	สี	กลิ่น	รสชาติ	ความแข็ง	ความชอบโดยรวม
.....						
.....						
.....						
.....						
.....						

เหตุผลของความชอบและไม่ชอบกัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่น

: .....

: .....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบทดสอบทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี Hedonic Scale Scoring Test

ชื่อผลิตภัณฑ์ : ผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่น

คำชี้แจง : กรุณาชิมตัวอย่างกัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนสูตรปราศจากน้ำตาลกลิ่นรสองุ่นทั้ง 5 สูตร ก่อนชิมตัวอย่างให้กลั้วปากและดื่มน้ำทุกครั้งเมื่อเปลี่ยนผลิตภัณฑ์ โดยให้ระดับความชอบและไม่ชอบต่อคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ โดยให้ระดับคะแนนที่เหมาะสม เพื่อแสดงให้เห็นว่าท่านได้อธิบายความรู้สึกชอบและไม่ชอบโดยมีระดับคะแนน ดังนี้

ระดับคะแนน : 5 = ชอบมากที่สุด

4 = ชอบมาก

3 = ชอบปานกลาง

2 = ชอบน้อย

1 = ชอบน้อยที่สุด

หมายเลขตัวอย่าง	ลักษณะที่ปรากฏ					
	ลักษณะที่ปรากฏ	สี	กลิ่น	รสชาติ	ความแข็ง	ความชอบโดยรวม
.....						
.....						
.....						
.....						
.....						

เหตุผลของความชอบและไม่ชอบกัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่น

: .....

: .....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบสอบถาม

(การทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค)

ผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่น

แบบสอบถามนี้จัดทำขึ้นเพื่อใช้เป็นข้อมูลส่วนหนึ่งในการทำโครงงานพิเศษ

สาขาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

คำชี้แจง

แบบสอบถามนี้แบ่งออกเป็น 3 ส่วน

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

ส่วนที่ 2 ข้อมูลเกี่ยวกับความคิดเห็นต่อผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่

ส่วนที่ 3 ข้อมูลเกี่ยวกับการประเมินการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสและการยอมรับของผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบสอบถามการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค

ในผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่น

จำนวน 100 คน สร้างจาก Google form

การสร้าง QR Code

ที่สามารถทำแบบสอบถามได้สะดวกยิ่งขึ้น

เพียงสแกน QR Code ผ่านโทรศัพท์มือถือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบสอบถาม

(การทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค)
ภัณฑ์มิเยลลี่เสริมเวย์โปรตีนและบำรุงจมูกน้ำตาลกลีนรสองุ่น

แบบสอบถามนี้จัดทำขึ้นเพื่อใช้เป็นข้อมูลส่วนหนึ่งในการทำโครงงานพิเศษ
สาขาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

*จำเป็น

คำชี้แจง

แบบสอบถามนี้แบ่งออกเป็น 3 ส่วน

ส่วนที่1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม
ส่วนที่2 ข้อมูลเกี่ยวกับความคิดเห็นต่อผลิตภัณฑ์ภัมมิเยลลี่
ส่วนที่3 ข้อมูลเกี่ยวกับการประเมินการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสและการยอมรับของผลิตภัณฑ์ภัมมิเยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่น

ส่วนที่ 1 ชุดคำถามเกี่ยวกับข้อมูลเบื้องต้นของผู้กรอกแบบสอบถาม

1. เพศ *

- ○ ชาย
- ○ หญิง

2. อายุ *

- ○ 20 - 30 ปี
- ○ 31 - 40 ปี
- ○ 41 - 50 ปี
- ○ มากกว่า 50 ปี

3. รายได้ต่อเดือน *

- ○ ต่ำกว่า 5,000 บาท
- ○ 5,000 - 10,000 บาท
- ○ 10,001 - 20,000 บาท
- ○ 20,001 - 30,000 บาท
- ○ 30,001 - 40,000 บาท
- ○ มากกว่า 40,000 บาท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนที่ 2 ชุดคำถามเกี่ยวกับความคิดเห็นต่อผลิตภัณฑ์

4. ท่านรับประทานขนมทานเล่นบ่อยมากแค่ไหน *

- ○ ทุกวัน
- ○ ทุกอาทิตย์
- ○ ทุกเดือน
- ○ โดยปกติแล้วไม่ทาน

5. ท่านเคยรับประทานผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่หรือไม่ *

- ○ เคย
- ○ ไม่เคย

6. ท่านซื้อผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่บ่อยมากแค่ไหน *

- ○ ทุกวัน
- ○ ทุกอาทิตย์
- ○ ทุกเดือน
- ○ ไม่ซื้อ

7. ท่านคิดว่าข้อจำกัดทางด้านโภชนาการของผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่มีผลต่อการเลือกซื้อหรือไม่ *

- ○ มี
- ○ ไม่มี

8. ถ้ามีบริษัทในประเทศไทยผลิตกัมมี่เยลลี่สูตร เสริมเวย์โปรตีน และปราศจากน้ำตาล ออกจำหน่ายท่านคิดว่า *

- ○ น่าสนใจมาก
- ○ น่าสนใจ
- ○ เฉยๆ
- ○ ไม่สนใจ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนที่ 3 ชุดการประเมินการทดสอบทางประสาทสัมผัสและการยอมรับ ของผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนและปราศจากน้ำตาลกลิ่นรสองุ่น หลังจากชิมผลิตภัณฑ์

คำชี้แจง : กรุณาทดสอบชิมตัวอย่างผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนและปราศจากน้ำตาลกลิ่นรสองุ่นแล้วให้คะแนนความชอบโดยใช้ระบบ 5 Point Hedonic Scalingในแต่ละคุณลักษณะลงในช่องคะแนนตามความรู้สึกของท่านมากที่สุด ซึ่งเกณฑ์การให้คะแนนมีดังนี้
ระดับคะแนน

5 = ชอบมากที่สุด
4 = ชอบปานกลาง
3 = เฉยๆ
2 = ไม่ชอบปานกลาง
1 = ไม่ชอบมากที่สุด

9. *

	5	4	3	2	1
ลักษณะที่ปรากฏ	○	○	○	○	○
สี	○	○	○	○	○
กลิ่น	○	○	○	○	○
รสชาติ	○	○	○	○	○
ความแข็ง	○	○	○	○	○
ความชอบโดยรวม	○	○	○	○	○

10. ท่านยอมรับผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนและปราศจากน้ำตาลกลิ่นรสองุ่นหรือไม่ *

- ○ ยอมรับ
- ○ ไม่ยอมรับ

11. ท่านจะซื้อผลิตภัณฑ์นี้หรือไม่ หากมีจำหน่ายในราคาแพ็คละ 17 บาท น้ำหนัก 34 กรัม *

- ○ ซื้อ
- ○ ไม่ซื้อ

ถัดไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื้อหานี้มิได้ถูกสร้างขึ้นหรือสนับสนุนโดย Google รายงานการละเมิด - ข้อกำหนดในการให้บริการ

Google ฟอร์ม

ภาคผนวก ซ
แบบสอบถามกราฟิกบนบรรจุภัณฑ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบสอบถามกราฟิกบนบรรจุภัณฑ์

ในผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่น

จำนวน 100 คน สร้างจาก Google form

การสร้าง QR Code

ที่สามารถทำแบบสอบถามได้สะดวกยิ่งขึ้น

เพียงสแกน QR Code ผ่านโทรศัพท์มือถือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบสอบถาม

*จำเป็น

แบบสอบถามเรื่องกราฟิกบนบรรจุภัณฑ์

ชื่อผลิตภัณฑ์ : กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีนกลิ่นรสองุ่น
คำชี้แจง : โปรดพิจารณารูปแบบผลิตภัณฑ์จากภาพจำลองและของจริง แล้วให้คะแนนความชอบโดยใช้ระบบ 5 Point Hedonic Scalingในแต่ละคุณลักษณะตามความชอบของท่าน โดยให้ระดับคะแนนที่เหมาะสมเพื่อแสดงให้เห็นว่าท่านได้อธิบายความรู้สึกชอบและไม่ชอบในระดับใด โดยมีคะแนนความชอบดังนี้
ระดับคะแนน
5 ชอบมากที่สุด
4 ชอบปานกลาง
3 เฉยๆ
2 ไม่ชอบปานกลาง
1 ไม่ชอบมากที่สุด

รูปแบบบรรจุภัณฑ์ แบบที่1

ลักษณะการใช้ภาพประกอบ *

	5	4	3	2	1
ภาพประกอบที่ใช้อยู่ในตำแหน่งที่เหมาะสม	○	○	○	○	○
ภาพประกอบที่ใช้อยู่ในตำแหน่งที่มีความดึงดูดให้ผลิตภัณฑ์น่าสนใจ	○	○	○	○	○

ลักษณะการใช้สี *

	5	4	3	2	1
สีที่ใช้มีความสอดคล้องกับประเภทของผลิตภัณฑ์	○	○	○	○	○
สีที่ใช้สามารถสื่อความหมายและถ่ายทอดภาพลักษณ์ที่ดีของผลิตภัณฑ์	○	○	○	○	○

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณะการใช้ตัวอักษร *

	5	4	3	2	1
การจัดวางตัวอักษรอยู่ในตำแหน่งที่เหมาะสม	○	○	○	○	○
รูปแบบของตัวอักษรเหมาะสมกับผลิตภัณฑ์	○	○	○	○	○

ความชอบโดยรวม *

	5	4	3	2	1
ความชอบโดยรวม	○	○	○	○	○

รูปแบบบรรจุภัณฑ์ แบบที่2

ลักษณะการใช้ภาพประกอบ *

	5	4	3	2	1
ภาพประกอบที่ใช้อยู่ในตำแหน่งที่เหมาะสม	○	○	○	○	○
ภาพประกอบที่ใช้อยู่ในตำแหน่งที่มีความดึงดูดให้ผลิตภัณฑ์น่าสนใจ	○	○	○	○	○

ลักษณะการใช้สี *

	5	4	3	2	1
สีที่ใช้มีความเหมาะสมกับประเภทของผลิตภัณฑ์ประกอบด้วยตัวอักษร	○	○	○	○	○
สีที่ใช้สามารถสื่อความหมายและถ่ายทอดภาพลักษณ์ที่ดีของผลิตภัณฑ์	○	○	○	○	○

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น รวมถึงห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

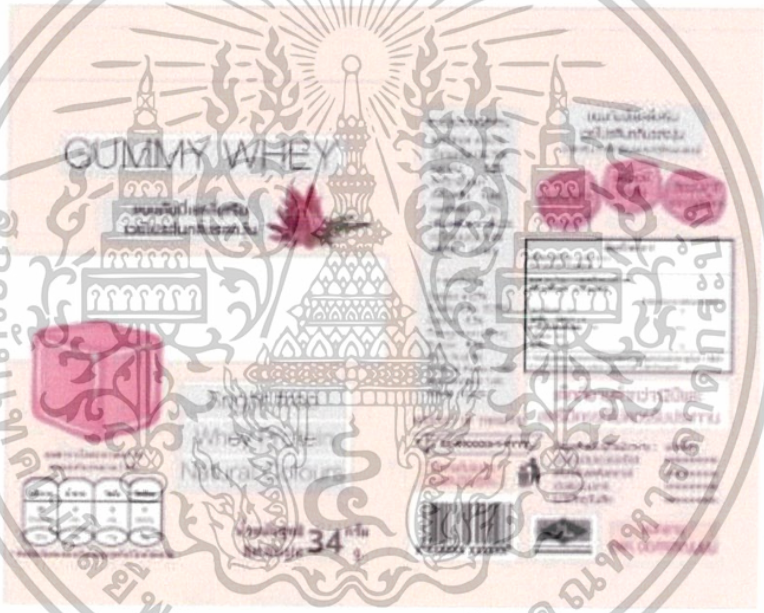
ลักษณะการใช้ตัวอักษร *

	5	4	3	2	1
การจัดวางตัวอักษรอยู่ในตำแหน่งที่เหมาะสม	○	○	○	○	○
รูปแบบของตัวอักษรเหมาะสมกับผลิตภัณฑ์	○	○	○	○	○

ความชอบโดยรวม *

	5	4	3	2	1
ความชอบโดยรวม	○	○	○	○	○

รูปแบบบรรจุภัณฑ์ แบบที่3



ลักษณะการใช้ภาพประกอบ *

	5	4	3	2	1
ภาพประกอบที่ใช้อยู่ในตำแหน่งที่เหมาะสม	○	○	○	○	○
ภาพประกอบที่ใช้อยู่ในตำแหน่งที่มีความดึงดูดให้ผลิตภัณฑ์น่าสนใจ	○	○	○	○	○

ลักษณะการใช้สี *

	5	4	3	2	1
สีที่ใช้เหมาะสมกับองค์ประกอบอื่นๆ รูปภาพและตัวอักษร	○	○	○	○	○
สีที่ใช้สามารถสื่อความหมายและถ่ายทอดภาพลักษณ์ที่ดีของผลิตภัณฑ์	○	○	○	○	○

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณะการใช้ตัวอักษร *

	5	4	3	2	1
การจัดวางตัวอักษรอยู่ในตำแหน่งที่เหมาะสม	○	○	○	○	○
รูปแบบของตัวอักษรเหมาะสมกับผลิตภัณฑ์	○	○	○	○	○

ความชอบโดยรวม *

	5	4	3	2	1
ความชอบโดยรวม	○	○	○	○	○

ขอขอบพระคุณที่รวมทำแบบสอบถามค่ะ

ล้างแบบฟอร์ม ส่ง

ไม่เคยส่งรหัสผ่านผ่าน Google ฟอร์ม - ข้อกำหนดในการให้บริการ - นโยบายความเป็นส่วนตัว

Google ฟอร์ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ซ

การประเมินความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์เพื่ออุตสาหกรรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การประเมินความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์เพื่ออุตสาหกรรม

เมื่อได้ท้าการทดลองทั้งหมดในการทดลองนี้รวมไปถึงการออกแบบอุปกรณ์ที่จะใช้ในการผลิตมี่เยลลี่แล้ว จึงได้ทำการวิเคราะห์และประเมินความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์เพื่อดูว่าจะต้องผลิตผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เป็นจำนวนเท่าไรถึง จะมีความคุ้มทุนซึ่งเราเรียกว่า “จุดคุ้มทุน”

ในการผลิตผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่ ใช้แรงงานในการปฏิบัติงาน 1 คน สามารถทำกัมมี่เยลลี่เฉลี่ยได้ 2 กิโลกรัมต่อ 1 วัน 2 กิโลกรัมผลิตได้ 126 ถุง 1 ปีผลิตได้ 1×126×245 เท่ากับ 30,870 ถุงต่อปี

ผลการวิเคราะห์และประเมินค่าใช้จ่ายในการทำงาน

1. ต้นทุนคงที่ (Fixed Cost)

ค่าแรงงาน แรงงาน 1 คน ค่าจ้าง 350 บาทต่อวัน 1 ปี ทำงาน 245 วัน คิดเป็น 350 x 245 x 1 เท่ากับ 85750 บาท

ค่าอุปกรณ์ 1,000 บาทต่อเดือน 1 ปี 12,000 บาท

ดังนั้น ต้นทุนคงที่ รวมเท่ากับ 97,750 บาทต่อปี

2. ต้นทุนแปรผัน (Variable Cost)

ค่าวัตถุดิบ 1 กิโลกรัม 12.50 บาท 1 วันทำ 2 กิโลกรัม ดังนั้น 1 ปี คิดเป็น 12.50 × 1 × 2 × 245 เท่ากับ 6,125 บาท

ค่าหีบห่อถุงละ 1.50 บาท ค่าทำหีบห่อตารางเมตรละ 350 บาท หีบห่อมีขนาด 0.0189 ตารางเมตร จะได้ว่า 1.50 + (350×0.0189) เท่ากับ 8.115 บาทต่อ 1 ถุง 1 ปีผลิต 30,870 ถุง ดังนั้น ค่าหีบห่อคิดเป็น 1 × 30,870 × 8.115 เท่ากับ 250,510.05 บาท

แก๊สหุงต้ม ถังละ 410 บาท ใช้ 2 ถังต่อเดือน จะเท่ากับ 820 บาทต่อเดือน ดังนั้น ค่าแก๊สหุงต้ม 1 ปี คิดเป็น 1× 820 × 12 เท่ากับ 9,840 บาท

ค่าน้ำ น้ำถังขาว 20 ลิตร ราคา 10 บาท 1 วันใช้น้ำ 2 ลิตร ดังนั้น ค่าน้ำ 1 ปี คิดเป็น 1× 245 × 2 เท่ากับ 980 บาท

ค่าขนส่ง 90 บาทต่อน้ำหนัก 10 กิโลกรัม จัดส่งเดือนละ 4 ครั้ง 360 บาท ดังนั้น จัดส่ง 1 ปี คิดเป็น 1 × 360 × 12 เท่ากับ 4,320 บาท

ดังนั้น ต้นทุนแปรผัน (Variable Cost) รวมเท่ากับ 271,775.05 บาท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ซ-1 ต้นทุนคงที่และต้นทุนแปรผันในการผลิตผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เสริมเวย์โปรตีน กลิ่นรสองุ่น

ต้นทุนคงที่ (Fixed Cost) (บาท)		ต้นทุนแปรผัน (Variable Cost) (บาท)	
ค่าแรง	85,750	ค่าวัตถุดิบ	6,125
อุปกรณ์	12,000	ค่าหีบห่อ	250,510.05
		แก๊สหุงต้ม	9,840
		ค่าน้ำ	980
		ค่าขนส่ง	4,320
รวม	97,750	รวม	271,775.05

รวมต้นทุนแปรผันใน 1 ปี เท่ากับ 271,775.05 บาท ผลิตได้ 30,870 ถุง จะได้ ต้นทุนแปรผันต่อถุง 271,775.05 / 30,870 เท่ากับ 8.80 บาท 1 ปีผลิตได้ 30,870 ถุง ขายถุงละ 17 คิดเป็นเงิน 30,870 × 17 เท่ากับ 524,790 บาท

จาก กำไร = รายได้ – ต้นทุน

กำไร = 524,790 – (97,750 + (8.80×30,870)

= 152,914.40 บาท

แทนค่า 0 = (ราคาสินค้า x จำนวน) – (ต้นทุนคงที่ + ต้นทุนแปรผัน)

0 = (P x Q) – (TFC + (VC x Q))

0 = 17Q – (97,750 - 8.76Q)

ดังนั้น จุดคุ้มทุนอยู่ที่ Q = 11,920.73 หน่วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การวิเคราะห์ตัดสินใจเลือกลงทุนในโครงการต่างๆต้องการทราบว่าจำนวนผลผลิตที่ผลิตแล้วคุ้มทุนควรเป็นเท่าไร เพื่อเป็นเครื่องช่วยในการตัดสินใจ จุดคุ้มทุน (break-even point) คือจุดที่รายได้เท่ากับรายจ่าย นั่นคือกำไรเป็นศูนย์ การวิเคราะห์จุดคุ้มทุน เป็นการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของต้นทุน รายได้ และผลกำไรที่ปริมาณการผลิตต่างๆ

การคำนวณหาจุดคุ้มทุนโครงการเดี่ยว

กำหนดให้ C = ต้นทุนรวมในการผลิต

F = ต้นทุนคงที่ (97,750)

v = ต้นทุนผันแปรต่อหน่วย (8.80 บาท ต่อถุง)

N*= จำนวนที่ผลิตที่จุดคุ้มทุน

N = จำนวนการผลิตที่จุดใดๆ

V = ต้นทุนแปรผันต่อหน่วย

R = รายได้

p = ราคาขายต่อหน่วย (17บาทต่อถุง)

ต้นทุนรวมในการผลิต $C = F+V$

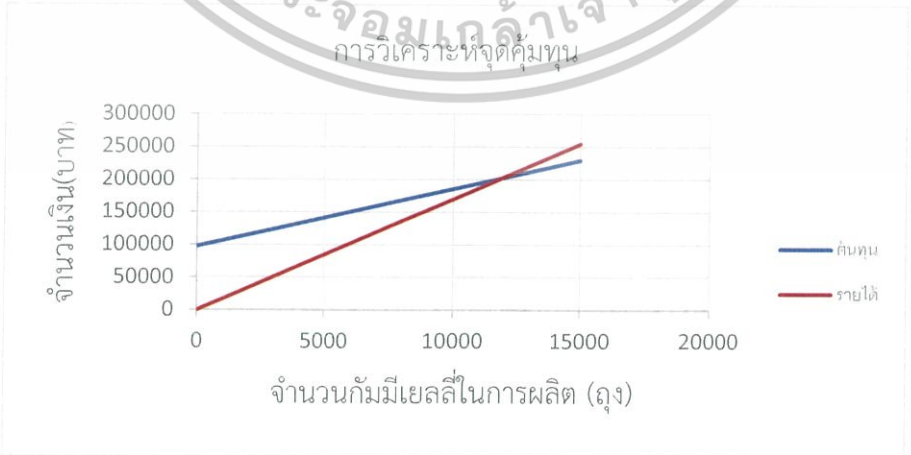
$V = vN$

จึงได้ว่า $C = F+vN$

รายได้ $R = pN$

และ $N^*=F/(p-v)$

เมื่อ N*เป็นปริมาณที่จุดผลิตคุ้มทุนพอดี สามารถแสดงได้ด้วยแผนภูมิ



ภาพที่ ซ-1 กราฟแสดงการวิเคราะห์จุดคุ้มทุน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พิจารณาจุดตัดที่ได้จากการพล๊อตกราฟ ของสมการ C = F+vN และสมการ R = pN จะได้จุดตัดตรงที่บริเวณที่มีปริมาณการผลิตประมาณ 11,920.73 ถุง ซึ่งเรียกว่าจุดคุ้มทุน ในการผลิตผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่ 1 ครั้ง จะได้กัมมี่เยลลี่ 63 ถุง ดังนั้นจุดคุ้มทุนจึงเป็นจุดที่ต้องทำการผลิตผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เท่ากับ 11,920.73 ถุง ซึ่งก่อเกิดรายได้ 202,652.44 บาท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้