ขนมขบเคี้ยวจากโยเกิร์ตผสมบีทรูทผง

SNACKS FROM YOGHURT WITH POWDERED BEETROOT

พัชรี แสงโชติ

สุจีนันท์ เชิดบำรุง

อภิญญา หาญกล้า

โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (จุลชีววิทยาอุตสาหกรรม)

ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2561

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SNACKS FROM YOGHURT WITH POWDERED BEETROOT

PATCHAREE SAENGCHOT

SUJEENAN CHOEDBAMRUNG

APINYA HANKLA

A SPECIAL PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF

THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF BACHELOR OF SCIENCE

(INDUSTRIAL MICROBIOLOGY)

DEPARTMENT OF BIOLOGY FACULTY OF SCIENCE

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

ACADEMIC YEAR 2018

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการ[illegible]นุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงงานพิเศษ	ขนมขบเคี้ยวจากโยเกิร์ตผสมบีทรูทผง		
	Snacks from yoghurt with powdered beetroot		
ชื่อนักศึกษา	นางสาวพัชรี	แสงโชติ	รหัสนักศึกษา 58050940
	นางสาวสุจีนันท์	เชิดบำรุง	รหัสนักศึกษา 58050995
	นางสาวอภิญญา	หาญกล้า	รหัสนักศึกษา 58051008
ปริญญา	วิทยาศาสตรบัณฑิต (จุลชีววิทยาอุตสาหกรรม)		
ภาควิชา	ชีววิทยา		
ปีการศึกษา	2561		
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.ลินจง สุขลำภู		

คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (สจล) อนุมัติให้โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (จุลชีววิทยาอุตสาหกรรม) ประจำปีการศึกษา 2561

คณะกรรมการสอบ	ลายมือชื่อ
รศ.ดวงใจ โอชัยกุล ประธานกรรมการ	
ดร.สุทธิจิต ศรีวัชรกุล กรรมการ	
ผศ.ลินจง สุขลำภู กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษา	

ลิขสิทธิ์ของคณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงงานพิเศษ	ขนมขบเคี้ยวจากโยเกิร์ตผสมบีทรูทผง		
ชื่อนักศึกษา	นางสาวพัชรี แสงโชติ	รหัสนักศึกษา	58050940
	นางสาวสุจีนันท์ เชิดบำรุง	รหัสนักศึกษา	58050995
	นางสาวอภิญญา หาญกล้า	รหัสนักศึกษา	58051008
ปริญญา	วิทยาศาสตรบัณฑิต (จุลชีววิทยาอุตสาหกรรม)		
ภาควิชา	ชีววิทยา		
คณะ	วิทยาศาสตร์		
มหาวิทยาลัย	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง		
ปีการศึกษา	2561		
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.ลินจง สุขลำภู		

บทคัดย่อ

บีทรูทเป็นพืชที่มีคุณค่าทางโภชนาการ และฤทธิ์ทางชีวภาพที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพ ดังนั้น โครงงานพิเศษนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวจากโยเกิร์ตให้มีคุณประโยชน์เพิ่มขึ้นโดยผสมบีทรูทผงลงในผลิตภัณฑ์ ทำการทดลองแปรปริมาณหางนมผงในการผลิตขนมขบเคี้ยวจากโยเกิร์ตเป็นร้อยละ 5, 10 และ 15 โดยปริมาตรของนมสด และนำผลิตภัณฑ์ที่ได้มาวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีกายภาพ ความชอบต่อผลิตภัณฑ์ และปริมาณของแบคทีเรียแลคติก จากการทดลองพบว่าการเพิ่มปริมาณหางนมผงทำให้ค่าความแข็งและปริมาณกรดทั้งหมดในรูปของกรดแลคติกของขนมขบเคี้ยวจากโยเกิร์ตมีค่าเพิ่มขึ้น จากการทดสอบความชอบทางประสาทสัมผัส พบว่าการเติมหางนมผงในปริมาณร้อยละ 15 มีคะแนนความชอบด้านความกรอบ ความเปรี้ยว รสชาติ และคะแนนความชอบโดยรวมสูงสุด และมีปริมาณแบคทีเรียแลคติกสูงสุด เท่ากับ 5.82 logCFU/g จากนั้นนำขนมขบเคี้ยวจากโยเกิร์ตสูตรดังกล่าวมาพัฒนาเป็นขนมขบเคี้ยวผสมบีทรูทผง โดยศึกษาปริมาณบีทรูทผงที่เหมาะสมเป็นร้อยละ 0, 4, 6 และ 8 โดยน้ำหนัก การทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส พบว่าการเพิ่มปริมาณบีทรูทผงมีผลต่อการเพิ่มค่า a* ซึ่งแสดงความเป็นสีแดง ค่าความแข็ง สารประกอบฟีนอลิก ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH รวมทั้งปริมาณบีตาไซยานินและบีตาแซนทีนมีค่าเพิ่มขึ้น จากการศึกษาทางด้านประสาทสัมผัสด้วยวิธีการให้คะแนนความชอบแบบ 9-point hedonic scale test โดยใช้ผู้ทดสอบจำนวน 25 คน พบว่าสามารถผสมบีทรูทผงได้ไม่เกินร้อยละ 6 ในขณะที่การเติมบีทรูทผงในปริมาณร้อยละ 8 มีคะแนนความชอบทางด้านกลิ่นและกลิ่นรสต่ำที่สุด

คำจำกัดความ : ขนมขบเคี้ยวจากโยเกิร์ต, บีทรูท, สารประกอบฟีนอลิก, ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Title	Snacks from yoghurt with powdered beetroot			
Student	Patcharee	Saengchot	Student ID	58050940
	Sujeenan	Choedbamrung	Student ID	58050995
	Apinya	Hankla	Student ID	58051008
Degree	Bachelor of Science (Industrial Microbiology)			
Department	Biology			
Faculty	Science			
University	King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang (KMITL)			
Academic Year	2018			
Advisor	Assist.Prof.Linchong Suklampoo			

Abstract

Beetroot (*Beta vulgaris* L.) is a nutritious plant and has health benefits. Therefore, we developed a snack from yoghurt to have additional benefits with powdered beetroot added. The experimental snack was made with 5 to 15% skim milk by volume of fresh milk. The physicochemical, sensory properties and the quantity of lactic acid bacteria was analyzed. Increasing skim milk increased hardness and acidity. In the sensory evaluation, 15% of added skim milk had the highest score for crispness, sourness, flavor and overall acceptability and the maximum lactic acid bacteria was 5.82 logCFU/g. Then, the yogurt with 15% skim milk was mixed with powdered beetroot with quantities from 0 to 8% by weight. Beetroot powder increased the a* (redness) values, hardness, total phenolic compounds and scavenging activities of DPPH radical including betacyanin and betaxanthin. Based on sensory evaluation with 25 testers using a 9-point hedonic scale test, we found that beetroot can be added successfully at level not more than 6%. The addition of 8% beetroot powder had an odour and flavor lowest.

Keywords : Snacks from yoghurt, beetroot, phenolic compound, scavenging activities of DPPH radical

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานพิเศษในหัวข้อเรื่อง “ขนมขบเคี้ยวจากโยเกิร์ตผสมบีทรูทผง” สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความกรุณาจากอาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ลินจง สุขลำภู ที่คอยให้คำปรึกษา คำแนะนำ แก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ จนโครงงานเล่มนี้เสร็จสมบูรณ์ ผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณอย่างสูง

ขอกราบขอบพระคุณ รศ.ดวงใจ โอชัยกุล และ ดร.สุทธิจิตร ศรีวัชรกุล ซึ่งเป็นกรรมการสอบหัวข้อโครงงานพิเศษที่ให้ความช่วยเหลือ คำแนะนำในการแก้ไขปรับปรุงให้เสร็จสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบคุณครอบครัวหาญกล้า ครอบครัวเชิดบำรุง และครอบครัวแสงโชติ ที่คอยสนับสนุนในทุกๆเรื่อง และเป็นกำลังใจที่ดีเสมอ

ขอขอบคุณเพื่อนๆในภาควิชาชีววิทยาที่คอยให้กำลังใจ คำแนะนำ และความช่วยเหลือในเรื่องต่างๆสำหรับการทำโครงงานพิเศษนี้

สุดท้ายคุณค่าและประโยชน์ของโครงงานพิเศษเล่มนี้ขอมอบให้กับทุกท่านที่มีส่วนช่วยในการทำให้เล่มโครงงานนี้สำเร็จไปได้ด้วยดี

พัชรี แสงโชติ
สุจินันท์ เชิดบำรุง
อภิญญา หาญกล้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ข
กิตติกรรมประกาศ ..... ค
สารบัญ ..... ง
สารบัญตาราง ..... ฌ
สารบัญรูป ..... ฎ
บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ความสำคัญและความเป็นมา 1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงานพิเศษ 2
1.3 ขอบเขตของโครงงานพิเศษ 2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 2
บทที่ 2 ทฤษฎีและเอกสารที่เกี่ยวข้อง 3
2.1 โยเกิร์ต 3
2.1.1 ความหมายของโยเกิร์ต 3
2.1.2 ประเภทของโยเกิร์ต 3
2.1.3 จุลินทรีย์ที่ใช้ในการหมักโยเกิร์ต 4
2.1.4 ประโยชน์ของโยเกิร์ตต่อสุขภาพ 5
2.1.5 กระบวนการผลิตโยเกิร์ต 6
2.1.5.1 การปรับมาตรฐานนม 6
2.1.5.2 การทำให้เป็นเนื้อเดียวกัน 6
2.1.5.3 การให้ความร้อน 6
2.1.5.4 กระบวนการหมัก 6
2.1.5.5 การทำให้เย็น 7
2.2 บีทรูท 7
2.2.1 ลักษณะทั่วไป 7
2.2.2 องค์ประกอบทางโภชนาการของบีทรูท 8
2.2.3 บีตาเลน (Betalains) 9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.2.4 สารประกอบฟีนอลิก (Phenolic compound) 9
2.2.5 แคโรทีนอยด์ (Carotenoids) 11
2.2.6 ประโยชน์ของบีทรูท 12
2.2.7 การแปรรูปบีทรูทสำหรับการใช้งานด้านอาหาร 13
2.3 มอลโตเดกซ์ตริน 14
2.3.1 กระบวนการผลิต 15
2.3.2 ประเภทของมอลโตเดกซ์ตริน 16
2.3.3 คุณสมบัติของมอลโตเดกซ์ตรินในผลิตภัณฑ์อาหาร 17
2.3.4 การใช้ประโยชน์ของมอลโตเดกซ์ตรินในผลิตภัณฑ์อาหาร 18
2.4 การทำแห้ง (Dehydration) 19
2.4.1 ความหมายของการทำแห้ง 19
2.4.2 การทำแห้งด้วยแสงแดด (Sun drying) 19
2.4.3 การทำแห้งด้วยความร้อน (Hot air drying) 19
2.4.4 การทำแห้งด้วยความเย็น (Freeze drying) 20
2.4.5 ขั้นตอนการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง 20
2.4.6 ข้อดีของการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง 21
2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 21
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย 24
3.1 วัตถุดิบและอุปกรณ์ 24
3.1.1 วัตถุดิบที่ใช้ในการทดลอง 24
3.1.2 สารเคมีและอาหารเลี้ยงเชื้อ 24
3.1.3 อุปกรณ์และเครื่องมือ 25
3.2 วิธีการทดลอง 26
3.2.1 ศึกษาปริมาณหางนมที่เหมาะสมในการผลิตขนมขบเคี้ยวจากโยเกิร์ต 26
3.2.1.1 การเตรียมหัวเชื้อโยเกิร์ต 26
3.2.1.2 การเตรียมโยเกิร์ต 26
3.2.1.3 การเตรียมโยเกิร์ตเข้มข้น 27
3.2.1.4 การผลิตขนมขบเคี้ยวจากโยเกิร์ต 27
3.2.2 ศึกษาปริมาณบีทรูทผงที่เหมาะสมในการผลิตขนมขบเคี้ยวจากโยเกิร์ต 27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.2.2.1 การเตรียมบีทรูทผงชนิดฟรีซดราย (Freeze dry)..... 27
3.2.2.2 การผลิตขนมขบเคี้ยวจากโยเกิร์ตผสมบีทรูทผง..... 28
3.2.3 การตรวจวิเคราะห์คุณภาพ..... 28
3.2.3.1 การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ..... 28
1) วัดค่าสี..... 28
2) วิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัส (Texture analysis)..... 28
3) วิเคราะห์ค่าความหนืด..... 28
3.2.3.2 การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี..... 29
1) วิเคราะห์ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปของกรดแลคติก..... 29
2) ปริมาณความชื้นและปริมาณของแข็งทั้งหมด..... 29
3) ปริมาณบีตาเลนในรูปของบีตาไซยานินและบีตาแซนทีน..... 30
4) วิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก..... 30
5) วิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ..... 31
6) การวิเคราะห์ความเป็นกรด-ด่าง..... 31
3.2.3.3 การตรวจวิเคราะห์จำนวนแบคทีเรียกรดแลคติกทั้งหมด..... 31
3.2.3.4 การวิเคราะห์ทางประสาทสัมผัส..... 32
3.2.3.5 การวิเคราะห์ทางสถิติ..... 32
บทที่ 4 ผลการวิจัยและการอภิปรายผล..... 33
4.1 ศึกษาปริมาณหางนมผงที่เหมาะสมในการผลิตขนมขบเคี้ยวจากโยเกิร์ต..... 33
4.1.1 คุณภาพทางเคมีและกายภาพของโยเกิร์ต..... 33
4.1.1.1 ค่าความเป็นกรด-ด่างและปริมาณกรดทั้งหมดในรูป ของกรดแลคติก..... 33
4.1.1.2 ปริมาณความชื้น ปริมาณของแข็ง และค่าความหนืด..... 34
4.1.2 คุณภาพทางเคมีและกายภาพของโยเกิร์ตเข้มข้น..... 35
4.1.2.1 ค่าความเป็นกรด-ด่างและปริมาณกรดทั้งหมด ในรูปของกรดแลคติก..... 35
4.1.2.2 ปริมาณความชื้น ปริมาณของแข็งทั้งหมดและค่าความหนืด..... 36
4.1.3 คุณภาพทางเคมีและกายภาพของขนมขบเคี้ยวจากโยเกิร์ต..... 37

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.1.3.1 ค่าความเป็นกรด-ด่างและปริมาณกรดทั้งหมด ในรูปของกรดแลคติก 37
4.1.3.2 ค่าความแข็ง (Hardness) ของขนมขบเคี้ยวจากโยเกิร์ต 38
4.1.4 ผลการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสของขนมขบเคี้ยวจากโยเกิร์ต 38
4.1.5 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์ 39
4.2 ศึกษาปริมาณบีทรูทผงที่เหมาะสมในการผลิตขนมขบเคี้ยวจากโยเกิร์ต 40
4.2.1 วิเคราะห์คุณภาพบีทรูทผง 40
4.2.1.1 ผลการวิเคราะห์ค่าสี 41
4.2.1.2 ผลการวิเคราะห์ปริมาณบีตาเลนในรูปของบีตาไซยานิน และบีตาแซนทีน 42
4.2.1.3 ผลการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก 42
4.2.1.4 ผลการวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH 42
4.2.2 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีและกายภาพของขนมขบเคี้ยวจากโยเกิร์ตที่ผสมบีทรูทผง 42
4.2.2.1 ผลการวิเคราะห์ค่าสีของขนมขบเคี้ยวจากโยเกิร์ตที่ผสมบีทรูทผงในปริมาต่างๆ 43
4.2.2.2 ผลการวิเคราะห์เนื้อสัมผัส (Hardness) 44
4.2.2.3 ผลการวิเคราะห์ปริมาณบีตาเลนในรูปของบีตาไซยานิน และบีตาแซนทีน 44
4.2.2.4 ผลการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก 45
4.2.2.5 ผลการวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH 45
4.2.3 การประเมินคุณภาพด้านประสาทสัมผัส 46
4.2.4 ผลการศึกษาทางจุลินทรีย์ในขนมขบเคี้ยวจากโยเกิร์ตผสมบีทรูทผง 48
บทที่ 5 สรุปผลวิจัยและข้อเสนอแนะ 50
เอกสารอ้างอิง 51
ภาคผนวก 56
ภาคผนวก ก อาหารเลี้ยงเชื้อ 57
ภาคผนวก ข การวิเคราะห์ทางเคมี 58
ภาคผนวก ค การวิเคราะห์ทางด้านประสาทสัมผัส 61
ภาคผนวก ง การวิเคราะห์ทางจุลินทรีย์ 63

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

ภาคผนวก จ ข้อมูลผลการทดลอง..... 64
ภาคผนวก ฉ ค่าทางสถิติของขนมขบเคี้ยวจากโยเกิร์ต..... 79
ภาคผนวก ช ค่าทางสถิติของขนมขบเคี้ยวจากโยเกิร์ตผสมบีทรูทผง..... 99

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

2.1 คุณค่าทางโภชนาการของหัวบีทรูทดิบต่อ 100 กรัม 8
2.2 ผลิตภัณฑ์อาหารที่มีส่วนผสมของบีทรูทและกระบวนการผลิต 14
4.1 คุณภาพทางเคมีและกายภาพของโยเกิร์ตที่เติมหางนมผงเข้มข้น 34
ร้อยละ 5, 10 และ 15
4.2 คุณภาพทางเคมีและกายภาพของโยเกิร์ตเข้มข้นที่เติมหางนมผงเข้มข้น 36
ร้อยละ 5, 10 และ 15
4.3 ค่าความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปของกรดแลคติก และค่าความแข็ง 37
ของขนมขบเคี้ยวจากโยเกิร์ตที่เติมหางนมผงเข้มข้นร้อยละ 5, 10 และ 15
4.4 คะแนนความชอบทางด้านประสาทสัมผัสของโยเกิร์ตที่เติมปริมาณหางนมผง 38
ที่ความเข้มข้นต่างๆ
4.5 คุณภาพทางเคมีและกายภาพของบีทรูทผง 41
4.6 คุณภาพทางเคมีและกายภาพของขนมขบเคี้ยวจากโยเกิร์ตที่ผสมบีทรูทผง 43
ความเข้มข้นร้อยละ 0, 4, 6 และ 8
4.7 คะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสของขนมขบเคี้ยวจากโยเกิร์ต 47
ที่ผสมบีทรูทผงความเข้มข้นร้อยละ 0, 4, 6 และ 8
จ-1 แสดงข้อมูลค่าความเป็นกรด-ด่างของโยเกิร์ต โยเกิร์ตเข้มข้น และขนมขบเคี้ยว 64
ที่เติมหางนมผงในปริมาณที่แตกต่างกัน
จ-2 แสดงข้อมูลปริมาณกรดทั้งหมดของโยเกิร์ต โยเกิร์ตเข้มข้น และขนมขบเคี้ยว 65
ที่เติมหางนมผงในปริมาณที่แตกต่างกัน
จ-3 แสดงข้อมูลปริมาณความชื้นของโยเกิร์ตและโยเกิร์ตเข้มข้นที่เติมหางนมผง 66
ในปริมาณที่แตกต่างกัน
จ-4 แสดงข้อมูลปริมาณของแข็งทั้งหมดของโยเกิร์ตและโยเกิร์ตเข้มข้นที่เติม 67
หางนมผงในปริมาณที่แตกต่างกัน
จ-5 แสดงข้อมูลค่าความหนืดของโยเกิร์ตและโยเกิร์ตเข้มข้นที่เติมหางนมผง 68
ในปริมาณที่แตกต่างกัน
จ-6 แสดงข้อมูลเนื้อสัมผัสในรูปค่าความแข็ง (hardness) ของขนมขบเคี้ยว 68
จากโยเกิร์ตที่เติมหางนมผงเข้มข้นร้อยละ 5, 10 และ 15
จ-7 คุณภาพด้านจุลินทรีย์ของโยเกิร์ต โยเกิร์ตเข้มข้น และขนมขบเคี้ยว 69
จากโยเกิร์ตที่เติมหางนมผงเข้มข้นร้อยละ 5, 10 และ 15
จ-8 แสดงข้อมูลค่าสีของบีทรูทผงโดยวิธีทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง 69
ด้วยการเติมปริมาณมอลโตเดกซ์ตรินร้อยละ 10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า

จ-9 แสดงข้อมูลปริมาณบีตาเลนในรูปของบีตาไซยานิน (538 นาโนเมตร) และบีตาแซนทีน (476 นาโนเมตร) ในบีทรูทผงโดยวิธีทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง ด้วยการเติมปริมาณมอลโตเดกซ์ตรินร้อยละ 10 70
จ-10 แสดงข้อมูลปริมาณสารประกอบฟีนอลิกของสารสกัดจากบีทรูทผง ซึ่งมีการเติมปริมาณมอลโตเดกซ์ตรินร้อยละ 10 70
จ-11 แสดงค่าการดูดกลืนแสงของสารมาตรฐานกรดแกลลิกที่ความยาวคลื่น 765 นาโนเมตร 71
จ-12 แสดงข้อมูลค่าการดูดกลืนแสงของสารสกัดจากบีทรูทผงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร 72
จ-13 แสดงข้อมูลค่าสีในขนมขบเคี้ยวจากโยเกิร์ตผสมบีทรูทผงที่ความเข้มข้นร้อยละ 0, 4, 6 และ 8 72
จ-14 แสดงข้อมูลเนื้อสัมผัสในรูปค่าความแข็ง (hardness) ของขนมขบเคี้ยวจากโยเกิร์ตผสมบีทรูทผงที่ความเข้มข้นร้อยละ 0, 4, 6 และ 8 73
จ-15 แสดงข้อมูลปริมาณบีตาเลนในรูปของบีตาไซยานิน (538 นาโนเมตร) และบีตาแซนทีน (476 นาโนเมตร) ในขนมขบเคี้ยวจากโยเกิร์ตผสมบีทรูทผงที่ความเข้มข้นร้อยละ 0, 4, 6 และ 8 74
จ-16 แสดงข้อมูลปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในขนมขบเคี้ยวจากโยเกิร์ตผสมบีทรูทผงปริมาณร้อยละ 0, 4, 6 และ 8 ซึ่งมีการเติมปริมาณมอลโตเดกซ์ตรินร้อยละ 10 75
จ-17 แสดงข้อมูลของฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของขนมขบเคี้ยวจากโยเกิร์ตผสมบีทรูทผงปริมาณร้อยละ 0, 4, 6 และ 8 ซึ่งมีการเติมปริมาณมอลโตเดกซ์ตรินร้อยละ 10 76
จ-18 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพด้านจุลินทรีย์ของขนมขบเคี้ยวจากโยเกิร์ตที่เติมบีทรูทผงก่อนการทำแห้งและหลังการทำแห้ง 76

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่ **หน้า**

2.1 ลักษณะของโยเกิร์ตชนิดคงตัว ... 3
2.2 ลักษณะของโยเกิร์ตชนิดกวน ... 3
2.3 ลักษณะของกรีกโยเกิร์ต ... 4
2.4 ลักษณะ หัว ลำต้น ใบของบีทรูท (beetroot) ... 7
2.5 โครงสร้างของบีตานิน บีตาไซยานิน และบีตาแซนทีน ... 9
2.6 โครงสร้างของสารประกอบฟีนอลิก ... 10
2.7 โครงสร้างของแอนโทไซยานินในสภาพที่เป็นกรด และสภาพเป็นเบส ... 11
2.8 โครงสร้างทางเคมีของ Beta-carotene ... 12
2.9 มอลโตเดกซ์ตรินแบบผง ... 15
2.10 กระบวนการผลิตมอลโตเดกซ์ตริน ... 16
2.11 การใช้มอลโตเดกซ์ตรินในผลิตภัณฑ์นมผง ... 18
2.12 การเปลี่ยนสถานะจาก ของเหลว > ของแข็ง > ไอน้ำ ... 20
2.13 ระยะการเปลี่ยนแปลงของการแช่เยือกแข็ง ... 21
4.1 ลักษณะของโยเกิร์ตเข้มข้นเมื่อกรองส่วนของหางนมออกจากโยเกิร์ต ... 35
4.2 ผลการวิเคราะห์จำนวนแบคทีเรียแลคติกในผลิตโยเกิร์ต โยเกิร์ตเข้มข้น ... 40
และขนมขบเคี้ยวจากโยเกิร์ตที่เติมหางนมผงในปริมาณร้อยละ 5, 10 และ 15
4.3 ลักษณะบีทรูทผงที่ได้จากการทำแห้งด้วยวิธีแช่เยือก ... 41
4.4 ผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวจากโยเกิร์ตผสมบีทรูทผง ... 44
ความเข้มข้นร้อยละ 0, 4, 6 และ 8
4.5 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในขนมขบเคี้ยวจากโยเกิร์ตที่ผสมบีทรูทผง ... 45
ความเข้มข้นร้อยละ 0, 4, 6 และ 8
4.6 ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH ในขนมขบเคี้ยวจากโยเกิร์ตที่ผสมบีทรูทผง ... 46
ความเข้มข้นร้อยละ 0, 4, 6 และ 8
4.7 ผลการวิเคราะห์จำนวนแบคทีเรียแลคติกในโยเกิร์ตเข้มข้น ... 49
และขนมขบเคี้ยวจากโยเกิร์ตที่ผสมบีทรูทผงร้อยละ 0, 4, 6 และ 8 โดยน้ำหนัก
ค-1 แบบประเมินการทดสอบทางประสาทสัมผัสขนมขบเคี้ยวจากโยเกิร์ต ... 61
ค-2 แบบประเมินการทดสอบทางประสาทสัมผัสขนมขบเคี้ยวจากโยเกิร์ตผสมบีทรูทผง ... 62
จ-1 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงของสารมาตรฐานกรดแกลลิก ... 72
ที่ความยาวคลื่น 765 นาโนเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและความเป็นมา

ปัจจุบัน ผู้บริโภคส่วนใหญ่ให้ความสำคัญในเรื่องสุขภาพมากยิ่งขึ้น อาหารเพื่อสุขภาพจึงได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายโดยเฉพาะผลิตภัณฑ์นมหมัก เช่น โยเกิร์ต ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการหมักนมด้วยแบคทีเรียที่สร้างกรดแลคติก คือ *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* และ *Streptococcus thermophilus* (Yu และคณะ, 2016) ทั้งนี้แบคทีเรียที่สร้างกรดแลคติกส่วนใหญ่มีความสำคัญเนื่องจากเป็นโพรไบโอติกที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพ โดยการปรับสมดุลจุลินทรีย์ที่อยู่ในลำไส้ (Tannock, 2005; Demirci และคณะ, 2017)

โดยทั่วไปโยเกิร์ตมี 2 แบบ คือโยเกิร์ตชนิดกวน (stirred yogurt) และโยเกิร์ตชนิดคงตัว (set yogurt) ขึ้นอยู่กับกระบวนการผลิต และโครงสร้างทางกายภาพของตะกอนนม โดยโยเกิร์ตชนิดคงตัวเป็นผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากกระบวนการหมักนมในบรรจุภัณฑ์ โยเกิร์ตชนิดคงตัวมีลักษณะจับตัวกันเป็นก้อนกึ่งแข็งกึ่งเหลว ตรงข้ามกับโยเกิร์ตชนิดกวน ซึ่งจะเกิดจากกระบวนการหมักในถังหมักและมีการกวนเพื่อให้เนื้อโยเกิร์ตเข้ากันก่อนทำให้เย็นและบรรจุลงในบรรจุภัณฑ์ โยเกิร์ตชนิดกวนจะมีลักษณะค่อนข้างเหลวและมีความหนืดต่ำ (Tamime และ Deeth, 1980) นอกจากนี้มีการนำเอาโยเกิร์ตไปผ่านกระบวนการต่างๆ เพื่อให้มีความหลากหลายมากขึ้น เช่น โยเกิร์ตชนิดผง โยเกิร์ตเข้มข้น และมีรายงานการศึกษาผลิตลูกอมที่ทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งจากโยเกิร์ตผสมแบล็คเคอแรนท์ (*Ribes nigrum L.*) โดยทำการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพและเคมี เพื่อพัฒนาลูกอมเบอร์รี่ทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งให้เป็นทางเลือกที่ดีต่อสุขภาพแทนลูกอมแบบดั้งเดิม (Archaina และคณะ, 2019) และ Carvalho และคณะ (2017) ศึกษาการผลิตโยเกิร์ตโฟมที่ผ่านการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งและโดยวิธีการตากแห้งพบว่าวิธีการทำแห้งมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงทางเคมีกายภาพ ได้แก่ การสูญเสียน้ำหนัก, ความชื้น water activity, การเปลี่ยนแปลงของสี, การเปลี่ยนแปลงของเนื้อสัมผัสโครงสร้าง (Scanning Electron Microscopy - SEM) และลักษณะทางประสาทสัมผัสของโฟมโยเกิร์ต เป็นต้น

การผลิตโยเกิร์ต ในระยะแรกจะนิยมผลิตให้มีกลิ่นรสธรรมชาติ ไม่มีการเติมแต่งสี กลิ่นรส ซึ่งทำให้ผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตไม่เป็นที่แพร่หลาย จึงมีการพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้มีความหลากหลายมากขึ้น โดยการเติมแต่งสี กลิ่นรส จากผลไม้ชนิดต่างๆ เพื่อเพิ่มรสชาติ และสีที่น่ารับประทานมากขึ้น บีทรูท หรือเรียกอีกอย่างว่า หัวผักกาดแดง (beetroot : *Beta vulgaris* L.) เป็นพืชตระกูลเดียวกับหัวผักกาดที่อยู่ใต้ดิน หัวมีลักษณะกลมป้อม เปลือกมีสีออกดำ เนื้อมีสีแดงเลือดหมูหรือสีม่วง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นิยมใช้เป็นสีธรรมชาติในการผสมอาหาร เช่น นำมาดองกับน้ำส้มสายชูหรือแกะสลักตกแต่งอาหาร คุณค่าทางโภชนาการของบีทรูทประกอบด้วยวิตามิน ได้แก่ วิตามินบี 1 วิตามินบี 2 มีแร่ธาตุ เช่น แคลเซียม ฟอสฟอรัส และเหล็ก เมื่อนำบีทรูทมาทำเป็นน้ำบีทรูทสำหรับดื่มจะมีสรรพคุณทางยา ช่วยขับปัสสาวะ ลดอาการบวม บำรุงตับ เป็นยาระบาย ช่วยเจริญอาหาร แก้เจ็บคอ ขับเสมหะและแก้ไอ การใช้ประโยชน์จากบีทรูทในปัจจุบัน นอกเหนือจากการรับประทานสดแล้วยังสามารถนำมาแปรรูปเป็นเครื่องดื่ม เรียกว่า น้ำบีทรูท (beetroot juice หรือ red beet juice) สีแดงสดในน้ำบีทรูทเกิดขึ้นเนื่องมาจากมีสารบีตานิน ซึ่งบีตานินเป็นสารที่เป็นส่วนสำคัญของสารต้านออกซิเดชันแอนโทไซยานิน เป็นตัวช่วยป้องกันโรคหัวใจและมะเร็งโดยกำจัดอนุมูลอิสระ นอกจากนั้นแล้วบีทรูทยังมีเส้นใย (dietary fiber) สูง ซึ่งเส้นใยจัดเป็นองค์ประกอบที่มีความสำคัญต่อสุขภาพของหัวใจและลำไส้เป็นอย่างยิ่ง (ปิ่นมณี, 2559)

กระบวนการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง เป็นทางเลือกในการแปรรูปอาหาร ซึ่งช่วยรักษาคุณสมบัติทางโภชนาการและคุณภาพทางประสาทสัมผัสไว้ รวมทั้งผลิตภัณฑ์ที่ได้มีน้ำหนักลดลง ความสามารถในการละลายสูง มีอายุการเก็บรักษาได้นานที่อุณหภูมิปานกลางและสามารถคืนสภาพในระดับที่ต้องการ โครงงานพิเศษนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการและเพิ่มความหลากหลายของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ต โดยศึกษาการผลิตขนมขบเคี้ยวจากโยเกิร์ตที่ผสมบีทรูทผงโดยใช้วิธีทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง ซึ่งจะเป็นทางเลือกใหม่ให้ผู้บริโภคที่ใส่ใจเรื่องสุขภาพได้รับประโยชน์จากคุณค่าทางโภชนาการในโยเกิร์ต รวมทั้งได้รับประโยชน์จากใยอาหาร และสารต้านอนุมูลอิสระจากบีทรูท

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงานพิเศษ

1.2.1 ศึกษาปริมาณหางนมผงที่เหมาะสมในการผลิตขนมขบเคี้ยวจากโยเกิร์ต

1.2.2 ศึกษาปริมาณของบีทรูทผงที่เหมาะสมในการผลิตขนมขบเคี้ยวจากโยเกิร์ตเพื่อเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการ

1.3 ขอบเขตของโครงงานพิเศษ

ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตขนมขบเคี้ยวจากโยเกิร์ต ได้แก่ ศึกษาปริมาณหางนมที่เหมาะสมในการผลิตขนมขบเคี้ยวจากโยเกิร์ตด้วยวิธีการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง และศึกษาปริมาณของบีทรูทผงที่เหมาะสมในการผลิตขนมขบเคี้ยวจากโยเกิร์ตเพื่อสุขภาพ

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 เป็นแนวทางพัฒนาผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตให้มีคุณค่ามากยิ่งขึ้น ในด้านสุขภาพของผู้บริโภค

1.4.2 สามารถนำความรู้ที่ได้มาพัฒนาต่อยอดประกอบอาชีพได้

1.4.3 สามารถนำบีทรูทซึ่งมีอยู่ในท้องตลาดมาแปรรูปเพื่อเพิ่มคุณค่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 โยเกิร์ต

2.1.1 ความหมายของโยเกิร์ต

โยเกิร์ตเป็นหนึ่งในผลิตภัณฑ์นมที่ได้รับความนิยมในการบริโภคทั่วโลก ซึ่งประกอบด้วยโปรตีน กรดไขมัน โอเมก้า 3 วิตามิน และแร่ธาตุมากมาย ทำให้เป็นอาหารที่มีประโยชน์ต่อมนุษย์ (Fehmi และคณะ, 2018) โยเกิร์ตเป็นผลิตภัณฑ์นมหมักที่ใช้เชื้อ *Lactobacillus bulgaricus* และ *Streptococcus thermophilus* ในการหมัก สามารถย่อยน้ำตาลแลคโตสเป็นกรดแลคติกได้ (อำพรรณ และ ปิยมาภรณ์, 2549) มีประโยชน์ช่วยในการทำงานของ ระบบย่อยอาหาร ระบบขับถ่าย ลดกรดในกระเพาะอาหาร ลดคอเลสเตอรอลในเลือด และป้องกันการเกิดมะเร็งลำไส้ (ปิยนุสร์ และ ปัทมา, 2547)

2.1.2 ประเภทของโยเกิร์ต

1. โยเกิร์ตชนิดคงตัว เป็นกระบวนการหมักนมกับเชื้อจุลินทรีย์ในภาชนะบรรจุแล้วนำไปบ่ม โดยไม่มีการกวนต่อ ลักษณะโยเกิร์ตชนิดนี้จะมีความแน่นและแข็งเป็นก้อน

2. โยเกิร์ตชนิดกวน เป็นกระบวนการหมักนมกับเชื้อจุลินทรีย์แล้วบ่มในถังหมักขนาดใหญ่ เมื่อเย็นแล้วนำไปกวนต่อให้เนื้อโยเกิร์ตเข้ากัน โยเกิร์ตชนิดนี้จะมีลักษณะค่อนข้างเหลว

3. กรีกโยเกิร์ต ได้จากโยเกิร์ตธรรมดาโดยการบีบเอาหางนมออก ทำให้ได้เนื้อโยเกิร์ตที่มีความข้นเป็นเนื้อครีม และมีความหนาแน่นมากกว่าโยเกิร์ตธรรมดา ดังแสดงในรูปที่ 2.1 - 2.3

รูปที่ 2.1 ลักษณะของโยเกิร์ตชนิดคงตัว
ที่มา : www.Chrhansen.com/en/food cultures-and enzymes/freshdairy /cards/product-cards/set-yogurt (สืบค้นเมื่อวันที่ 17 กุมภาพันธ์ 2562)

รูปที่ 2.2 ลักษณะของโยเกิร์ตชนิดกวน
ที่มา : www.imarcgroup.worldpress.com /2016/08/09/global-yogurt-market /cards/ product-cards/set-yogurt (สืบค้นเมื่อวันที่ 17 กุมภาพันธ์ 2562)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.3 ลักษณะของกรีกโยเกิร์ต
ที่มา : www.doctoroz.com/recipe/marias-greek-yogurt (สืบค้นเมื่อวันที่ 17 กุมภาพันธ์ 2562)

2.1.3 จุลินทรีย์ที่ใช้ในการหมักโยเกิร์ต

จุลินทรีย์ที่นิยมใช้เป็นหัวเชื้อในการผลิตโยเกิร์ต คือ จุลินทรีย์ที่มีความสามารถในการเปลี่ยนน้ำตาลแลคโตสในนมให้เป็นกรดแลคติก โดยทั่วไปจะใช้จุลินทรีย์ 2 ชนิดหลัก ได้แก่ *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *bulgaricus* และ *Streptococcus thermophilus* โดยจุลินทรีย์ทั้ง 2 ชนิด จะทำกิจกรรมร่วมกัน ส่งผลให้โยเกิร์ตเกิดกลิ่นรส และเนื้อสัมผัสที่มีคุณลักษณะเฉพาะตัว

Lactobacillus delbrueckii ssp. *bulgaricus* เป็นแบคทีเรียแกรมบวก รูปร่างเป็นท่อน สามารถสร้างกรดแลคติกได้ อุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตอยู่ระหว่าง 43-46 องศาเซลเซียส สามารถอยู่รอดได้ในสภาวะไร้อากาศ เนื่องจากไม่จำเป็นต้องใช้ออกซิเจนในกระบวนการเมตาบอลิซึม สามารถทนต่อสภาพแวดล้อมได้ดี (Stamatova, 2010) และเป็นแบคทีเรียที่ใช้ในการผลิตโยเกิร์ตสามารถย่อยโปรตีนเป็นกรดอะมิโนและกระตุ้นการเจริญของ *Streptococcus thermophilus* (Dan และคณะ, 2017) ในช่วงแรกของการหมักเชื้อ *L. bulgaricus* จะมีการเจริญอย่างช้าๆ จนกว่าออกซิเจนจะถูกใช้ไปหมดโดยแบคทีเรียชนิดอื่น สามารถผลิตสารพอลิแซคคาไรด์ช่วยให้ส่วนผสมของโยเกิร์ตมีลักษณะเนียนข้น (จิระเดช, 2553)

Streptococcus thermophilus เป็นแบคทีเรียแกรมบวก เซลล์มีรูปร่างกลมอยู่เป็นคู่หรือเป็นโซ่สั้น ทนความร้อน อุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตอยู่ที่ 42 องศาเซลเซียส และสามารถเจริญได้ทั้งในสภาวะที่มีและไม่มีอากาศ สามารถผลิตกรดฟอร์มิก และคาร์บอนไดออกไซด์ กระตุ้นการเจริญของ *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* (Uriot และคณะ, 2017) เมื่อเชื้อ *S. thermophilus* อยู่เป็นเซลล์เดี่ยวจะสามารถสร้างกรดทำให้โปรตีนในน้ำนมตกตะกอนได้ดี ในระหว่างกระบวนการหมักนมจะผลิตเอนไซม์บีตากาแลคโตซิเดสเพื่อย่อยน้ำตาลแลคโตสให้เป็นน้ำตาลกลูโคลกับกาแลคโตส และผลิตเอนไซม์ยูเรเนสเพื่อย่อยยูเรียในน้ำนม นอกจากนี้ยังผลิตแคปซูลและผลิตเมือกภายนอกเซลล์ ซึ่งเป็นพอลิแซคคาไรด์ช่วยให้ผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตที่ผลิตได้มีลักษณะเนื้อเนียนข้น (จิระเดช, 2553)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยทั่วไปจะใช้หัวเชื้อทั้งสองชนิดในอัตราส่วนเท่ากัน (จำนวนเซลล์) โดยแบคทีเรียทั้งสองชนิดนี้มีการเจริญแบบพึ่งพาอาศัยกันในสภาวะที่ควบคุม เพื่อให้ได้เชื้อจุลินทรีย์ที่สมดุลในระยะแรก ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เชื้อ *S. thermophilus* จะเจริญได้ดีกว่าเชื้อ *L. bulgaricus* เนื่องจากเชื้อ *S. thermophilus* จะเจริญในที่ที่มีออกซิเจนและใช้ออกซิเจนในน้ำนมจนหมด ทำให้การเจริญของเชื้อ *L. bulgaricus* เจริญได้ดีขึ้น ในระยะแรก เชื้อ *S. thermophilus* จะเจริญเติบโตสร้างกรดจนค่ากรด-ด่าง เท่ากับ 5.5 (*S. thermophilus* มีความสามารถในการผลิตกรดต่ำกว่า *L. bulgaricus*) จนมีสารอาหารและสภาวะที่เหมาะสมต่อการเจริญของเชื้อ *L. bulgaricus* ซึ่งจะเจริญได้ดีที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส และความเป็นกรด-ด่าง เท่ากับ 4.4 และจะสร้างกรดแลคติก สารอะซีโตน สารไดอะซิติล และสารอะซีทัลดีไฮด์ ซึ่งเป็นสารให้กลิ่นรสเฉพาะของโยเกิร์ต นอกจากนี้ เชื้อ *L. bulgaricus* ยังสร้างกรดอะมิโน ลิวซีน ไลซีน ซีสไทน์ กรดแอสพาติก ฮิสทิดีน และวาลีน ซึ่งมีผลต่อการเจริญของ *S. thermophilus* โดยเฉพาะกรดอะมิโนวาลีนที่มีผลกระตุ้นการเจริญของ *S. thermophilus* ได้มากที่สุด เมื่อทั้งสองสายสายพันธุ์มีการเจริญร่วมกันอย่างพึ่งพาอาศัยกัน จึงช่วยเพิ่มอัตราการผลิต ซึ่งประกอบด้วยน้ำตาลกลูโคส น้ำตาลกาแลคโตส และน้ำตาลแมนแนน ส่งผลให้เนื้อโยเกิร์ตมีลักษณะเนียนและแน่น และให้สารกลิ่นรสที่ดีขึ้น โดยสภาวะที่เหมาะสมต่อการผลิตโยเกิร์ตควรอยู่ในช่วง 40-42 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญและทำกิจกรรมร่วมกันระหว่างเชื้อทั้งสองชนิด (จิระเดช, 2553)

2.1.4 ประโยชน์ของโยเกิร์ตต่อสุขภาพ (พุทธชาติ, 2553)

1. ช่วยลดอาการท้องเสียในผู้ที่แพ้น้ำตาลแลคโตส เนื่องจากกระบวนการทำโยเกิร์ตนมหมักจะถูกเปลี่ยนเป็นน้ำตาลที่สามารถย่อยได้ง่ายขึ้น และสร้างเอนไซม์แลคเตสมาย่อยน้ำตาลแลคโตส นอกจากนี้ยังสร้างเอนไซม์ที่สามารถย่อยเคซีนได้ จึงช่วยในการดูดซึมและลดอาการแพ้ได้ ผู้ที่มีอาการแพ้จึงสามารถทานโยเกิร์ตได้

2. ลดความเสี่ยงต่อการเกิดโรคต่างๆบริเวณลำไส้ เนื่องจากโยเกิร์ตประกอบไปด้วยแบคทีเรียแลคโตบาซิลัสที่มีความสามารถช่วยในเรื่องการดูดซึมอาหาร และการบีบตัวของทางเดินอาหาร ส่งผลให้อาหารเคลื่อนเข้าสู่ลำไส้ได้ดีขึ้น

3. ป้องกันโรคมะเร็ง เนื่องจากแบคทีเรียแลคโตบาซิลัสในโยเกิร์ตสามารถจับกับสารก่อมะเร็งไม่ให้ทำอันตรายกับเซลล์ร่างกาย และช่วยยับยั้งแบคทีเรียที่สารสร้างไนเทรตซึ่งเป็นสารก่อมะเร็งได้

4. ช่วยลดระดับคอเลสเตอรอลในเลือด จึงป้องกันการเกิดโรคหลอดเลือดหัวใจ

5. เพิ่มภูมิคุ้มกันให้ร่างกายจากการกระตุ้นการทำงานของเซลล์เม็ดเลือดขาวให้ทำลายเชื้อโรค โดยแบคทีเรียในโยเกิร์ต

6. อุดมไปด้วยวิตามิน โดยเฉพาะวิตามินบี ซึ่งได้จากการสังเคราะห์วิตามินบีและวิตามินเค โดยแบคทีเรียแลคโตบาซิลัสในโยเกิร์ต

เอกสารนี้ใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.5 กระบวนการผลิตโยเกิร์ต (Lee, 2010)

โยเกิร์ตแต่ละประเภทจะมีกระบวนการผลิตที่แตกต่างกัน เช่น โยเกิร์ตชนิดคงตัว และโยเกิร์ตชนิดกวน ที่มีกระบวนการผลิตต่างกันในขั้นตอนของการบรรจุ โดยโยเกิร์ตชนิดคงตัวจะมีการหมักนมกับเชื้อในภาชนะบรรจุพร้อมจำหน่าย แต่โยเกิร์ตชนิดกวนจะมีการหมักนมกับเชื้อในถังหมักก่อนนำมาใส่ในภาชนะบรรจุสำหรับจัดจำหน่าย ทั้งนี้ขั้นตอนหลักของการผลิตโยเกิร์ตประกอบไปด้วย การปรับมาตรฐานของนม (ปริมาณไขมันและโปรตีน) การทำให้เป็นเนื้อเดียวกัน (Homogenization) การให้ความร้อน การบ่ม การหมัก การทำให้เย็น และการเก็บรักษา

2.1.5.1 การปรับมาตรฐานนม (Milk standardization)

ส่วนใหญ่จะผสมหางนมกับครีมในน้ำนม เพื่อปรับปริมาณไขมันให้อยู่ในระดับที่ต้องการ ปริมาณของแข็งในนม (รวมถึงปริมาณไขมัน) อยู่ในช่วงประมาณร้อยละ 9-20 โดยโยเกิร์ตที่มีคุณภาพดีจะมีปริมาณของแข็งทั้งหมดประมาณร้อยละ 15-16 นอกจากนี้ยังมีการเติมสารให้ความคงตัว เช่น เพคติน หรือ เจลาติน เพื่อรักษาคุณสมบัติต่างๆของโยเกิร์ตให้เหมาะสม เช่น เนื้อสัมผัส กลิ่นรส ลักษณะปรากฏ ความหนืด และการแยกตัวของน้ำหางนม จึงทำให้เนื้อโยเกิร์ตมีความสม่ำเสมอมากขึ้น

2.1.5.2 การทำให้เป็นเนื้อเดียวกัน (Homogenization)

เป็นการลดขนาดเม็ดไขมันที่กระจายอยู่เป็นก้อนให้มีขนาดเล็กลงจนมีขนาดเดียวกัน ช่วยป้องกันการแยกชั้นของไขมันในระหว่างการหมักหรือการเก็บรักษา ลดการแยกตัวของหางนมและเพิ่มความสม่ำเสมอของผิวหน้าโยเกิร์ต

2.1.5.3 การให้ความร้อน (Heat treatment)

เป็นขั้นตอนสำคัญในกระบวนการเตรียมโยเกิร์ต เนื่องจากมีผลต่อคุณสมบัติทางกายภาพ และโครงสร้างจุลภาคของโยเกิร์ต ในการผลิตโยเกิร์ตจะมีการให้ความร้อนกับนมก่อนเติมหัวเชื้อ เพื่อใช้ทำลายจุลินทรีย์ที่ไม่ต้องการ และช่วยกำจัดออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำ ซึ่งอุณหภูมิและเวลาที่ใช้สำหรับการให้ความร้อน โดยทั่วไปในอุตสาหกรรมจะใช้ที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที หรือ 90-95 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที

2.1.5.4 กระบวนการหมัก (Fermentation process)

หลังจากการให้ความร้อนนมจะถูกทำให้เย็นลงจนถึงอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตของเชื้อเริ่มต้นที่ใช้ในการหมักบ่ม อุณหภูมิที่เหมาะสมของแบคทีเรียที่สร้างกรดแลคติก เช่น *Streptococcus thermophilus* และ *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* อยู่ในช่วงประมาณ 40 - 45 องศาเซลเซียส โดยกระบวนการหมัก แบคทีเรียจะเปลี่ยนน้ำตาลแลคโตสให้เป็นกรดแลคติกซึ่งจะช่วยลดค่าความเป็นกรด-ด่างของนม ในช่วงที่เป็นกรดของนม ค่าความเป็นกรด-ด่างจะลดลงจาก 6.7 เป็น ≤4.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.5.5 การทำให้เย็น (Cooling)

เมื่อโยเกิร์ตมีค่าความเป็นกรด-ด่างที่ต้องการ (ประมาณ 4.6) โยเกิร์ตจะถูกทำให้เย็นลงบางส่วน (ประมาณ 20 องศาเซลเซียส) ก่อนที่จะเติมผลไม้หรือส่วนผสมเครื่องปรุง ผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตมักเก็บแช่เย็นไว้ที่อุณหภูมิ น้อยกว่า 10 องศาเซลเซียส (เช่น 5 องศาเซลเซียส) ในห้องเย็นเพื่อหยุดกระบวนการหมัก

2.2 บีทรูท

2.2.1 ลักษณะทั่วไป

บีทรูท (beetroot) หรือชื่อเรียกภาษาไทย คือ ผักกาดฝรั่งหรือผักกาดแดง ชื่อทางวิทยาศาสตร์คือ *Beta vulgaris* L. เป็นพืชล้มลุกขนาดเล็ก ลำต้นสั้นๆ เชื่อมอยู่ระหว่างรากกับใบเป็นหัวผักกาดที่อยู่ใต้ดิน ลักษณะใบเป็นใบเลี้ยงเดี่ยว ขอบใบมีลักษณะเป็นรอยหยัก ใบมีสีเขียว หัวบีทรูทมีขนาดเล็กใหญ่ตามขนาดสายพันธุ์ มีสีม่วงอมแดง สีแดงเลือดหมู สีเหลือง ตามสายพันธุ์ (รูปที่ 2.4) เนื้อแน่นฉ่ำน้ำ เมื่อปอกเปลือกสีจะติดมือ มีต้นกำเนิดอยู่ในแถบเมดิเตอร์เรเนียน เป็นที่นิยมปลูกกันทั่วไปในหลายประเทศ ที่มีอากาศหนาวเย็น ในประเทศไทยมีปลูกในภาคเหนือ หลากหลายสายพันธุ์ มีคุณประโยชน์หลายอย่าง ซึ่งสามารถรับประทานสดได้ ประกอบอาหารเมนูต่างๆ และนำมาทำเครื่องดื่มได้ (ชาติ, 2552) มีองค์ประกอบที่สำคัญ เช่น วิตามิน เกลือแร่ ฟีนอล แคโรทีนอยด์ ไนเตรต กรดแอสคอร์บิค บีตาเลน ที่ช่วยส่งเสริมสุขภาพ (Chhikara และคณะ, 2019)

รูปที่ 2.4 ลักษณะ หัว ลำต้น ใบของบีทรูท (beetroot)
ที่มา : https://www.thai-thaifood.com/th/บีทรูท/ (**สืบค้นเมื่อวันที่** 16 กุมภาพันธ์ 2562)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2 องค์ประกอบทางโภชนาการของบีทรูท

บีทรูทเป็นหัวผักที่มีสารอาหารที่จำเป็น เช่น วิตามิน เส้นใยจำนวนมาก ไฟโตเคมีคอล และมีแร่ธาตุต่างๆ เช่น โพแทสเซียม โซเดียม ฟอสฟอรัส แคลเซียม แมกนีเซียม ทองแดง เหล็ก สังกะสี แมงกานีส (ตารางที่ 2.1) และเม็ดสีที่ละลายน้ำได้ เช่น บีตาไซยานิน (สีแดงสีม่วง) และบีตาแซนทีน (สีเหลืองสีส้ม) อุดมไปด้วยคาร์โบไฮเดรต ไขมัน โปรตีนสารอาหาร ซึ่งทั้งหมดมีประโยชน์ทางโภชนาการและสุขภาพมากมาย จึงมีการนำบีทรูทไปแปรรูป และการบริโภคเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง เนื่องจากได้รับการยอมรับว่าเป็นแหล่งสำคัญของสารต้านอนุมูลอิสระจากธรรมชาติ (Clifford และคณะ, 2015)

ตารางที่ 2.1 คุณค่าทางโภชนาการของหัวบีทรูทดิบต่อ 100 กรัม

ส่วนประกอบ	ปริมาณต่อ 100 กรัมบีทรูท	
พลังงาน	43	กิโลแคลอรี่
คาร์โบไฮเดรต	9.56	กรัม
น้ำตาล	6.76	กรัม
เส้นใย	2.8	กรัม
ไขมัน	0.17	กรัม
โปรตีน	1.61	กรัม
น้ำ	87.58	กรัม
วิตามินเอ	2	ไมโครกรัม
บีตาแคโรทีน	20	ไมโครกรัม
วิตามินบี 1	0.031	มิลลิกรัม
วิตามินบี 2	0.04	มิลลิกรัม
วิตามินบี 3	0.334	มิลลิกรัม
วิตามินบี 5	0.155	มิลลิกรัม
วิตามินบี 6	0.067	มิลลิกรัม
วิตามินบี 9	109	ไมโครกรัม
วิตามินซี	4.9	มิลลิกรัม
ธาตุแคลเซียม	16	มิลลิกรัม
ธาตุเหล็ก	0.8	มิลลิกรัม
ธาตุแมกนีเซียม	23	มิลลิกรัม
ธาตุแมงกานีส	0.329	มิลลิกรัม
ธาตุฟอสฟอรัส	40	มิลลิกรัม
ธาตุโพแทสเซียม	325	มิลลิกรัม
ธาตุโซเดียม	78	มิลลิกรัม
ธาตุสังกะสี	0.35	มิลลิกรัม

(ข้อมูลจาก : USDA Nutrient database)

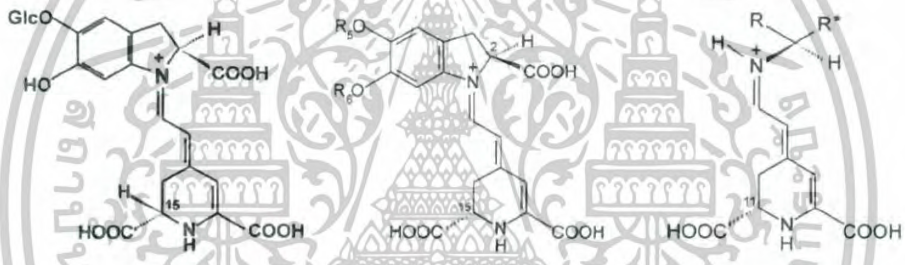
ที่มา : Beets nutrition facts (2012)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.3 บีตาเลน (Betalains)

บีตาเลน (Betalains) เป็นรงควัตถุของพืชที่อยู่ในลำดับของ Caryophyllales (Strack และคณะ, 2003) โครงสร้างทางเคมีของบีตาเลน สามารถแบ่งออกเป็นบีตาไซยานิน (betacyanins) สีแดง-ม่วง ซึ่งสามารถดูดกลืนคลื่นแสงได้ในช่วง 535-550 นาโนเมตร และบีตาแซนทีน (betaxanthins) สีเหลือง สามารถดูดกลืนคลื่นแสงได้ในช่วง 475-480 นาโนเมตร (รูปที่ 2.5) บีตาไซยานินเป็นอนุพันธ์ของบีตานิดิน ซึ่งเป็น iminiumadduct ของกรดบีตาลามิก (betalamic) และ cyclo-DOPA ในขณะที่บีตาแซนทีนเป็นผลมาจากการควบแน่นของกรดอะมิโนหรือเอมีนด้วยกรดบีตาลามิก (Delgado และคณะ, 2000)

บีตาไซยานินเป็นสารที่พบมากที่สุดถึงประมาณร้อยละ 90 ของสารในกลุ่มนี้ทั้งหมด สารในกลุ่มบีตาไซยานินที่สำคัญ คือ บีตานิน ซึ่งพบมากถึงร้อยละ 75-95 บีตานินเป็นรงควัตถุหลักของบีทรูท เป็นกรดอะมิโน เป็นตัวช่วยในการยับยั้งการเกิดโรคมะเร็งได้เป็นอย่างดี อีกทั้งยังช่วยลดการเติบโตของเนื้องอกได้ทำให้เลือดลมและระบบการไหลเวียนของเลือดทำงานได้ดียิ่งขึ้น (Chhikara และคณะ, 2019)



บีตานิน บีตาไซยานิน บีตาแซนทีน

รูปที่ 2.5 โครงสร้างของบีตานิน บีตาไซยานิน และบีตาแซนทีน

ที่มา : https://www.google.co.th/imgres?imgurl=x-raw-image%3A%2F%2Fa830f656e835c1aeb36db1e6725074c5870e39702caa0425ff0d5715b9c6f637mgrefurl=http%3A%2F%2Fscijournal.kku.ac.th%2Ffiles%2FVol_42_No_4_P_718-729.pdf (สืบค้นเมื่อวันที่ 16 กุมภาพันธ์ 2562)

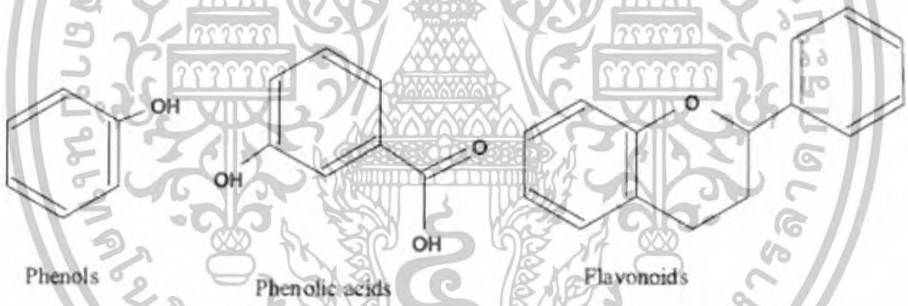
2.2.4 สารประกอบฟีนอลิก (Phenolic compound)

สารประกอบฟีนอลิก เป็นสารที่พบได้ตามธรรมชาติในพืชหลายชนิด เป็นสารเมตาบอไลต์ของพืชที่มีขนาดใหญ่ และมีความสำคัญต่อคุณภาพของอาหารจากพืช กรดฟีนอลิกในบีทรูทมีน้ำหนักแห้ง 50-60 ไมโครโมล/กรัม (Kathiravan และคณะ, 2014) นอกจากนี้เปลือกบีทรูทยังมีความเข้มข้นน้ำหนักแห้งสูงสุดรวมเป็นอันดับสองฟีนอลสารประกอบฟีนอลิกที่ไม่เสถียรสูงที่แยกได้จากเปลือกของบีทรูทสีแดง ประโยชน์ต่อสุขภาพของสารประกอบฟีนอลิกมีสารต่อต้านอนุมูลอิสระ (Anitoxidant) สารต้านความชรา ป้องกันโรคมะเร็ง โรคระบบหัวใจและหลอดเลือด โรคเบาหวาน การเสื่อมของกระดูก โรคในระบบประสาท เพิ่มความสามารถของระบบคุ้มกัน และยังมีผลต่อการเปลี่ยนไขมันในร่างกายเป็นกล้ามเนื้อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สูตรโครงสร้างทางเคมีเป็นวงแหวน มีหมู่ไฮดรอกซิลอย่างน้อยหนึ่ง (รูปที่ 2.6) สามารถละลายน้ำได้ มักรวมอยู่ในโมเลกุลของน้ำตาลในรูปของสารประกอบไกลโคไซด์ พบได้ในบริเวณช่องว่างภายในเซลล์ของพืช สารประกอบฟีนอลิกที่พบในธรรมชาติมีหลายชนิด ซึ่งมีสูตรโครงสร้างทางเคมีแตกต่างกัน กลุ่มที่พบส่วนใหญ่ คือ สารประกอบฟลาโวนอยด์ (flavonoids) นอกจากนี้ยังพบสารประกอบต่างๆ เช่น phenolic quinine, simple monocyclic phenol, polyphenolic และสารประกอบที่มีกลุ่มฟีนอล เป็นต้น

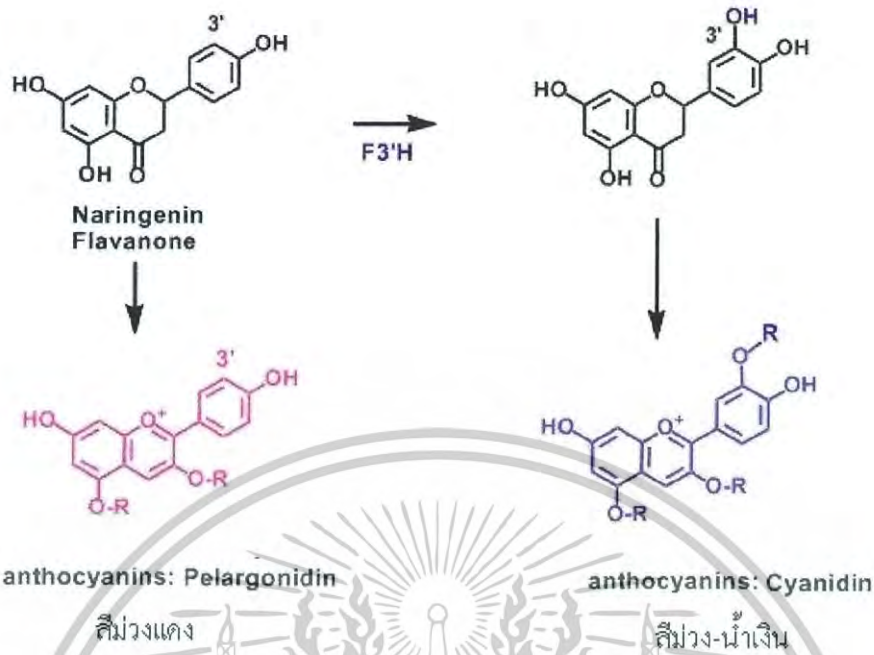
ฟลาโวนอยด์เป็นกลุ่มหนึ่งของสารประกอบพอลิฟีนอล (polyphenol) เป็นสารประกอบทางชีวภาพที่มีศักยภาพในการต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant) และมีประโยชน์ต่อสุขภาพมากมาย (Chhikara และคณะ, 2019) มีคุณสมบัติการเป็นสารต้านออกซิเดชัน (antioxidant) โดยทำหน้าที่เป็นตัวขัดขวางหรือหยุดปฏิกิริยาต่อเนื่องของอนุมูลอิสระ (free radical chain terminator) ตัวจับออกซิเจน (oxygen scavenger) หรือเป็น chelating agent ของโลหะซึ่งอนุมูลอิสระ (free radicals) ในร่างกายส่งผลให้เนื้อเยื่อหรือเซลล์ต่างๆ ในร่างกายถูกทำลาย ยิ่งปริมาณอนุมูลอิสระสูงมากเพียงใดก็ยิ่งจะเป็นตัวเร่งให้เกิดโรคภัยไข้เจ็บ รอยเหี่ยวย่นและความแก่ นอกจากนั้น อายุยิ่งมากขึ้น การสะสมของของอนุมูลอิสระก็จะสูงเพิ่มขึ้นด้วย ดังนั้นการรับประทานอาหารประเภทผัก และผลไม้ที่มีสารต้านออกซิเดชัน (antioxidant) จะสามารถช่วยปกป้องจากการทำลายของอนุมูลอิสระได้ (ณัฐฐิกา, 2548)



รูปที่ 2.6 โครงสร้างของสารประกอบฟีนอลิก
ที่มา : http://www.pharmalitz.com/product.html (สืบค้นเมื่อวันที่ 19 กุมภาพันธ์ 2562)

แอนโทไซยานิน (Anthocyanins) จัดอยู่ในกลุ่มสารประกอบฟีนอล กลุ่มพอลิฟีนอล (polyphenol) เป็นรงควัตถุหรือสารสีที่ให้สีแดง ม่วง และน้ำเงิน ใช้เป็นสารให้สีธรรมชาติในอาหาร เป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant) ช่วยชะลอความเสื่อมของเซลล์ ช่วยลดอัตราเสี่ยงของการเกิดโรคหัวใจและเส้นเลือดอุดตันในสมอง สีของแอนโทไซยานินเป็นสารสีที่พบได้ทั่วไปในดอกไม้ ผลไม้บางชนิด ใบหรือลำต้นของพืชบางชนิดที่มีสีตั้งแต่สีแดงถึงน้ำเงินเข้มในสภาพที่เป็นกรดมีค่าความเป็นกรด-ด่างต่ำกว่า 3 (เป็นกรดสูง) จะทำให้แอนโทไซยานินมีสีแดงในสภาพที่ค่อนข้างเป็นกลางหรือมีค่าความเป็นกรด-ด่างประมาณ 7-8 แอนโทไซยานินจะมีสีม่วง และเมื่อสภาพเป็นเบสหรือมีค่าความเป็นกรด-ด่างมากกว่า 11 (เป็นเบสสูง) แอนโทไซยานินจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำเงิน (รูปที่ 2.7)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



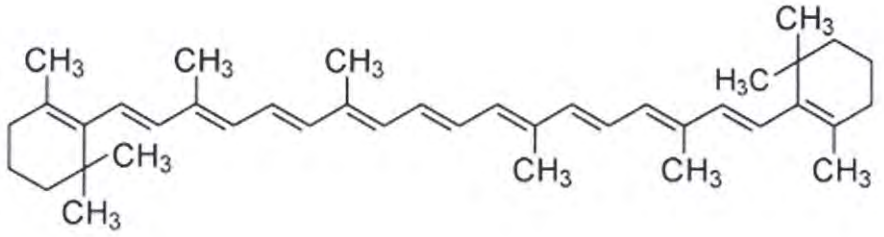
รูปที่ 2.7 โครงสร้างของแอนโทไซยานินในสภาพที่เป็นกรด และสภาพเป็นเบส
ที่มา : http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/ 1103/anthocyanin (สืบค้นเมื่อวันที่ 19 กุมภาพันธ์ 2562)

2.2.5 แคโรทีนอยด์ (Carotenoids)

แคโรทีนอยด์อยู่ในกลุ่มของไฟโตเคมิคอล ที่ทำให้สีของผักและผลไม้แตกต่างกัน เป็นรงควัตถุ สีเหลือง ส้ม แดง และส้ม-แดง พบทั่วไปในพืชและสิ่งมีชีวิตที่สามารถสังเคราะห์ด้วยแสงได้ เป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอนไม่อิ่มตัว (Unsaturated hydrocarbon) มีคาร์บอน 40 อะตอม ประกอบด้วย 8 ไอโซพรีน ที่เชื่อมติดกันด้วยพันธะโคเวาเลนต์ที่เป็นพันธะคู่สายยาว (รูปที่ 2.8) มีคุณสมบัติในการดูดกลืนแสงอัลต้าไวโอเลตและแสงสีขาวได้ดี ทำให้สารแคโรทีนอยด์มีคุณสมบัติเป็นสารสีในสิ่งมีชีวิต มีบทบาทสำคัญในการป้องกันโรคของมนุษย์ แคโรทีนอยด์ที่อยู่ในบีทรูททำหน้าที่เป็นสารต้านอนุมูลอิสระ สารต้านมะเร็งและเพิ่มภูมิคุ้มกัน แคโรทีนอยด์พบกระจายมากในบีทรูท เป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่มีศักยภาพสามารถยับยั้งการกลายพันธุ์ ซึ่งลดความเสี่ยงของโรคมะเร็ง พบแคโรทีน 1.9 มิลลิกรัมต่อบีทรูท 100 กรัม

แคโรทีนในกลุ่มนี้ที่สำคัญและเป็นที่รู้จักกัน คือ บีตาแคโรทีน (Beta-carotene) ซึ่งถือเป็นสารตั้งต้นในการสังเคราะห์วิตามินเอที่มีบทบาทสำคัญในการบำรุงร่างกายช่วยเสริมระบบภูมิคุ้มกัน เป็นสารต้านอนุมูลอิสระ และลดอัตราเสี่ยงการเกิดโรคมะเร็ง ป้องกันโรคหัวใจ เป็นต้น โดยที่ร่างกายสามารถเปลี่ยนบีตาแคโรทีนเป็นวิตามินเอได้ตามปริมาณที่ร่างกายต้องการ บีตาแคโรทีนพบมากในผักและผลไม้ที่มีสีส้ม เหลือง หรือแดง เช่น แครอท ข้าวโพดอ่อน แตงโม และมะละกอสุก เป็นต้น รวมถึงผักที่มีสีเขียวทุกชนิด เช่น ผักคะน้า ตำลึง ผักบุ้ง ผักกวางตุ้ง และมะระ เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



beta-carotene

รูปที่ 2.8 โครงสร้างทางเคมีของ beta-carotene
ที่มา : https://www.siamchemi.com/บีตาแคโรทีน (สืบค้นเมื่อวันที่ 17 กุมภาพันธ์ 2562)

2.2.6 **ประโยชน์ของบีทรูท (Chhikara และคณะ, 2019)**

1. ทำให้ระดับไตรกลีเซอไรด์ลดลง ในบีทรูทมีสารไนตริกออกไซด์ที่มีคุณสมบัติทำให้หลอดเลือดขยายตัว ส่งผลให้เลือดไหลเวียนดีขึ้น และยังสามารถลดระดับไตรกลีเซอร์ไรด์ลงได้

2. ลดความเสี่ยงโรคตับ บีทรูทมีสรรพคุณบำรุงตับ ส่งเสริมการทำงานของตับให้ดีขึ้น ในบีทรูทยังมีสารบีตานินที่ป้องกันการสะสมไขมันในตับ ปกป้องตับจากสารพิษ จากผลการวิจัยชี้ให้เห็นว่าการทานบีทรูทจะช่วยลดระดับไขมันของผู้ป่วยโรคไขมันพอกตับได้อีกด้วย

3. ทำให้ความดันโลหิตเป็นปกติ ในบีทรูทเต็มไปด้วยสารไนเตรต ซึ่งมีสรรพคุณช่วยลดระดับความดันโลหิตได้ ซึ่งได้มีการศึกษาวิจัยจากกลุ่มผู้ทดลอง โดยให้ดื่มน้ำบีทรูทผสมกับน้ำแอปเปิลเป็นเวลา 2 สัปดาห์ พบว่าระดับความดันของกลุ่มผู้ทดลองลดลง 4 -5 มิลลิเมตรปรอท

4. ส่งเสริมสุขภาพสารไนเตรตที่อยู่ในบีทรูท มีส่วนช่วยส่งเสริมการทำงานของร่างกายให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น เหมาะสำหรับผู้ที่ชอบออกกำลังกาย

5. การรับประทานบีทรูทในอาหารช่วยลดโอกาสการอักเสบ (การตอบสนองโดยธรรมชาติรวมถึงการติดเชื้อเกิดผื่นแดงบวมแผลบาดเจ็บมีไข้และความเจ็บปวดที่เกิดจากความเสียหายของเซลล์โดยแอนติเจน)

6. บีทรูทสีแดงให้สารไฟโตเคมิคอลที่กระตุ้นการสร้างเม็ดเลือดระบบภูมิคุ้มกันการป้องกันไตและตับ

7. บีทรูทช่วยเพิ่มประสิทธิภาพสำหรับระบบการย่อยอาหาร

8. เพิ่มสมรรถภาพทางเพศ บีทรูทเป็นเหมือนไวอากร้า เพราะได้มีการใช้บีทรูทเพื่อเพิ่มสมรรถภาพทางเพศมาตั้งแต่สมัยโบราณ เนื่องจากบีทรูทเต็มไปด้วยสารไนเตรต ทำให้สารไนตริกเข้าไปสู่ร่างกาย ส่งผลทำให้หลอดเลือดขยายตัว ทำให้มีเลือดไหลไปเลี้ยงอวัยวะเพศได้มากขึ้น นอกจากนี้บีทรูทยังมีโบรอนที่ใช้สำหรับการผลิตฮอร์โมนเพศชายอีกด้วย

9. กระตุ้นสมอง น้ำบีทรูทนั้นมีปริมาณไนเตรตสูง นอกจากจะช่วยเพิ่มความสดชื่นให้ร่างกายได้แล้ว ยังทำให้ร่างกายสามารถดูดซึมออกซิเจนได้มากขึ้น ช่วยส่งเสริมการทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของสมอง ป้องกันสมองเสื่อม และเมื่อสารไนเตรตเปลี่ยนเป็นไนไตร์จะกระตุ้นประสาท ทำให้สมองทำงานได้ดีขึ้น

10. ดูแลสุขภาพผิว บีทรูทเป็นพืชที่ดีต่อสุขภาพผิว เพราะช่วยลดการอักเสบของผิวหนัง สามารถบรรเทาอาการของสิวอักเสบ สิวอุดตัน ช่วยฟอกเลือด ทำให้ผิวพรรณเปล่งปลั่งสดใส ทำหน้าที่ขจัดเซลล์ผิวที่ตายแล้วและฟื้นฟูเซลล์ผิวใหม่ อีกทั้งยังมีสารต้านอนุมูลอิสระสูง

11. ป้องกันโรคโลหิตจาง บีทรูทเต็มไปด้วยธาตุเหล็กจึงดีต่อระบบเลือด ช่วยป้องกันโรคโลหิตจางได้ดี ซึ่งธาตุเหล็กจะทำหน้าที่ฟื้นฟูเซลล์เม็ดเลือดแดง ทำให้การลำเลียงออกซิเจนไปยังอวัยวะส่วนต่าง ๆ ของร่างกายเป็นไปดีขึ้น ในบีทรูทยังมีทองแดงซึ่งจะทำให้ร่างกายสามารถดูดซึมธาตุเหล็กไปใช้ได้มากยิ่งขึ้น

12. กรดโฟลิกที่มีอยู่ในบีทรูทช่วยป้องกันมะเร็งและวิตามินบี ช่วยในการทำงานของระบบประสาทอย่างเหมาะสม

13. การบริโภคผลิตภัณฑ์บีทรูทเป็นประจำในอาหารจะช่วยป้องกันโรคที่เกิดจากความเครียดจากอนุมูลอิสระและรักษาระบบการย่อยอาหารที่ดี

14. งานวิจัยทางเภสัชวิทยาโดยนักวิจัยหลายคนแนะนำว่า บีทรูทมีประสิทธิภาพและได้เปรียบในการรักษาโรคต่าง ๆ ซึ่งสามารถใช้เป็นยาต้านไวรัส ยาต้านจุลชีพ

15. ซาโปนิน (Saponins) ในบีทรูทมีผลกระทบต่อโรคมะเร็งในมนุษย์อย่างมีประสิทธิภาพ เช่น มะเร็งต่อมลูกหมาก ไต เต้านม ลำไส้ใหญ่ ปอด มะเร็งเม็ดเลือดขาว และมะเร็งผิวหนัง

2.2.7 การแปรรูปบีทรูทสำหรับการใช้งานด้านอาหาร

มีการศึกษาใช้บีทรูทในด้านอาหาร โดยนักวิจัยและอุตสาหกรรมอาหารหลายแห่ง เนื่องจากผลของสี กลิ่น รส และคุณค่าทางโภชนาการ (ตารางที่ 2.2) ทำให้บีทรูทเป็นผักที่มีประโยชน์ ได้มีการนำบีทรูทมาใช้ทดแทนสีสังเคราะห์ (Slavov และคณะ, 2013) ซึ่งสารสีธรรมชาติถือเป็นสารที่ปลอดภัยต่อการบริโภค ดังนั้นสีจากธรรมชาติจึงมีความคาดหวังนำมาใช้งานเชิงพาณิชย์เป็นวัตถุเจือปน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.2 ผลิตภัณฑ์อาหารที่มีส่วนผสมของบีทรูทและกระบวนการผลิต

ผลิตภัณฑ์อาหาร	ส่วนผสมและวิธีการผลิต
โยเกิร์ต	นำนมพร่องมันเนยมาให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 80–85 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที ทิ้งให้เย็นที่ 42–45 องศาเซลเซียส จากนั้นใส่เชื้อและบ่ม เป็นเวลา 12 ชั่วโมงแล้วนำไปแช่เย็น สำหรับโยเกิร์ตที่ผสมสารสี เตรียมได้ โดยเติมบีทรูทผงลงในโยเกิร์ตที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ (ร้อยละ 0 , 6 , 8 และ 10) และเก็บไว้ที่ อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส
ไอศกรีม	มีการผสมน้ำบีทรูทในการผลิตไอศกรีมกลิ่นรสสตรอว์เบอร์รี่ ไอศกรีมเตรียม จากนม (ไขมัน ร้อยละ 5) เนย (ไขมัน ร้อยละ 80) และนมผงพร่องมันเนย อุ่นนม 55–60 องศาเซลเซียส เติมนมผงพร่องมันเนย เนย จากนั้น homogenized ถึง 2,500 และ 500 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว แล้วพาสเจอร์ไรส์ ที่ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วินาที ทิ้งให้เย็นข้ามคืน จากนั้นนำมาให้ ความร้อนอีกครั้ง และผสมน้ำบีทรูท
เจลลี่บีทรูท	ทำการผลิตเจลลี่ด้วยการเติมเพคติน ร้อยละ 2 กรดซิตริก ร้อยละ 0.5 และ น้ำตาล ร้อยละ 61 ในน้ำสกัดบีทรูท ในขณะที่ให้ความร้อนอย่างต่อเนื่องจนมี ค่าของแข็งทั้งหมดสูงถึง 65 องศาบริกซ์
บิสกิตผสม บีทรูทสีแดง	เตรียมแป้งโดของบิสกิต โดยผสมน้ำตาล ไข่ และมาการีน น้ำที่ผสม วานิลลิน ผงฟู เกลือ และเสริมด้วยบีทรูทสีแดง
ครีมชีสบีทรูท	เตรียมครีมชีสโดยการเติมน้ำมะนาว 1 ช้อนโต๊ะในนมที่ต้ม 1 ถ้วย แล้วคนให้ เข้ากันจนน้ำเวย์และชีสแยกจากกันและเตรียมบีทรูทเข้มข้นโดยการเติม บีทรูทคั่ว หัวหอมและกระเทียม

ที่มา : Chhikara และคณะ (2019)

2.3 มอลโตเดกซ์ตริน (ธมนวรรณ และคณะ, 2559)

มอลโตเดกซ์ตริน (Maltodextrin) มีสูตรโมเลกุล คือ $(C_6H_{12}O_6)\cdot H_2O$ เป็นคาร์โบไฮเดรต ประเภทพอลิแซคคาไรด์ (polysaccharide) จัดเป็นผลิตภัณฑ์เดียวกับกลูโคสไซรัป ประกอบด้วย แอลฟาดีกลูโคสหรือกลูโคสพอลิเมอร์หลายโมเลกุลเชื่อมต่อกันด้วยพันธะไกลโคซิดิก โดยได้มาจาก การย่อยโมเลกุลของสตาร์ช (starch) จากพืช มอลโตเดกซ์ตรินสามารถอยู่ในรูปของสารละลายเป็นผง หรือเกล็ดสีขาว ไม่มีกลิ่น ไม่มีรสหวานหรือมีรสหวานเล็กน้อย (รูปที่ 2.9) มีค่าสมมูลเดกซ์โทส (Dextrose Equivalent, DE) ต่ำกว่า 20 ซึ่งหากมีค่า DE สูงจะให้ความหวานมากกว่าค่า DE ต่ำ และ คุณสมบัติทั่วไปของมอลโตเดกซ์ตริน ได้แก่ ละลายน้ำได้ดี ป้องกันการจับตัวเป็นก้อนของผลิตภัณฑ์ มีคุณสมบัติด้านความเป็นเนื้อ (body) และมีความหนืดสม่ำเสมอ เนื่องจากมอลโตเดกซ์ตรินเป็นสาร ที่ไม่เป็นอันตรายต่อร่างกาย จึงนิยมนำมาใช้กับผลิตภัณฑ์อาหารต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.9 มอลโตเดกซ์ตรินแบบผง
ที่มา : http://jc-mlm.com/กาแฟ-จอยคอฟฟี่/ (สืบค้นเมื่อวันที่ 18 กุมภาพันธ์ 2562)

2.3.1 กระบวนการผลิต

มอลโตเดกซ์ตรินเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการย่อยโมเลกุลหรือกระบวนการไฮโดรไลซ์สตาร์ช (starch hydrolysate) เช่น สตาร์ชจากมันฝรั่ง สตาร์ชจากมันสำปะหลัง เป็นต้น มี 4 ขั้นตอน (รูปที่ 2.10) ดังนี้

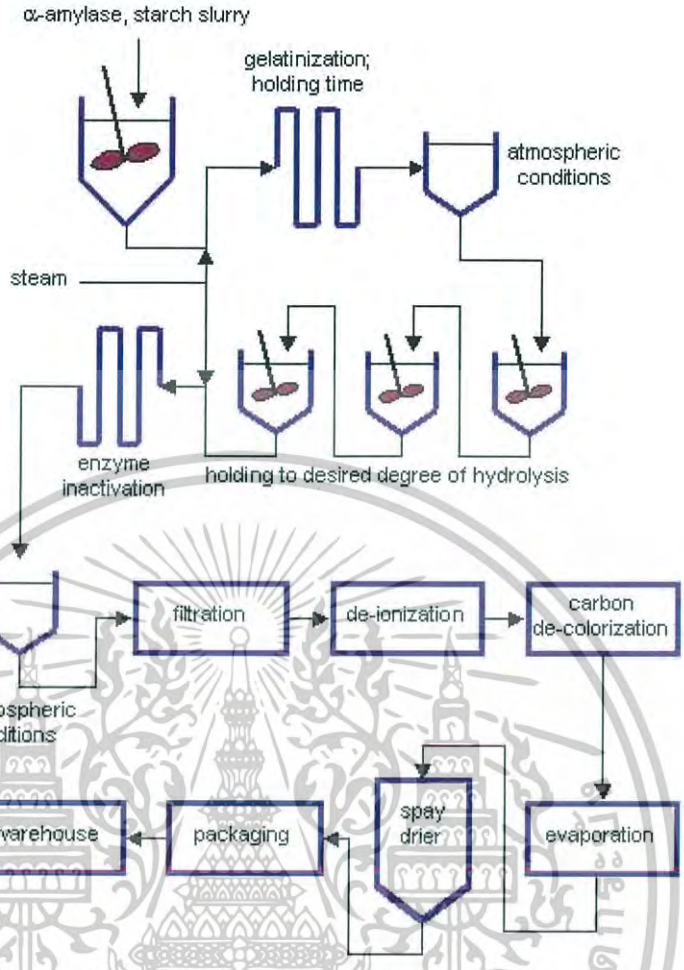
ขั้นตอนที่ 1 การเตรียมสารละลายสตาร์ช (starch slurry) และให้ความร้อนจนเม็ดสตาร์ชเกิดการสุก (gelatinization)

ขั้นตอนที่ 2 ทำการย่อยสตาร์ช (starch hydrolysis) โดยใช้เอนไซม์อะไมเลส (amylase) ชนิด แอลฟา-อะไมเลส เพื่อให้ได้โมเลกุลเล็กลง

ขั้นตอนที่ 3 เข้าสู่กระบวนการกรอง (filtration) และทำให้บริสุทธิ์ (purification)

ขั้นตอนที่ 4 เข้าสู่กระบวนการทำให้เข้มข้น (concentration) และทำแห้ง (dehydration) ด้วยเครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอย (spray drier) จะได้ผลิตภัณฑ์เป็นมอลโตเดกซ์ตริน ที่มีลักษณะเป็นผงสีขาว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.10 กระบวนการผลิตมอลโตเดกซ์ตริน

ที่มา : http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/1914/B maltodextrin (สืบค้นเมื่อวันที่ 18 กุมภาพันธ์ 2562)

2.3.2 ประเภทของมอลโตเดกซ์ตริน (Kenyon และ Anderson, 1988)

มอลโตเดกซ์ตรินสามารถจัดจำแนกได้ตามค่าสมมูลเดกซ์โทส โดยแบ่งออกเป็น 2 ประเภท

1. มอลโตเดกซ์ตรินที่มีระดับค่าสมมูลเดกซ์โทสต่ำ โดยมีค่า DE อยู่ระหว่าง 5-20 ซึ่งโดยทั่วไปนิยมผลิตมอลโตเดกซ์ตรินที่มีค่า DE น้อยกว่า 20 จึงพบได้มากกว่ามอลโตเดกซ์ตรินที่มีค่า DE มากกว่า 20

2. มอลโตเดกซ์ตรินที่มีระดับค่าสมมูลเดกซ์โทสสูง โดยมีค่า DE มากกว่า 20 ค่าสมมูลเดกซ์โทส คือ ปริมาณร้อยละของน้ำตาลรีดิวซ์ (reducing sugar) คิดเป็นปริมาณน้ำตาลเดกซ์โทส (dextrose) ที่มีอยู่ในคาร์โบไฮเดรตทั้งหมด โดยค่าสมมูลเดกซ์โทสในมอลโตเดกซ์ตรินจะแสดงถึงโมเลกุลของสตาร์ชที่ถูกย่อยและน้ำตาลกลูโคส ดังนั้น มอลโตเดกซ์ตรินที่มีค่าสมมูลเดกซ์โทสสูงจึงมีความหวานมากกว่ามอลโตเดกซ์ตรินที่มีค่าสมมูลเดกซ์โทสต่ำ นอกจากนี้ มอลโตเดกซ์ตรินที่มีค่าสมมูลเดกซ์โทสแตกต่างกัน จะมีความสัมพันธ์ต่อคุณสมบัติต่างๆ แตกต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เช่น ค่าความหนืด ความสามารถในการละลาย การเกิดฟิล์ม และความสามารถในการดูดความชื้น เป็นต้น

2.3.3 คุณสมบัติของมอลโตเดกซ์ตรินในผลิตภัณฑ์อาหาร

1. คุณสมบัติด้านความเป็นเนื้อ (Body) ช่วยเพิ่มปริมาณเนื้อของผงในการทำแห้ง (dehydration) เช่น การทำแห้งแบบพ่นฝอย (spray drier หรือ drum drier) การทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง (Freeze dried)

2. มีคุณสมบัติเป็นตัวพา (Carrier) มอลโตเด็กซ์ตรินใช้เป็นวัตถุเจือปนในอาหาร เนื่องจากมีคุณสมบัติเป็นตัวพาและเป็นสารห่อหุ้มอาหาร ซึ่งตัวพามีหน้าที่ดักจับและกักเก็บสารเคมีบางอย่างในอาหาร เช่น สารที่เป็นองค์ประกอบของกลิ่น สี รส ซึ่งสามารถถูกทำลายได้ง่ายด้วยความร้อนหรือเป็นสารที่ระเหยง่าย เมื่อนำไปคืนตัวหรือผสมด้วยน้ำ สารดังกล่าวจะถูกปลดปล่อยออกมา ทำให้กลิ่น สี รส ที่ได้มีความสดใหม่คล้ายวัตถุดิบก่อนการทำแห้ง

3. ความหนืด (Viscosity) มอลโตเดกซ์ตรินมีผลทำให้ผลิตภัณฑ์มีความหนืดเพิ่มขึ้น ซึ่งหากสารละลายได้รับความร้อนจะทำให้สารละลายมีค่าความหนืดลดลง ระดับค่าสมมูลเดกซ์โทส (DE) และความเข้มข้นของมอลโตเดกซ์ตรินมีผลต่อค่าความหนืด โดยสารละลายมอลโตเดกซ์ตรินที่มีค่าสมมูลเดกซ์โทสต่ำจะมีค่าความหนืดสูง

4. การเกิดแผ่นฟิล์ม (Film-Forming Properties) มอลโตเดกซ์ตรินมีผลต่อการเกิดฟิล์มในผลิตภัณฑ์ ทำให้ผลิตภัณฑ์มีความมันวาว ซึ่งคุณสมบัตินี้ช่วยป้องกันการผ่านเข้าออกของออกซิเจน ช่วยในการกักเก็บกลิ่นรสของผลิตภัณฑ์ไม่ให้สูญเสียจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน โดยมอลโตเดกซ์ตรินที่มีค่าสมมูลเดกซ์โทสสูงจะพบการเกิดฟิล์มได้ดีกว่ามอลโตเดกซ์ตรินที่มีค่าสมมูลเดกซ์โทสต่ำ

5. ความสามารถในการละลาย (Solubility) มอลโตเดกซ์ตรินมีความสามารถในการละลายน้ำได้ดี ซึ่งความสามารถในการละลายน้ำจะเพิ่มขึ้นตามระดับค่าสมมูลเดกซ์โทส

6. ความสามารถในการดูดความชื้น (Hygroscopicity) มอลโตเดกซ์ตรินมีความสามารถในการดูดความชื้นได้ต่ำ ซึ่งความสามารถในการดูดความชื้นของมอลโตเดกซ์ตรินจะเพิ่มตามค่าสมมูลเดกซ์โทสที่สูงขึ้น ซึ่งจากคุณสมบัตินี้ จึงนิยมนำมอลโตเดกซ์ตรินไปใช้กับผลิตภัณฑ์ที่แห้ง เนื่องจากช่วยลดการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะเป็นผงแห้ง

7. มีคุณสมบัติเป็นสารที่ใช้ห่อหุ้มหรือเคลือบในกระบวนการเอนแคปซูเลชัน (Encapsulation) ซึ่งสารที่ถูกห่อหุ้มส่วนใหญ่อาจเป็นของเหลวหรืออนุภาคอยู่ในรูปแคปซูลด้วยชั้นพอลิเมอร์บางๆ ได้เป็นไมโครแคปซูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.4 การใช้ประโยชน์ของมอลโตเดกซ์ตรินในผลิตภัณฑ์อาหาร

ในปัจจุบัน มีความต้องการต่ออาหารแปรรูปเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากความสะดวกสบายสำหรับการบริโภค และยังเพิ่มข้อจำกัดด้านการเก็บรักษา ซึ่งเป็นทางเลือกหนึ่งที่ดีกว่าการใช้สารเคมี เช่น สารกันบูด ทั้งยังเป็นการดีกับสุขภาพมากกว่า ซึ่งมอลโตเดกซ์ตรินจัดเป็นสารที่ไม่ก่อให้เกิดอันตรายต่อร่างกาย มีราคาถูก สามารถใช้ร่วมกับสารอื่นได้ จึงนิยมนำมาใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร ได้แก่ อาหารแห้ง ประเภทอาหารผงหรือเครื่องดื่มผง (รูปที่ 2.11)

รูปที่ 2.11 การใช้มอลโตเดกซ์ตรินในผลิตภัณฑ์นมผง
ที่มา : http://www.easyoverc.com/dir/index/prodcategory ?shopid=230&id=14 (สืบค้นเมื่อวันที่ 21 พฤษภาคม 2562)

ซึ่งปริมาณมอลโตเดกซ์ตรินที่ใช้ขึ้นอยู่กับชนิดของอาหาร โดยมีความสามารถในการละลายได้ดี มีความสามารถในการดูดความชื้นได้ต่ำ ช่วยเพิ่มคุณสมบัติด้านความเป็นเนื้อให้แก่ผลิตภัณฑ์ ป้องกันการเกาะเป็นก้อน รวมทั้งยังทำให้ความหนืดเพิ่มมากขึ้น สัดส่วนของน้ำในผลิตภัณฑ์จึงลดน้อยลง เกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีช้าลง และสามารถควบคุมการเกิดสีน้ำตาลได้ ทำให้ลดการเกิดสีน้ำตาลในผลิตภัณฑ์ ในอาหารเหลวนิยมใช้เป็นสารเพิ่มปริมาณเนื้อ ปรับปรุงเนื้อสัมผัส และยืดอายุการเก็บรักษา ในงานวิจัยต่างๆได้มีการนำมอลโตเดกซ์ตรินมาใช้ร่วมกับผลิตภัณฑ์มากขึ้นมากขึ้นหรือในด้านสุขภาพ มีการใช้มอลโตเดกซ์ตรินมาทดแทนไขมันในผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ เช่น จากการวิจัยของพรรัตน์ และคณะ (2560) ศึกษาผลของมอลโตเดกซ์ตรินต่อลักษณะคุณภาพของบราวนี่ลดไขมัน โดยได้มีการใช้มอลโตเดกซ์ตรินทดแทนไขมันจากไขมันเนยเต็มส่วนในบราวนี่ พบว่า การใช้มอลโตเดกซ์ตรินมีผลต่อคุณภาพเนื้อสัมผัสบราวนี่ลดไขมัน คือ มีค่าแรงยึดเกาะเพิ่มขึ้น แต่ค่าความแน่นและค่าการคืนตัวลดลง ปริมาตรเค้กมีแนวโน้มลดลง ลักษณะปรากฏมีสีน้ำตาลเข้มลดลง และมีผลทำให้ปริมาณไขมันทั้งหมดและไขมันอิ่มตัวของบราวนี่ลดลง ส่วนทางด้านประสาทสัมผัสพบว่าคะแนนความชอบรวมคะแนนด้านรสชาติและกลิ่นมีค่าลดลง ยกเว้นความชอบด้านเนื้อสัมผัสและความชอบสีมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับบราวนี่ไขมันเนยเต็มส่วน นอกจากนี้ งานวิจัยของพรรณจิรา วงศ์สวัสดิ์ (2545) ศึกษากระบวนการผลิตน้ำผักผลไม้รวมผงโดยใช้เครื่องอบแห้งแบบพ่นกระจายและไมโครเวฟสุญญากาศ พบว่า จากการใช้มอลโตเดกซ์ตรินร้อยละ 13, 16 และ 19 มอลโตเดกซ์ตรินในปริมาณที่เหมาะสม คือ ร้อยละ 16 มีผลให้ผลิตภัณฑ์ผงมีคุณสมบัติทางเคมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กายภาพและประสาทสัมผัสดีที่สุด รวมทั้งเป็นสารช่วยอบแห้ง เพิ่มปริมาณของแข็งให้แก่ผลิตภัณฑ์ และดูดความชื้น ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ผงที่มีความชื้นต่ำ นอกจากนี้มอลโตเดกซ์ตรินยังมีผลทำให้ความหวานของน้ำผักผลไม้เพิ่มขึ้น มีผลต่อคะแนนทางประสาทสัมผัสเพิ่มขึ้น เป็นต้น

2.4 การทำแห้ง (Dehydration) (ชาลีดา, 2555)

2.4.1 ความหมายของการทำแห้ง

การทำแห้งหรือการดึงน้ำออก เป็นกระบวนการที่ความร้อนถูกถ่ายเทด้วยวิธีใดวิธีหนึ่งไปยังวัสดุที่มีความชื้นเพื่อกำจัดความชื้นออกจากอาหารด้วยการระเหยน้ำ โดยอาศัยความร้อนแฝงของการระเหย ปัจจุบันการทำแห้งถือเป็นกระบวนการผลิตที่สำคัญในระดับอุตสาหกรรม มีผลิตภัณฑ์จำนวนมากที่มาจากการทำแห้ง วัตถุประสงค์ของการทำแห้งอาหารเพื่อยืดอายุการเก็บรักษา โดยทั่วไปผลิตภัณฑ์อาหารที่ผ่านการอบแห้งจะมีปริมาณน้ำหรือความชื้นประมาณร้อยละ 2-14 ทำให้ water activity ในอาหารลดลงไปด้วย เพื่อยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ เช่น รา ยีสต์ แบคทีเรียที่เป็นสาเหตุให้อาหารเสื่อมเสีย ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ หรือชะลอปฏิกิริยาต่างๆ ทั้งทางเคมีและทางชีวเคมี ซึ่งมีน้ำเป็นส่วนร่วมและเป็นเหตุให้อาหารเสื่อมเสีย การทำแห้งจึงทำให้อาหารมีความปลอดภัย เนื่องจากการลดปริมาณน้ำในอาหารโดยการทำแห้ง ทำให้อาหารมีค่า water activity น้อยกว่า 0.6 ซึ่งเป็นระดับที่จุลินทรีย์ก่อโรค (pathogen) ไม่สามารถเจริญเติบโตได้ รวมทั้งยังสามารถยับยั้งสารพิษของเชื้อรา (mycotoxin) เช่น Aflatoxin นอกจากนี้การทำแห้งยังเป็นการทำเพื่อให้อาหารมีน้ำหนักเบา ลดปริมาตร ทำให้สะดวกต่อการขนส่ง การบริโภค หรือการนำไปเป็นวัตถุดิบในการแปรรูปต่อเนื่องด้วยวิธีอื่น อีกทั้งยังเป็นการสร้างผลิตภัณฑ์ใหม่ที่เป็นทางเลือกของผู้บริโภคมากขึ้น

2.4.2 การทำแห้งด้วยแสงแดด (sun drying)

คือ การทำแห้งด้วยแสงอาทิตย์ หรือการทำแห้งด้วยการตากแดด เป็นวิธีเก่าแก่ตั้งแต่โบราณ โดยใช้พลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์ เป็นการทำแห้งอย่างง่ายที่ไม่ต้องใช้เครื่องทำแห้ง เป็นวิธีที่ง่ายและประหยัดมากที่สุด ใช้ได้กับอาหารประเภทเนื้อสัตว์ ผักและผลไม้ ประหยัดพลังงานความร้อน แต่วิธีการนี้มักมีการปนเปื้อนของจุลินทรีย์สูง ผลิตภัณฑ์อาหารแห้งที่ได้เรียกว่า sun dried food

2.4.3 การทำแห้งด้วยความร้อน (hot air drying)

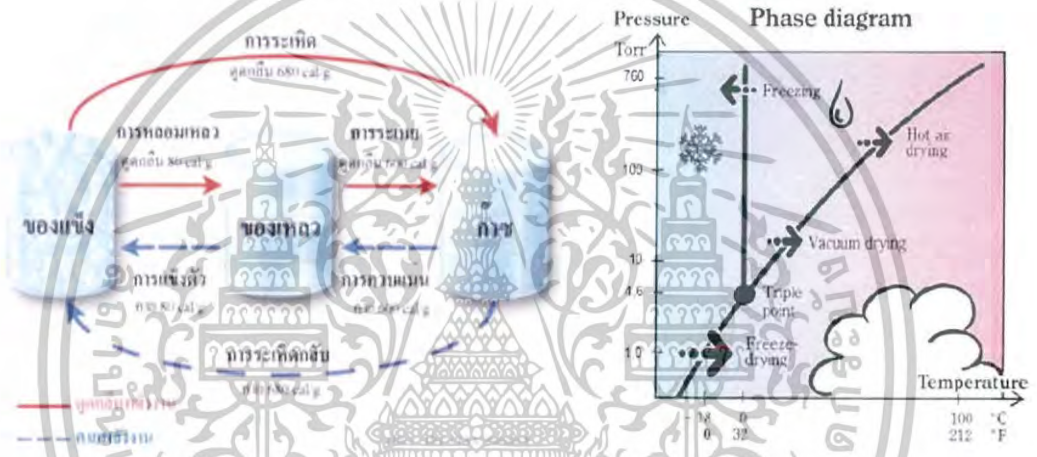
เป็นการนำวิธีการทำแห้งด้วยแสงแดดมาปรับปรุง โดยใช้อุปกรณ์เข้าช่วยเพื่อทำให้ผลิตภัณฑ์จำนวนมากแห้งตามที่ต้องการ และมีความชื้นสม่ำเสมอ ผลิตภัณฑ์ที่ตากแห้งโดยวิธีนี้สะอาดและลดการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ได้ดีกว่าการตากแดด การทำแห้งในผลิตภัณฑ์เนื้อที่ตัดเป็นชิ้นเล็กๆ หรือผลิตภัณฑ์เนื้อที่สุกแล้ว มักใช้วิธีการทำให้แห้งด้วยความร้อน โดยใช้ตู้อบขนาดใหญ่ที่มีลมร้อนเป่าผ่านทำให้น้ำระเหยไปกับลมร้อนโดยทางช่องระบายลมภายในตู้อบใช้อุณหภูมิประมาณ 50 - 70 องศาเซลเซียส ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากวิธีนี้มีความชื้นประมาณร้อยละ 5.6 - 8.5 แต่จะมีปริมาณไขมันสูงขึ้นถึงร้อยละ 20.4 - 24.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.4 การทำแห้งด้วยความเย็น (Freeze drying) (สุนทรี, 2537)

คือ การทำแห้งด้วยการแช่แข็ง (freezing) แล้วทำให้แห้งในสุญญากาศ เป็นวิธีการทำให้แห้งโดยการระเหิดน้ำออกจากในสภาวะที่เป็นน้ำแข็งในสภาพสุญญากาศ ทำให้น้ำเปลี่ยนสถานะเป็นผลึกน้ำแข็ง แล้วลดความดันเพื่อให้ผลึกน้ำแข็งระเหิดเป็นไอ (รูปที่ 2.12) ด้วยการลดความดันให้ต่ำกว่าบรรยากาศปกติ ขณะควบคุมให้อุณหภูมิต่ำ (ที่อุณหภูมิเท่ากับหรือต่ำกว่า 0 องศาเซลเซียส น้ำแข็งระเหิดที่ความดันเท่ากับ 4.7 มิลลิเมตรปรอทหรือต่ำกว่า)

ผลิตภัณฑ์แห้งที่ได้จะมีลักษณะเป็นรูพรุน โปร่ง คงรูปร่างเดิมได้ดี มีความชื้นต่ำกว่าร้อยละ 2.0 และสามารถดูดน้ำกลับคืนสู่สภาพเดิมได้ง่าย ดังนั้น ควรเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ไว้ในภาชนะที่บรรจุในสภาพสุญญากาศ (vacuum packaging)



รูปที่ 2.12 การเปลี่ยนสถานะจาก ของเหลว > ของแข็ง > ไอน้ำ
ที่มา : http://www.panyathai.or.th/wiki/index.php/การระเหิด (สืบค้นเมื่อวันที่ 17 กุมภาพันธ์ 2562)

2.4.5 ขั้นตอนการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง

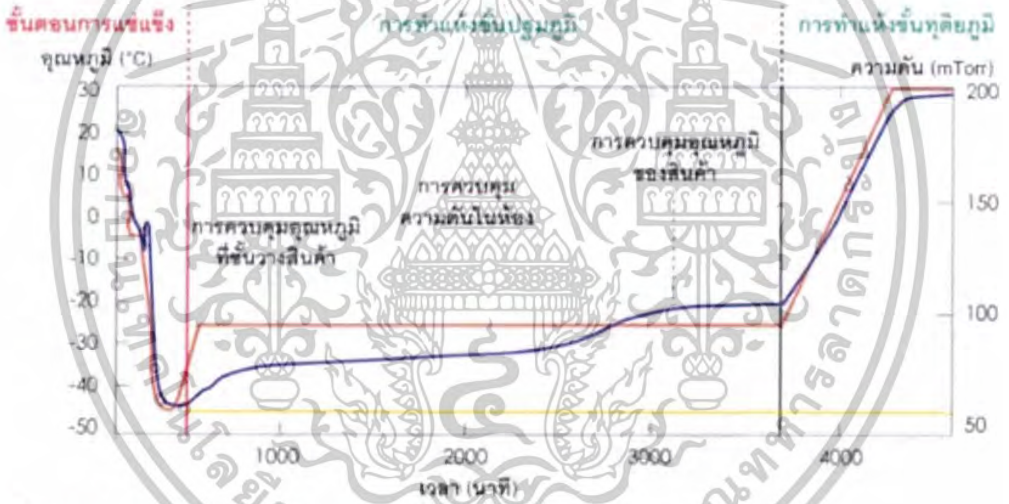
ขั้นตอนเบื้องต้นสำหรับการผลิตอาหารด้วยวิธีการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งเหมือนกับการผลิตอาหารแห้งโดยทั่วไป คือเริ่มจากการเตรียมวัตถุดิบให้อยู่ในสภาพที่เหมาะสม เช่น การล้าง การปอกเปลือก การลดขนาด จากนั้นจึงเข้าสู่กระบวนการหลักซึ่งประกอบด้วย 3 ขั้นตอน ดังนี้

1. การแช่เยือกแข็ง (Freezing) เป็นการลดอุณหภูมิของอาหารให้ต่ำกว่าจุดเยือกแข็ง (freezing point) เพื่อให้เกิดผลึกน้ำแข็ง (ice crystal formation) อัตราเร็วของการแช่เยือกแข็ง (freezing rate) ควรเป็นการแช่เยือกแข็งแบบเร็ว เพื่อให้เกิดผลึกและผลึกที่เกิดขึ้นจะมีขนาดเล็ก การแช่เยือกแข็งแบบเร็วที่นิยมใช้กันมีหลายวิธี เช่น การแช่เยือกแข็งแบบใช้ลมเย็นเป่า (air blast freezing) การแช่เยือกแข็งแบบไครโอเจน (cryogenic freezing) และการแช่เยือกแข็งแบบจุ่มในของเหลวเย็นจัด (immersion freezing) เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. การทำแห้งขั้นต้น หรือการทำแห้งขั้นปฐมภูมิ (Primary drying) เป็นการลดปริมาณน้ำ (dehydration) โดยการระเหิดน้ำแข็งให้เป็นไอ โดยการลดความดันบรรยากาศ เพื่อให้ผลึกน้ำแข็งที่อยู่ภายในเกิดการระเหิดเป็นไอออกไปจากผิวหน้าของผลิตภัณฑ์ ระดับของสุญญากาศ (vacuum) ควรอยู่ต่ำกว่า 132 ปาสคาล และ 132 มิลลิปาสคาล ตามลำดับ การระเหิดของผลึกน้ำแข็งจึงเกิดขึ้นได้อย่างสมบูรณ์การระเหิดของชั้นน้ำแข็ง (ice layer) จะเริ่มจากชั้นน้ำแข็งบริเวณผิวหน้าของผลิตภัณฑ์ระเหิดเป็นไอ ทำให้บริเวณนี้กลายเป็นชั้นแห้ง (dry layer) จากนั้นเป็นการระเหิดของชั้นน้ำแข็งที่อยู่ภายในผลิตภัณฑ์ระเหิดผ่านชั้นแห้งออกไปสู่ผิวหน้าของผลิตภัณฑ์ ระยะเวลาการระเหิดขึ้นอยู่กับขนาด รูปร่างและโครงสร้างของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด

3. การทำแห้งขั้นที่สอง หรือการทำแห้งขั้นทุติยภูมิ (Secondary drying) เมื่อการทำแห้งขั้นต้นเสร็จสมบูรณ์ แต่ยังคงมีความชื้นหลงเหลืออยู่ จึงต้องมีการทำแห้งด้วยการเพิ่มอุณหภูมิให้สูงขึ้น (รูปที่ 2.13) เพื่อดึงเอาความชื้นที่เหลืออยู่ออกถึงระดับความชื้นที่ปลอดภัยสำหรับการเก็บรักษา



รูปที่ 2.13 ระยะการเปลี่ยนแปลงของการแช่เยือกแข็ง
ที่มา : https://www.harn.co.th/th/articles/getting-to-know-freeze dry/ (สืบค้นเมื่อวันที่ 16 กุมภาพันธ์ 2562)

2.4.6 ข้อดีของการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง

กระบวนการแปรรูปและเก็บสินค้าด้วยการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง ทำให้สามารถรักษาคุณค่าทางอาหารของผลิตภัณฑ์ได้ดี เนื่องจากกระบวนการทำแห้งโดยใช้อุณหภูมิต่ำทำให้เกิดการเสียคุณค่าทางอาหารของผลิตภัณฑ์น้อย รวมถึงการเพิ่มอุณหภูมิในขั้นทุติยภูมิ ซึ่งความร้อนที่เกิดขึ้นทำให้เนื้อเยื่อและโครงสร้างของเซลล์เสียหายได้น้อยมาก การทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งทำให้ได้อาหารแห้งที่มีคุณภาพสูงและสามารถคืนตัวได้ดี (Rehydration) โดยยังคงรักษาสี กลิ่น รสชาติ และลักษณะเนื้อสัมผัสของอาหารเอาไว้ได้ดี เมื่อเปรียบเทียบกับการเก็บรักษาด้วยวิธีการทำแห้งรูปแบบอื่น เช่น การทำแห้งแบบพ่นละออง (Spay Drying) หรือการทำให้แห้งด้วยลมร้อน (Hot Air Drying)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งทำให้อาหารเกิดการเปลี่ยนแปลงเสียหาย และเสียคุณค่าทางอาหารได้มากกว่า โดยการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งเหมาะกับอาหารที่ไวต่อการสูญเสียคุณภาพและคุณค่าทางโภชนาการด้วยความร้อน เช่น ผัก ผลไม้ สมุนไพร อาหารทะเล อาหารที่ต้องการรักษา และมีสมบัติในการคืนสภาพได้ดี

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

รจนพรรณ และคณะ (2560) ได้ศึกษาลักษณะทางกายภาพบางประการของเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าวผงที่ผ่านการทำแห้งแบบโฟม-แมท โดยใช้เมทธิลเซลลูโลส ซึ่งเป็นสารช่วยทำให้เกิดโฟมในปริมาตรร้อยละ 1.5 และเติมมอลโตเดกซ์ตริน ซึ่งเป็นสารช่วยทำแห้ง ปริมาณร้อยละ 0, 5, 10 และ 15 โดยน้ำหนักของเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าวสด นำไปอบแห้งในตู้ทำแห้งแบบถาดที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส จนมีความชื้นสุดท้าย ร้อยละ 8±1 (น้ำหนักแห้ง) จากนั้นบดโฟมแห้งที่ได้ให้เป็นผงแห้ง นำตัวอย่างผงแห้งจากทุกสภาวะการทดลองไปวิเคราะห์ค่ากิจกรรมของน้ำ การดูดความชื้นจากบรรยากาศ ความสามารถในการละลาย ระดับการจับเป็นก้อน และการเปลี่ยนแปลงค่าสี จากการทดลอง พบว่า การเติมมอลโตเดกซ์ตรินไม่มีผลต่อกิจกรรมของน้ำหนักตัวอย่างแห้ง ($p>0.05$) นอกจากนี้การเติมมอลโตเดกซ์ตรินมีผลทำให้ค่าการดูดความชื้นจากบรรยากาศและระดับการจับกันเป็นก้อนลดลง ($p\leq0.05$) ในขณะที่ความสามารถในการละลายและความแตกต่างของสีโดยรวมเพิ่มขึ้น ($p\leq0.05$) ตัวอย่างผงแห้งที่เติมมอลโตเดกซ์ตรินร้อยละ 10 และ 15 มีลักษณะทางกายภาพด้านต่างๆ ไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) ดังนั้น การเติมมอลโตเดกซ์ตริน ร้อยละ 10 จึงมีผลทำให้ลักษณะทางกายภาพของเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าวผงแห้งดีขึ้น

Carvalho และคณะ (2017) ได้ศึกษาการทำแห้งในการผลิตขนมขบเคี้ยว โดยศึกษาผลของการทำแห้ง การทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง (freeze-dry) หรือการทำแห้งโดยใช้ลม (air-drying) ต่อการเปลี่ยนแปลงทางเคมีกายภาพ (การสูญเสียน้ำหนัก, ความชื้น water activity, การเปลี่ยนแปลงของสี และการเปลี่ยนแปลงของเนื้อสัมผัส) โครงสร้าง (Scanning Electron Microscopy - SEM) และลักษณะทางประสาทสัมผัสของโฟมโยเกิร์ต ผลการทดลอง พบว่าโฟมโยเกิร์ตที่ผ่านการทำแห้งแบบใช้ลม (AD) มีค่า water activity สูงกว่าการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง (FD) อย่างมีนัยสำคัญ ในการวิเคราะห์เนื้อสัมผัสโดยใช้เครื่องมือ พบว่าการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งมีค่าแรงสูงสุด (ความแข็ง) และมีจำนวนการแตกหักที่ต่ำกว่าแบบทำแห้งด้วยลมอย่างมีนัยสำคัญ สำหรับการวัดการเปลี่ยนแปลงของค่าสีโดยใช้เครื่องมือ พบว่าโฟมโยเกิร์ตที่ทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งมีค่าความสว่างที่สูงกว่าและมีค่าดัชนีความเป็นสีเหลืองและดัชนีความเป็นสีน้ำตาลที่ต่ำกว่า ซึ่งภาพจาก SEM แสดงให้เห็นว่าโฟมโยเกิร์ตที่ทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งเก็บโครงสร้างฟองไว้ ในขณะที่โครงสร้างของการทำแห้งโดยใช้ลมนั้นมีการกระจายตัวทั้งหมด ผลทางประสาทสัมผัสแสดงให้เห็นว่าโฟมโยเกิร์ตที่ทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งมีระดับความแข็งและความกรอบมากกว่าโฟมทำแห้งโดยใช้ลม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Archaina และคณะ (2019) ศึกษาการพัฒนาลูกอมเบอร์รี่ที่ทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งเพื่อเป็นทางเลือกที่ดีต่อสุขภาพแทนลูกอมแบบดั้งเดิม ทำการพัฒนาสูตรโดยใช้แบล็คเคอแรนท์ โยเกิร์ต และใช้สารให้ความหวานที่แตกต่างกัน คือ สูตร 1 สำหรับเด็ก ใช้น้ำผึ้งและไอโซมอลท์ สูตรที่ 2 สำหรับผู้ใหญ่ ใช้ไอโซมอลท์และหญ้าหวาน ผลการทดลองพบว่า สูตรที่ 1 มีปริมาณน้ำและค่า water activity สูงกว่าสูตรที่ 2 ดังนี้ สูตรที่ 1: 2.93 ± 0.19 (g H_2O / ตัวอย่าง 100 กรัม) และ a_w 0.36 ± 0.06; สูตรที่ 2 : 1.79 ± 0.16 g H_2O / ตัวอย่าง 100 กรัม และ a_w 0.27 ± 0.06 ลูกอมทั้งสองสูตรมีค่าสีออกสีชมพู (สูตรที่ 1 : a * = 23.06 ± 3.18, b * = 4.35 ± 1.07; สูตรที่ 2 : a * = 35.42 ± 2.08, b * = 1.14 ± 0.88) อย่างไรก็ตามความสว่างของสูตรที่ 2 (41.03 ± 1.37) สูงกว่าสูตรที่ 1 (15.31 ± 2.42) จากการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสพบว่าประมาณร้อยละ 80 ของผู้บริโภคมีความพึงพอใจต่อลูกอม ที่ได้จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสเชิงปริมาณเพื่ออธิบายคุณลักษณะของเนื้อสัมผัส พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงเนื้อสัมผัสของลูกอมตลอดช่วงการเก็บรักษาซึ่งส่วนใหญ่มีความแข็งและความกรอบลดลง ผลการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของลูกอมทั้งสองสูตรมีดังนี้ สูตรที่ 1 : 4.53 ± 0.59 และ สูตรที่ 2 : 4.24 ± 0.29 มิลลิโมลของ Trolox/กิโลกรัม

Cui และคณะ (2018) ได้ศึกษาผลกระทบของวิธีการทำแห้งที่แตกต่างกัน 4 วิธี ต่อคุณภาพสีเนื้อสัมผัส คุณภาพทางประสาทสัมผัส โครงสร้าง การรอดชีวิตของแบคทีเรีย และระยะเวลาในการเก็บรักษาของขนมขบเคี้ยวที่มีส่วนผสมของแอปเปิ้ลและจุลินทรีย์โพรไบโอติก โดยวิธีการทำแห้งที่ใช้ได้แก่ การทำแห้งด้วยอากาศ (AD) การทำแห้งแช่เยือกแข็ง (FD) การทำแห้งแช่เยือกแข็งตามด้วยการทำแห้งด้วยสุญญากาศไมโครเวฟ (FD + MVD) และการทำแห้งด้วยอากาศตามด้วยการทำแห้งแบบพัฟ (AD + EPD) จากผลการทดลอง พบว่า โดยภาพรวมแล้ววิธี FD + MVD สามารถใช้เป็นวิธีการทำแห้งที่เหมาะสมสำหรับการพัฒนาขนมขบเคี้ยวที่เสริมด้วยโพรไบโอติก โดยพิจารณาจากสี คุณภาพทางประสาทสัมผัส การรอดชีวิตของแบคทีเรีย และระยะเวลาในการเก็บรักษา จุลินทรีย์โพรไบโอติกในตัวอย่างที่ทำแห้งแบบ FD + MVD ยังคงสูงถึง 1 x 10^6 CFU/กรัม ในระยะเวลา 120 วัน ที่ 25 องศาเซลเซียส การมีชีวิตรอดของแบคทีเรียในตัวอย่างที่ผ่านการทำแห้งด้วยวิธี FD + MVD สูงกว่าตัวอย่างที่ทำแห้งด้วยวิธี FD อย่างมีนัยสำคัญระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 120 วัน

Maganha และคณะ (2014) ได้ศึกษาผลของนมผงขาดมันเนย (ร้อยละ 0, 5, 10 และ 15 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร) และน้ำตาล (ร้อยละ 0 และ 10 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร) ต่อการรอดชีวิตของจุลินทรีย์โพรไบโอติกและคุณภาพของนมหมัก โดยนำนมหมักที่ได้ไปวิเคราะห์ทางเคมีฟิสิกส์ จุลชีววิทยาและประสาทสัมผัสในวันที่ 1, 10 และ 21 หลังจากผลิต ผลการทดลองพบว่าปริมาณน้ำตาลไม่ส่งผลต่อการเจริญของจุลินทรีย์โพรไบโอติกในนมหมัก แต่การเติมนมผงร้อยละ 10 – 15 มีผลต่อปริมาณของจุลินทรีย์โพรไบโอติก ซึ่งมีจำนวนมากกว่า 6 log colony-forming units (CFU)/g

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

วิธีการดำเนินการวิจัย

3.1 วัตถุดิบและอุปกรณ์

3.1.1 วัตถุดิบที่ใช้ในการทดลอง

1. กลิ่นสตรอว์เบอร์รี่สังเคราะห์
2. นมผงขาดมันเนย (Skim milk powder) ยี่ห้อ Dairy farm
3. นมสดพาสเจอไรส์รสจืด ยี่ห้อ meiji
4. น้ำตาลทราย
5. บีทรูท (*Beta vulgaris L.*) ซื้อจากซุปเปอร์มาร์เก็ตเขตมีนบุรี กรุงเทพมหานคร
6. หัวเชื้อโยเกิร์ตผงชนิด Freeze-dried FD-DVS YC-380 ที่เป็นเชื้อผสมระหว่าง *Streptococcus thermophilus* และ *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* จากบริษัทเบรนเทค อินกรีเดียน ประเทศไทย

3.1.2 สารเคมีและอาหารเลี้ยงเชื้อ

1. กรดแกลลิก (Gallic acid) ยี่ห้อ Sigma Aldrich ประเทศเยอรมัน
2. โซเดียมคาร์บอเนต ยี่ห้อ Ajax Finechem ประเทศออสเตรเลีย
3. โซเดียมคลอไรด์ (NaCl) ยี่ห้อ Ajax Finechem
4. โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ยี่ห้อ Ajax Finechem
5. โซเดียมคาร์บอเนต ($NaCO_3$) ยี่ห้อ Ajax Finechem
6. ไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟต (Na_2HPO_4) ยี่ห้อ Ajax Finechem
7. บิวทิลเลทไฮดรอกซีโทลูอีน (Butylated hydroxytoluene หรือ BHT)
8. น้ำยาทดสอบฟอลินซิโอแคลตู (Folin-Ciocalteu reagent)
9. โพแทสเซียมคลอไรด์ (KCl) ยี่ห้อ Ajax Finechem
10. โพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต (KH_2PO_4) ยี่ห้อ Ajax Finechem
11. ฟีนอล์ฟทาลีน
12. มอลโตเดกซ์ตริน DE10-12 ประเทศจีน
13. เมทานอล ความเข้มข้นร้อยละ 80
14. วุ้น (Agar)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

15. สารละลาย DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) ยี่ห้อ Sigma
16. MRS ยี่ห้อ Himedia
17. แอลกอฮอล์ ความเข้มข้นร้อยละ 70
18. แอลกอฮอล์ ความเข้มข้นร้อยละ 95

3.1.3 อุปกรณ์และเครื่องมือ

1. เครื่องปั่นเหวี่ยง (Centrifuge) ยี่ห้อ Hermle รุ่น Z326K ประเทศเยอรมนี
2. เครื่องกวนสารละลาย (Magnetic stirrer)
3. เครื่องเขย่าสารละลาย (Vortex Mixer) Scientific Industries รุ่น G560E ประเทศสหรัฐอเมริกา
4. เครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง ยี่ห้อ Denver Instrument รุ่น SI-234 ประเทศเยอรมนี
5. เครื่องตีบดอาหาร (Stomacher) ยี่ห้อ BagMixer
6. เครื่องทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง (Freeze dry) ยี่ห้อ Heto รุ่น LyoLab 3000
7. เครื่องนึ่งฆ่าเชื้อ (Autoclave) ยี่ห้อ HIRAYAMA รุ่น HV-25/50/85/110 ประเทศญี่ปุ่น
8. เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง (UV Spectrophotometer) ยี่ห้อ Shimadzu รุ่น UV-1800
9. เครื่องวิเคราะห์เนื้อสัมผัส (Texture analyzer) ยี่ห้อ Lloyd Instruments รุ่น TA plus
10. เครื่องวัดความหนืด (Viscometer) ยี่ห้อ brookfiled รุ่น DV-II+
11. เครื่องวัดพีเอช (pH meter) ยี่ห้อ SevenCompact รุ่น S220-Kit ประเทศเยอรมนี
12. เครื่องวัดสี (Colorimeter) รุ่น MiniScan EZ
13. ตู้แช่เยือกแข็ง (Freezer) ยี่ห้อ Thermo Scientific รุ่น TSU Series
14. ตู้ปลอดเชื้อ (Laminar Flow) ยี่ห้อ Heal Force รุ่น AlphaClean 1300 ประเทศจีน
15. ตู้อบลมร้อน (Hot Air Oven) ยี่ห้อ Conthern รุ่น 7050 ประเทศนิวซีแลนด์
16. อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ (Water Bath) ยี่ห้อ memmert

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 วิธีการทดลอง

3.2.1 ศึกษาปริมาณหางนมที่เหมาะสมในการผลิตขนมขบเคี้ยวจากโยเกิร์ต

3.2.1.1 การเตรียมหัวเชื้อโยเกิร์ต

1. ตวงนมสดพาสเจอไรส์รสจืดปริมาตร 200 มิลลิลิตรใส่ในหม้อ นำไปให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลาเวลา 5 นาที จากนั้นทำให้ส่วนผสมของนมเย็นลงประมาณ 43 องศาเซลเซียส

2. เติมหัวเชื้อโยเกิร์ตชนิดฟรีซดราย YC-380 ลงในส่วนผสมของนมร้อยละ 0.3 โดยปริมาตร คนส่วนผสมของนมให้เข้ากันกับหัวเชื้อ

3. ตักส่วนผสมของนมที่เติมหัวเชื้อแล้ว ลงในภาชนะบรรจุที่ผ่านการฆ่าเชื้อและปิดฝาภาชนะบรรจุให้สนิท

4. นำไปบ่มในตู้บ่มที่มีอุณหภูมิ 42 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 ชั่วโมง ทำการทดลองทั้งหมด 3 ซ้ำ จากนั้นสุ่มตัวอย่างมาทำการตรวจนับจำนวนแบคทีเรียกรดแลคติกทั้งหมด ซึ่งผลการตรวจวิเคราะห์ พบว่าหัวเชื้อโยเกิร์ตที่ได้มีจำนวนแบคทีเรียกรดแลคติกทั้งหมดเท่ากับ 1.67×10^5 CFU/g

3.2.1.2 การเตรียมโยเกิร์ตที่แปรปริมาณหางนมผงระดับต่างๆ

1. ตวงนมสดพาสเจอร์ไรส์รสจืดปริมาตร 1 ลิตรใส่ในหม้อ นำไปให้ความร้อนที่อุณหภูมิประมาณ 50 องศาเซลเซียส เติมน้ำตาลทรายร้อยละ 7 ต่อปริมาตร มอลโตเดกซ์ตรินร้อยละ 3 ต่อปริมาตร และทดลองแปรปริมาณหางนมผงเป็นร้อยละ 5, 10 และ 15 ของปริมาตรนมสด จากนั้นคนส่วนผสมให้เข้ากัน

2. เร่งไฟจนส่วนผสมของนมมีอุณหภูมิประมาณ 90 องศาเซลเซียส จับเวลา 5 นาที จากนั้นทำให้ส่วนผสมของนมเย็นลงประมาณ 45 องศาเซลเซียส

3. เติมหัวเชื้อโยเกิร์ตที่เตรียมตามหัวข้อ 3.2.1.1 ลงไปร้อยละ 5 โดยปริมาตร คนส่วนผสมของนมและหัวเชื้อให้เข้ากันดี

4. ทำการบ่มที่อุณหภูมิ 42 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 16 ชั่วโมง จากนั้นนำโยเกิร์ตที่ได้ไปตรวจวิเคราะห์คุณภาพ ได้แก่ วิเคราะห์ความเป็นกรด-ด่าง โดยใช้เครื่อง pH meter, วิเคราะห์ค่าความหนืด โดยใช้เครื่อง viscometer, วิเคราะห์ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปของกรดแลคติก วิเคราะห์ปริมาณความชื้นและปริมาณของแข็งทั้งหมด ตามวิธีการของ AOAC (2000) และตรวจวิเคราะห์จำนวนแบคทีเรียกรดแลคติกทั้งหมด โดยใช้เทคนิคการ Pour plate โดยใช้อาหารแข็ง MRS ตามวิธีการของ (Wang และคณะ, 2016)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.1.3 การเตรียมโยเกิร์ตเข้มข้น

1. นำโยเกิร์ตที่ผ่านการบ่ม 16 ชั่วโมง จากข้อ 3.2.1.2 มากรองเพื่อเอาน้ำหางนมออกด้วยผ้าขาวบางที่ฆ่าเชื้อแล้ว และนำไปเก็บไว้ในตู้เย็นที่อุณหภูมิประมาณ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เพื่อให้น้ำหางนมออกให้หมดจนได้เป็นโยเกิร์ตเข้มข้น

2. นำโยเกิร์ตเข้มข้นที่ได้ไปตรวจวิเคราะห์คุณภาพ ได้แก่ วิเคราะห์ความหนืด, ปริมาณความเป็นกรด-ด่าง, ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปของกรดแลคติก, ปริมาณความชื้น, ปริมาณของแข็งทั้งหมด และตรวจวิเคราะห์จำนวนแบคทีเรียกรดแลคติกทั้งหมด

3.2.1.4 การผลิตขนมขบเคี้ยวจากโยเกิร์ต

นำโยเกิร์ตเข้มข้นจากข้อ 3.2.1.3 ใส่ลงในถุงบีบ และบีบเป็นรูปร่างที่มีขนาดกว้าง × ยาว × สูง ประมาณ 1 × 1 × 1 เซนติเมตรลงบนภาชนะ จากนั้นนำไปแช่แข็งที่ตู้ -80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วจึงทำแห้งด้วยเครื่อง freeze dry เป็นเวลา 10 ชั่วโมง นำขนมขบเคี้ยวจากโยเกิร์ตที่ได้ไปตรวจวิเคราะห์คุณภาพ ได้แก่ วิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัส โดยใช้เครื่อง Texture analyzer, ปริมาณความเป็นกรด-ด่าง, ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปของกรดแลคติก, ตรวจวิเคราะห์จำนวนแบคทีเรียกรดแลคติกที่รอดชีวิต และการทดสอบความชอบทางประสาทสัมผัสโดยวิธีการชิมแบบให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ (9-Point hedonic scale) (แบบประเมินคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสแสดงในภาคผนวก ค)

3.2.2 ศึกษาปริมาณบีทรูทผงที่เหมาะสมในการผลิตขนมขบเคี้ยวจากโยเกิร์ต

3.2.2.1 การเตรียมบีทรูทผงชนิดฟรีซดราย (Freeze dry)

1. นำบีทรูทมาล้างน้ำให้สะอาด ปอกเปลือกและนำมาหั่นเป็นชิ้นเล็ก จากนั้นบดให้ละเอียด และเติมมอลโตเดกซ์ตรินร้อยละ 10 โดยน้ำหนัก คนส่วนผสมจนเป็นเนื้อเดียวกัน

2. นำส่วนผสมของบีทรูทใส่ลงในเพลทแก้วเกลี่ยส่วนผสมให้มีความหนาประมาณ 0.5 เซนติเมตร จากนั้นนำไปแช่แข็งที่ตู้ -80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง และทำแห้งด้วยเครื่อง freeze dry เป็นเวลา 10 ชั่วโมง

3. นำบีทรูทที่แห้งมาปั่นให้เป็นผงละเอียดด้วยเครื่องปั่นไฟฟ้า และร่อนผ่านตะแกรงขนาด 300 เมช บรรจุลงในภาชนะปิดสนิท

4. นำบีทรูทผงที่ได้มาวิเคราะห์คุณภาพ ได้แก่ วิเคราะห์ค่าสี โดยใช้เครื่องวัดสี ยี่ห้อ Lloyd, วิเคราะห์ปริมาณบีตาเลนในรูปของบีตาไซยานินและบีตาแซนทีน โดยดัดแปลงจากวิธีการของ Nilsson (1970), วิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกด้วยวิธี Folin-Ciocalteu โดยดัดแปลงจากวิธีการของ Chidambara (2002) และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH scavenging assay โดยดัดแปลงวิธีการของ Stankovic (2011)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2.2 การผลิตขนมขบเคี้ยวจากโยเกิร์ตผสมบีทรูทผง

1. เตรียมโยเกิร์ตเข้มข้นตามวิธีการในหัวข้อ 3.2.1.3 จากนั้นผสมบีทรูทผงที่เติมมอลโตเดกซ์ตรินร้อยละ 10 จากข้อ 3.2.2.1 โดยแปรปริมาณบีทรูทผงเป็นร้อยละ 4, 6 และ 8 โดยน้ำหนัก คนส่วนผสมให้เข้ากัน

2. นำส่วนผสมใส่ในถุงบีบ และบีบเป็นรูปร่างลงบนภาชนะ จากนั้นนำไปแช่แข็งที่ตู้ -80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง และทำแห้งด้วยเครื่อง freeze dry เป็นเวลา 10 ชั่วโมง

3. นำขนมขบเคี้ยวจากโยเกิร์ตที่ได้ไปทำการวิเคราะห์คุณภาพ ได้แก่ วิเคราะห์ค่าสี, ลักษณะเนื้อสัมผัส, ปริมาณบีตาเลนในรูปของบีตาไซยานินและบีตาแซนทีน, ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก, ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH, วิเคราะห์จำนวนแบคทีเรียกรดแลคติกทั้งหมด และวิเคราะห์ทางประสาทสัมผัส

3.2.3 การตรวจวิเคราะห์คุณภาพ

3.2.3.1 การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ

1) วัดค่าสี โดยเครื่อง Colorimeter รุ่น MiniScan EZ

นำตัวอย่างไปบดละเอียดให้เป็นเนื้อเดียวกัน จากนั้นนำไปบรรจุในถ้วยสำหรับใส่ตัวอย่าง โดยอัดตัวอย่างให้แน่นไม่ให้มีช่องว่าง และนำไปวัดค่าสีในระบบ $L^* a^* b^*$ โดยวัดค่า L* (ความสว่าง ; สีขาว = 100 สีดำ = 0) a* (สีแดง ; + สีแดง : - สีเขียว) และ b* (สีเหลือง ; + สีเหลือง : - สีน้ำเงิน)

2) วิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัส (Texture analysis)

นำขนมขบเคี้ยวจากโยเกิร์ต ไปวัดเนื้อสัมผัสด้วยเครื่อง Texture analyzer โดยใช้หัววัดรูปใบมีด แรงกด 5 กิโลกรัม ความเร็วในการกด 2.5 มิลลิเมตร/วินาที วัดค่าแรงตัดขาดของขนมขบเคี้ยว (Hardness) ทำการวิเคราะห์ตัวอย่างละ 3 ซ้ำ

3) วิเคราะห์ค่าความหนืด

ชั่งตัวอย่างโยเกิร์ตประมาณ 80 กรัม ใส่ลงในบีกเกอร์ นำไปวัดค่าความหนืด (viscosity) ด้วยเครื่องวัดความหนืดแบบบรุคฟิลด์ (Brookfiled Viscometer) โดยใช้หัววัดเบอร์ 5 เพื่อหาค่าร้อยละ Torque และนำไปคำนวณหาค่าความหนืดสัมบูรณ์ โดยรายงานเป็นหน่วยเซนติพอยส์ (centipoises) ดังสมการ

$$\text{ความหนืดสัมบูรณ์ (cP)} = \frac{100}{\text{RPM}} \times \text{TK} \times \text{SMC} \times \text{Torque}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.3.2 การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

1) วิเคราะห์ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปของกรดแลคติก (AOAC, 2000)

นำตัวอย่าง 10 กรัม ผสมกับน้ำปลอดคาร์บอนปริมาตร 90 มิลลิลิตร จากนั้นผสมให้เข้ากันและหยดสารละลายฟีนอล์ฟทาลีนจำนวน 3 หยด ไตเตรทด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ที่มีความเข้มข้น 0.1 นอร์มอล จนกระทั่งถึงจุดยุติแล้วนำปริมาตรที่ได้มาคำนวณตามสูตร ดังนี้

$$\text{ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปของกรดแลคติก (ร้อยละ)} = \frac{N \times V \times MW}{W \times 1000} \times 100$$

โดย N คือ ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์
V คือ ปริมาตรของโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ไตเตรท
MW คือ มวลโมเลกุลของกรดแลคติก
W คือ น้ำหนักของตัวอย่าง หน่วยเป็นกรัม

2) วิเคราะห์ปริมาณความชื้นและปริมาณของแข็งทั้งหมด (AOAC, 2000)

ชั่งตัวอย่างประมาณ 2 กรัม (ให้ทราบน้ำหนักที่แน่นอน) ใส่ลงในถ้วยที่มีฝาปิด โดยผ่านการอบไล่ความชื้นและทราบน้ำหนักที่แน่นอนแล้ว นำไปอบที่ตู้อบลมร้อนอุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง จากนั้นนำถ้วยที่มีตัวอย่างพร้อมฝาถ้วยออกมาและทำให้เย็นโดยใส่ในโถดูดความชื้น (Dessicator) ปล่อยทิ้งไว้จนอุณหภูมิเท่ากับอุณหภูมิห้อง จากนั้นนำมาชั่งน้ำหนักให้แน่นอนด้วยเครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง ทำการอบซ้ำจนน้ำหนักคงที่ จากนั้นนำไปคำนวณหาร้อยละปริมาณความชื้นและร้อยละปริมาณของแข็งทั้งหมดตามสูตร ดังนี้

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

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

โดย W_1 = น้ำหนักของถ้วยอะลูมิเนียมพร้อมฝาปิด (กรัม)
W_2 = น้ำหนักของถ้วยอะลูมิเนียมพร้อมฝาปิดและตัวอย่างก่อนอบ (กรัม)
W_3 = น้ำหนักของถ้วยอะลูมิเนียมพร้อมฝาปิดและตัวอย่างหลังอบ (กรัม)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) วิเคราะห์ปริมาณบีตาเลนในรูปของบีตาไซยานินและบีตาแซนทีน โดยดัดแปลงจากวิธีการของ Nilsson (1970)

1. การเตรียมสารสกัดตัวอย่าง (Demirci และคณะ, 2017)

1.1 นำตัวอย่าง 3 กรัม ผสมกับสารละลายเมทานอล ร้อยละ 80 ในอัตราส่วน 1 : 5 ปริมาตร 25 มิลลิลิตร จากนั้นผสมให้เป็นเนื้อเดียวกัน ทิ้งไว้ 30 นาที

1.2 นำไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็ว 7200 รอบต่อนาที เป็นเวลา 10 นาที ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

1.3 กรองส่วนใสด้วยกระดาษกรอง (Whatman No. 1) จากนั้นนำของเหลวที่ผ่านการกรองมาปั่นเหวี่ยงอีกครั้งที่สภาวะเดียวกัน เก็บส่วนใสที่ได้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เพื่อทำการวิเคราะห์ต่อไป

2. การวิเคราะห์ปริมาณบีตาเลน

นำสารสกัดตัวอย่างไปเจือจางด้วยสารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์ ความเข้มข้น 0.05 โมลาร์ ซึ่งมีค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 6.5 จนได้ระดับความเจือจางที่เหมาะสม (ค่าการดูดกลืนแสงอยู่ในช่วง 0.2 - 0.8) แล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 538 และ 476 นาโนเมตร สำหรับการวิเคราะห์บีตาไซยานินและบีตาแซนทีน ตามลำดับ จากนั้นนำไปคำนวณปริมาณบีตาเลนในรูปของบีตาไซยานินและบีตาแซนทีนตามสมการ ดังนี้

$$\text{ความเข้มข้นของปริมาณบีตาเลน (มิลลิกรัม/ลิตร)} = \frac{A \times DF \times MW \times 1000}{e \times l}$$

โดย A คือ ค่าการดูดกลืนแสง

DF คือ Dilution factor เช่น ถ้าใช้ตัวอย่าง 0.5 มิลลิลิตร เจือจางด้วยตัวทำละลายจนมีปริมาตรเป็น 3 มิลลิลิตรใช้ค่า DF เท่ากับ 6

MW คือ มวลโมเลกุลของบีตาไซยานิน 550 กรัม/โมล และมวลโมเลกุลของบีตาแซนทีน 308 กรัม/โมล

e คือ ค่าคงที่ของค่าการดูดกลืนแสง โดยบีตาไซยานิน มีค่าเท่ากับ 60,000 ลิตร/โมล เซนติเมตร และบีตาแซนทีน มีค่าเท่ากับ 48,000 ลิตร/โมล เซนติเมตร

l คือ ความกว้างของคิวเวต มักมีค่าเป็น 1 เซนติเมตร

4) วิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก (Phenolic compound) ด้วยวิธี Folin-Ciocalteu โดยดัดแปลงจากวิธีของ Chidambara (2002) ซึ่งมีวิธีการดังนี้

1. ปิเปตสารสกัดตัวอย่างปริมาตร 400 ไมโครลิตร เติมสารละลาย Folin-Ciocalteu ความเข้มข้นร้อยละ 10 ปริมาตร 2 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ 5 นาที

2. เติมสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต ($NaCO_3$) ความเข้มข้นร้อยละ 7.5 ปริมาตร 1.6 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันและตั้งทิ้ง 30 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 765 นาโนเมตร จากนั้นนำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้มาคำนวณหาปริมาณของสารประกอบฟีนอลิกจากสมการเส้นตรงของกราฟมาตรฐานกรดแกลลิก (ความเข้มข้น 0.05 – 0.40 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร) โดยรายงานผลในหน่วย มิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิกต่อมิลลิลิตรของสารสกัด

5) วิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH scavenging assay โดยดัดแปลงจากวิธีของ Stankovic (2011) ซึ่งมีวิธีการดังนี้

1. นำสารสกัดตัวอย่าง ปริมาตร 500 ไมโครลิตร ผสมกับสารละลาย DPPH ความเข้มข้น 0.01 มิลลิโมลาร์ในเมทานอล ปริมาตร 3 มิลลิลิตร นำไปเก็บไว้ในที่มืดอุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 30 นาที

2. นำส่วนผสมที่ได้มาวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร โดยใช้ BHT เป็นสารมาตรฐาน

3. คำนวณร้อยละการยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH ดังสมการ

$$\text{ร้อยละการยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH} = \left[\frac{A_{\text{ตัวควบคุม}} - A_{\text{ตัวอย่าง}}}{A_{\text{ตัวควบคุม}}}\right] \times 100$$

โดย $A_{\text{ตัวควบคุม}}$ คือ ค่าการดูดกลืนแสงของตัวควบคุมที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร (ใช้ตัวควบคุมเป็นสารละลายเมทานอลผสมกับสารละลาย DPPH)

$A_{\text{ตัวอย่าง}}$ คือ ค่าการดูดกลืนแสงของสารสกัดตัวอย่างและสารละลาย DPPH ที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร

6) การวิเคราะห์ความเป็นกรด-ด่าง ด้วยเครื่องวัดพีเอชมิเตอร์

3.2.3.3 การตรวจวิเคราะห์จำนวนแบคทีเรียกรดแลคติกทั้งหมด (Wang และคณะ, 2016)

1. นำตัวอย่าง 25 กรัมใส่ในถุงปลอดเชื้อ และเติมสารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 225 มิลลิลิตร ทำให้เป็นเนื้อเดียวกันด้วยเครื่องตีบดผสมตัวอย่าง

2. ทำการเจือจางในหลอดทดลองที่มีสารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์ปริมาตร 9 มิลลิลิตร จนได้ระดับความเจือจางที่เหมาะสม

3. นำระดับความเจือจางที่เหมาะสม 3 ระดับความเจือจางไปเพาะเลี้ยงด้วยอาหารเลี้ยงเชื้อ MRS agar (De Man และคณะ, 1960) โดยใช้วิธี Pour plate technique

4. บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง และนับจำนวนโคโลนีที่เกิดขึ้น โดยเลือกเฉพาะโคโลนีที่อยู่ในช่วง 30 - 300 โคโลนี จากนั้นนำไปคำนวณจำนวนแบคทีเรียกรดแลคติกทั้งหมด รายงานเป็น Colony Forming Unit (CFU/g)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.3.4 การวิเคราะห์ทางประสาทสัมผัส

ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของขนมขบเคี้ยวจากโยเกิร์ต ได้แก่ ด้านความกรอบ ความเปรี้ยว รสชาติ และความชอบโดยรวม ด้วยวิธีการชิมแบบให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ (9 – Point Hedonic Scale) กำหนดให้ 1 คะแนน คือ ไม่ชอบมากที่สุด และ 9 คะแนน คือ ชอบมากที่สุด โดยใช้ผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 25 คน เป็นอาจารย์ เจ้าหน้าที่ และนักศึกษา สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

3.2.3.5 การวิเคราะห์ทางสถิติ

ทำการทดลองทั้งหมด 3 ซ้ำ นำผลที่ได้มาวิเคราะห์ผลทางสถิติโดยการหาค่าความแปรปรวน (ANOVA) และ Duncan's new multiple range test (DMRT) ในการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของข้อมูลแต่ละทรีทเมนท์ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$) ด้วยโปรแกรม SPSS (IBM,USA)

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

4.1 ศึกษาปริมาณหางนมผงที่เหมาะสมในการผลิตขนมขบเคี้ยวจากโยเกิร์ต

จากการศึกษาปริมาณหางนมผงที่เหมาะสมในการผลิตขนมขบเคี้ยวจากโยเกิร์ต โดยแปรปริมาณหางนมผงเป็นร้อยละ 5, 10 และ 15 จากนั้นนำตัวอย่างโยเกิร์ต โยเกิร์ตเข้มข้ม และขนมขบเคี้ยวจากโยเกิร์ตที่ได้ มาทำการศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางด้านเคมี กายภาพ จุลินทรีย์ และประสาทสัมผัส ได้ผลดังนี้

4.1.1 คุณภาพทางเคมีและกายภาพของโยเกิร์ต

จากการศึกษาการเปลี่ยนทางเคมีและกายภาพของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตที่เติมหางนมผงปริมาณร้อยละ 5, 10 และ 15 หลังจากกระบวนการหมักเป็นเวลา 16 ชั่วโมง (ตารางที่ 4.1) โดยศึกษาค่าความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปของกรดแลคติก ปริมาณความชื้น ปริมาณของแข็งทั้งหมด และความหนืด ได้ผลดังนี้

4.1.1.1 ค่าความเป็นกรด-ด่าง และปริมาณกรดทั้งหมดในรูปของกรดแลคติก

ค่าความเป็นกรด-ด่างของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตที่เติมหางนมผงปริมาณร้อยละ 5, 10 และ 15 พบว่าโยเกิร์ตมีค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 4.33±0.01, 4.20±0.01 และ 4.16±0.01 ตามลำดับ เมื่อเติมปริมาณหางนมผงเพิ่มขึ้นมีผลทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่างลดลง เมื่อนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่าค่าความเป็นกรด-ด่างของโยเกิร์ตที่เติมหางนมผงปริมาณร้อยละ 5, 10 และ 15 มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โยเกิร์ตที่เติมหางนมผงร้อยละ 15 มีปริมาณกรดแลคติกมากที่สุด ร้อยละ 1.53±0.02 รองลงมาคือโยเกิร์ตที่เติมหางนมผงร้อยละ 10 และ 5 มีปริมาณกรดแลคติกร้อยละ 1.15±0.02 และ 0.99±0.05 ตามลำดับ เมื่อนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่าปริมาณกรดทั้งหมดในโยเกิร์ตที่เติมหางนมผงร้อยละ 5, 10 และ 15 มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

เมื่อความเข้มข้นของหางนมผงที่เพิ่มขึ้นปริมาณกรดทั้งหมดในรูปของกรดแลคติกของโยเกิร์ตที่เพิ่มขึ้น ส่งผลให้ค่าความเป็นกรด-ด่างลดลง เนื่องจากหางนมผงมีส่วนประกอบของน้ำตาลแลคโตส โดยเชื้อจุลินทรีย์จะใช้น้ำตาลแลคโตสในน้ำนมเป็นแหล่งพลังงานในการเจริญเติบโตและสร้างกรดแลคติกออกมา ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Yanna และคณะ (2013) ที่ได้ศึกษาผลของนมพร่องมันเนยและการเติมเชื้อเริ่มต้นต่อการสร้างกรดแลคติกในโยเกิร์ตถั่วเหลือง พบว่า การเพิ่มความเข้มข้นของนมพร่องมันเนย ทำให้การสร้างกรดแลคติกเพิ่มขึ้นและค่าความเป็นกรด-ด่างลดลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 คุณภาพทางเคมีและกายภาพของโยเกิร์ตที่เติมหางนมผงปริมาณร้อยละ 5, 10 และ 15

ปริมาณหางนมผง (ร้อยละ)	คุณภาพทางเคมีและกายภาพ				
	ค่าความเป็นกรด-ด่าง	ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดแลคติก (ร้อยละ)	ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)	ปริมาณของแข็งทั้งหมด (ร้อยละ)	ความหนืด (เซนติพอยส์)
5	4.33^{a}±0.01	0.99^{c}±0.05	74.48^{a}±0.06	24.52^{c}±0.06	144.57^{c}±2.26
10	4.20^{b}±0.01	1.15^{b}±0.02	73.93^{b}±0.15	26.07^{b}±0.15	241.13^{b}±10.79
15	4.16^{c}±0.01	1.53^{a}±0.02	69.92^{c}±0.09	30.08^{a}±0.09	355.59^{a}±4.64

a-c : ตัวอักษรที่แตกต่างกันตามแนวตั้งแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

4.1.1.2 ปริมาณความชื้น ปริมาณของแข็งทั้งหมดและค่าความหนืด

จากการศึกษาปริมาณความชื้นของโยเกิร์ต พบว่าโยเกิร์ตที่เติมหางนมผงร้อยละ 5, 10 และ 15 มีปริมาณความชื้นร้อยละ 74.48±0.06, 73.93±0.15 และ 69.92±0.09 ตามลำดับ ซึ่งปริมาณความชื้นมีค่าลดลงเมื่อเพิ่มปริมาณของหางนมผงในโยเกิร์ต เมื่อนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าปริมาณความชื้นของโยเกิร์ตที่เติมหางนมผงร้อยละ 5, 10 และ 15 มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

เมื่อเติมหางนมผงในปริมาณที่เพิ่มขึ้นส่งผลทำให้ปริมาณของแข็งทั้งหมดในโยเกิร์ตมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โยเกิร์ตที่เติมหางนมผงร้อยละ 15 มีปริมาณของแข็งมากที่สุดคิดเป็นร้อยละ 30.08±0.09 รองลงมาคือ โยเกิร์ตที่เติมหางนมผงร้อยละ 10 และ 5 ซึ่งมีปริมาณของแข็งคิดเป็นร้อยละ 26.07±0.15 และ 24.52±0.06 ตามลำดับ และเมื่อนำโยเกิร์ตที่เติมหางนมผงในปริมาณต่างๆไปวัดค่าความหนืด พบว่าโยเกิร์ตที่เติมหางนมผงร้อยละ 15 มีค่าความหนืดสูงที่สุดเท่ากับ 355.59±4.64 เซนติพอยส์ รองลงมาคือโยเกิร์ตที่มีความเข้มข้นร้อยละ 10 และ 5 ซึ่งมีค่าความหนืดเท่ากับ 241.13±10.79 และ 144.57±2.26 เซนติพอยส์ ตามลำดับ ซึ่งค่าความหนืดของโยเกิร์ตทั้ง 3 ตัวอย่างมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

การเพิ่มปริมาณหางนมผงที่เพิ่มขึ้นส่งผลทำให้โยเกิร์ตมีปริมาณของแข็งทั้งหมดเพิ่มขึ้น เนื่องจากหางนมผงมีปริมาณของแข็งทั้งหมดประมาณร้อยละ 97 (นฤมล และคณะ, 2555) และการปรับปริมาณของแข็งที่ไม่ใช่ไขมันนมที่มีอยู่ในหางนมผงทำให้ปริมาณน้ำตาลแลคโตส โปรตีน และเกลือแร่เพิ่มขึ้นในส่วนผสมซึ่งมีผลโดยตรงต่อการลดลงของค่าความชื้น ดังนั้น

เอกสารนี้ ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยนเรศวร ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเพิ่มปริมาณหางนมผงจึงมีผลทำให้ค่าความชื้นลดลงตามปริมาณหางนมผงที่เพิ่มขึ้น นอกจากนี้ยังส่งต่อค่าความหนืดของโยเกิร์ต กล่าวคือปริมาณของแข็งในส่วนผสมที่ใช้เตรียมโยเกิร์ตยิ่งสูงผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตที่ได้ก็จะยิ่งมีความเหนียวข้นหนืด (จิระเดช, 2553) จากรายงานการวิจัยของ Damin และคณะ (2009) ที่ได้ศึกษาผลของการเติมหางนมผงในการเตรียมโยเกิร์ต พบว่าโปรตีนที่เพิ่มขึ้นมีผลทำให้มีพันธะโปรตีนเพิ่มขึ้นส่งผลต่อลักษณะที่ยืดหยุ่นของเจลทำให้โยเกิร์ตมีความข้นหนืดมากขึ้น

4.1.2 คุณภาพทางเคมีและกายภาพของโยเกิร์ตเข้มข้น

เมื่อนำโยเกิร์ตที่แปรปริมาณหางนมผงร้อยละ 5, 10 และ 15 มาผ่านกระบวนการกรองเอาน้ำหางนมออกจากเนื้อโยเกิร์ตเพื่อเตรียมเป็นโยเกิร์ตเข้มข้น พบว่าโยเกิร์ตเข้มข้นที่ได้มีลักษณะข้นเป็นเนื้อครีม ดังแสดงในรูป 4.1 จากนั้นนำเอาโยเกิร์ตที่ได้มาวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปของกรดแลคติก ปริมาณความชื้น ปริมาณของแข็งทั้งหมด และความหนืด ได้ผลดังนี้

รูปที่ 4.1 ลักษณะของโยเกิร์ตเข้มข้นเมื่อกรองส่วนของหางนมออกจากโยเกิร์ต

4.1.2.1 ค่าความเป็นกรด-ด่าง และปริมาณกรดทั้งหมดในรูปของกรดแลคติก

ค่าความเป็นกรด-ด่างของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตเข้มข้น พบว่ามีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับโยเกิร์ต โดยโยเกิร์ตเข้มข้นที่เติมหางนมผงเข้มข้นร้อยละ 5, 10 และ 15 มีค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 4.47±0.02, 4.32±0.02 และ 4.25±0.03 ตามลำดับ และเมื่อนำโยเกิร์ตเข้มข้นที่ได้ไปวิเคราะห์ปริมาณกรดในรูปกรดแลคติก พบว่าโยเกิร์ตเข้มข้นที่เติมหางนมผงเข้มข้นร้อยละ 5, 10 และ 15 มีปริมาณกรดทั้งหมดร้อยละ 0.90±0.02, 1.06±0.02 และ 1.39±0.04 ตามลำดับ

จากการทดลองเมื่อกรองเอาน้ำหางนมออกจากโยเกิร์ตพบว่ามีผลทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่างเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับโยเกิร์ต เนื่องจากน้ำหางนมอุดมไปด้วยกรดอะมิโนจำเป็น น้ำตาลแลคโตส แคลเซียม แร่ธาตุ วิตามิน และกรดอินทรีย์ชนิดต่างๆ (Momen, 2019) เมื่อกรองส่วนของน้ำหางนมออกไปส่งผลทำให้ปริมาณกรดลดลงและค่าความเป็นกรด-ด่างเพิ่มขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 คุณภาพทางเคมีและกายภาพของโยเกิร์ตเข้มข้นที่เติมหางนมผงปริมาณร้อยละ 5, 10 และ 15

ปริมาณหางนมผง (ร้อยละ)	คุณภาพทางเคมีและกายภาพ				
	ค่าความเป็นกรด-ด่าง	ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดแลคติก (ร้อยละ)	ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)	ปริมาณของแข็งทั้งหมด (ร้อยละ)	ความหนืด (เซนติพอยส์)
5	4.47^{a}±0.02	0.90^{c}±0.02	68.13^{a}±0.24	31.87^{b}±0.24	1340.14^{c}±8.29
10	4.32^{b}±0.02	1.06^{b}±0.02	67.30^{a}±0.21	32.69^{b}±0.21	2741.87^{b}±233.93
15	4.25^{c}±0.03	1.39^{a}±0.04	63.95^{b}±0.69	36.05^{a}±0.69	9270.95^{a}±447.69

a-c : ตัวอักษรที่แตกต่างกันตามแนวตั้งแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

4.1.2.2 ปริมาณความชื้น ปริมาณของแข็งทั้งหมด และค่าความหนืด

เมื่อนำโยเกิร์ตเข้มข้นมาวิเคราะห์ปริมาณความชื้น พบว่าโยเกิร์ตเข้มข้นมีปริมาณความชื้นลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับโยเกิร์ต โยเกิร์ตเข้มข้นที่เติมหางนมผงร้อยละ 5, 10 และ 15 มีค่าความชื้นร้อยละ 68.13±0.24, 67.30±0.21 และ 63.95±0.69 ตามลำดับ หลังจากกระบวนการกรองได้เป็นโยเกิร์ตเข้มข้น พบว่าโยเกิร์ตเข้มข้นที่ได้มีปริมาณของแข็งทั้งหมดเพิ่มขึ้น โดยโยเกิร์ตเข้มข้นที่เติมหางนมผงร้อยละ 5, 10 และ 15 มีปริมาณของแข็งทั้งหมดร้อยละ 31.87±0.24, 32.69±0.21 และ 36.05±0.69 ตามลำดับ จากการวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่าปริมาณของแข็งทั้งหมดของโยเกิร์ตที่เติมหางนมผงร้อยละ 15 มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) กับโยเกิร์ตเข้มข้นที่เติมหางนมผงร้อยละ 5 และ 10 จากนั้นนำโยเกิร์ตเข้มข้นที่ได้นำไปวัดค่าความหนืด พบว่ามีค่าความหนืดเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับโยเกิร์ต โดยมีค่าความหนืดเท่ากับ 1340.14±8.29, 2741.87± 233.93 และ 9270.95±447.69 ตามลำดับ และจากการวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่าค่าความหนืดของโยเกิร์ตเข้มข้นทั้ง 3 ตัวอย่างมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

การกรองน้ำหางนมออกจากโยเกิร์ตมีผลทำให้ปริมาณของแข็งเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะองค์ประกอบของโปรตีนที่เพิ่มขึ้นจึงส่งผลทำให้ค่าความหนืดของโยเกิร์ตเข้มข้นสูงขึ้น และจากผลการทดลองค่าความหนืดของโยเกิร์ตเข้มข้นมีค่าความหนืดมากกว่าโยเกิร์ต เนื่องจากลักษณะสำคัญของกรีกโยเกิร์ตคือเนื้อสัมผัสมีความเหนียวข้นและเป็นครีมเมื่อเทียบกับโยเกิร์ตแบบดั้งเดิม (Costa และคณะ, 2019)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.3 คุณภาพทางเคมีและกายภาพของขนมเคี้ยวจากโยเกิร์ต

จากการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีและกายภาพของขนมขบเคี้ยวจากโยเกิร์ตที่เตรียมจากโยเกิร์ตที่เติมหางนมผงร้อยละ 5, 10 และ 15 โดยน้ำหนัก จากนั้นทำให้อยู่ในรูปของโยเกิร์ตเข้มข้นขึ้นรูปและนำไปผ่านการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งเป็นเวลา 10 ชั่วโมง และนำผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวที่ได้มาวิเคราะห์ความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปของกรดแลคติก และคุณลักษณะเนื้อสัมผัส (Hardness) ได้ผลดังนี้

4.1.3.1 ค่าความเป็นกรด-ด่าง และปริมาณกรดทั้งหมดในรูปของกรดแลคติก

จากการศึกษาค่าความเป็นกรด-ด่างของขนมขบเคี้ยวจากโยเกิร์ตที่เติมหางนมผงเข้มข้นร้อยละ 5, 10 และ 15 พบว่ามีค่าความเป็นกรด-ด่างมีค่าเท่ากับ 4.39±0.02, 4.28±0.01 และ 4.19±0.01 ตามลำดับ ขนมขบเคี้ยวที่ได้มีค่าความเป็นกรด-ด่างลดลงเมื่อผ่านกระบวนการทำแห้ง และเมื่อนำขนมขบเคี้ยวจากโยเกิร์ตมาวิเคราะห์ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปของกรดแลคติก พบว่ามีปริมาณกรดทั้งหมดเพิ่มขึ้นคิดเป็นร้อยละ 0.95±0.03, 1.09±0.03 และ 1.42±0.01 ตามลำดับ โดยขนมขบเคี้ยวเมื่อผ่านกระบวนการทำแห้ง พบว่ามีปริมาณกรดทั้งหมดในรูปของกรดแลคติกเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับโยเกิร์ตเข้มข้น

ตารางที่ 4.3 ค่าความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปของกรดแลคติก และค่าความแข็งของขนมขบเคี้ยวจากโยเกิร์ตที่เติมหางนมผงเข้มข้นร้อยละ 5, 10 และ 15

ปริมาณหางนมผง (ร้อยละ)	คุณภาพทางเคมีและกายภาพ		
	ค่าความเป็นกรด-ด่าง	ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดแลคติก (ร้อยละ)	ค่าความแข็ง (Hardness, N)
5	4.39^{a}±0.02	0.95^{c}±0.02	7.48^{b}±0.70
10	4.28^{b}±0.01	1.09^{b}±0.03	8.32^{b}±0.18
15	4.19^{c}±0.01	1.42^{a}±0.01	9.67^{a}±0.48

a-c : ตัวอักษรที่แตกต่างกันตามแนวตั้งแสดงถึง ความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ทั้งนี้เนื่องจากการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งเป็นการระเหิดน้ำที่มีอยู่ในผลิตภัณฑ์ออกไปส่งผลให้ปริมาณกรดที่มีอยู่ในผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับโยเกิร์ตเข้มข้น สอดคล้องกับรายงานวิจัยของ Santos และคณะ (2018) ที่ศึกษาการพัฒนาและการยอมรับโยเกิร์ตชนิดผง พบว่าตัวอย่างโยเกิร์ตผงมีการเปลี่ยนแปลงทางเคมีกายภาพอย่างมีนัยสำคัญ โดยค่าความเป็นกรด-ด่างลดลงและปริมาณกรดเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับโยเกิร์ตแบบดั้งเดิม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.3.2 ค่าความแข็ง (Hardness) ของขนมขบเคี้ยวจากโยเกิร์ต

คุณลักษณะเนื้อสัมผัส โดยวัดเป็นค่าความแข็ง (Hardness) ของขนมขบเคี้ยวจากโยเกิร์ตที่เติมหางนมผงเข้มข้นร้อยละ 5, 10 และ 15 พบว่ามีค่าเท่ากับ 7.48±0.70, 8.32±0.18 และ 9.67±0.48 นิวตัน ตามลำดับ ค่าความแข็งของขนมขบเคี้ยวมีค่าเพิ่มขึ้น เนื่องจากการเพิ่มขึ้นของปริมาณโปรตีนในส่วนผสมของหางนมผงมีผลทำให้ค่าความแข็งเพิ่มขึ้น (Juchereau และคณะ, 2005) และงานวิจัยของ กชแก้ว และ ชวกร (2559) ได้ศึกษาการพัฒนาผลิตภัณฑ์โปรตีนบาร์จากข้าวกล้องและเวย์โปรตีน พบว่าปริมาณเวย์โปรตีนมีผลต่อเนื้อสัมผัส เมื่อปริมาณเวย์โปรตีนมากขึ้น ค่าความแข็งของผลิตภัณฑ์จะเพิ่มมากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ

4.1.4 ผลการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสของขนมขบเคี้ยวจากโยเกิร์ต

เมื่อนำเอาขนมขบเคี้ยวจากโยเกิร์ตมาประเมินคุณภาพด้านประสาทสัมผัสโดยวิธี hedonic scale scoring test แบบ 9 – point โดยใช้ผู้ทดสอบจำนวน 25 คน ประเมินคุณลักษณะทางด้านความกรอบ ความเปรี้ยว รสชาติ และความชอบโดยรวม ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 คะแนนความชอบทางด้านประสาทสัมผัสของโยเกิร์ตที่เติมหางนมผงในปริมาณต่างๆ

คุณลักษณะคุณภาพ	ปริมาณหางนมผง (ร้อยละ)		
	5	10	15
ความกรอบ	4.92^{b}±1.29	5.04^{b}±1.48	7.08^{a}±0.99
ความเปรี้ยว	6.04^{a}±1.21	6.48^{a}±1.33	6.52^{a}±1.16
รสชาติ	6.16^{b}±1.21	6.44^{ab}±1.29	6.96^{a}±1.02
ความชอบโดยรวม	5.88^{b}±1.36	6.32^{b}±1.14	7.36^{a}±0.81

a-b : ตัวอักษรที่แตกต่างกันตามแนวนอนแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

จากตารางที่ 4.4 พบว่า ขนมขบเคี้ยวจากโยเกิร์ตที่เติมหางนมผงร้อยละ 15 ได้รับคะแนนความชอบทางด้านความกรอบมากที่สุด รองลงมาคือปริมาณหางนมผงร้อยละ 10 และ 5 โดยมีคะแนนความชอบเท่ากับ 7.08±0.99, 5.04±1.48 และ 4.92±1.29 ตามลำดับ แต่คะแนนความชอบด้านความกรอบที่เติมหางนมผงร้อยละ 5 และ 10 พบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) ขนมขบเคี้ยวที่เติมหางนมผงเข้มข้นร้อยละ 5 มีลักษณะเนื้อสัมผัสกรอบร่วนทำให้มีคะแนนความชอบต่ำกว่าขนมขบเคี้ยวที่เติมหางนมผงร้อยละ 15 ที่มีความแข็งที่มากกว่า ทำให้ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบมากที่สุด

ความชอบด้านความเปรี้ยว พบว่าขนมขบเคี้ยวจากโยเกิร์ตที่เติมหางนมผงร้อยละ 15 มีคะแนนความชอบด้านความเปรี้ยวสูงสุดเท่ากับ 6.52±1.16 รองลงมาคือหางนมผงร้อยละ 10 และ 15 ซึ่งมีคะแนนความชอบเป็น 6.48±1.33 และ 6.04±1.21 ตามลำดับ อย่างไรก็ตามคะแนน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความชอบของขนมขบเคี้ยวทั้ง 3 สูตร พบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) จากการสอบถามผู้ทดสอบได้ให้ข้อคิดเห็นว่า ขนมขบเคี้ยวจากโยเกิร์ตที่เติมหางนมผงร้อยละ 15 มีความเปรี้ยวที่พอดีจึงทำให้มีคะแนนความชอบสูงกว่าสูตรที่เติมหางนมผงร้อยละ 5 และ 10 ในขณะที่ขนมขบเคี้ยวที่เติมหางนมผงเข้มข้นร้อยละ 5 มีความเปรี้ยวไม่มากนักจึงทำให้มีคะแนนความชอบต่ำกว่าที่สุด

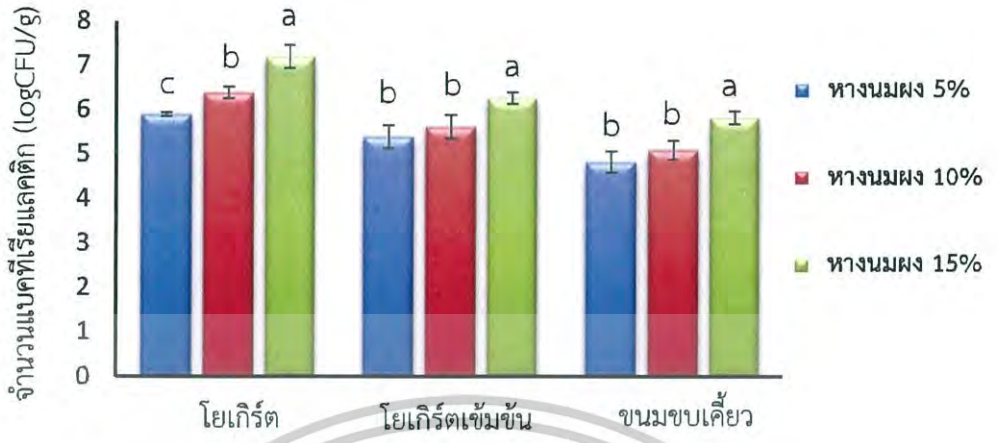
ด้านรสชาติ พบว่าขนมขบเคี้ยวจากโยเกิร์ตที่เติมหางนมผงเข้มข้นร้อยละ 5, 10 และ 15 มีคะแนนความชอบเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณหางนมผงเพิ่มขึ้นโดยมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 6.16±1.21, 6.44±1.29 และ 6.96±1.02 ตามลำดับ เมื่อนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าขนมขบเคี้ยวที่เติมหางนมผงปริมาณร้อยละ 15 มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับการเติมหางนมผงปริมาณร้อยละ 5 เนื่องจากปริมาณหางนมที่เพิ่มสูงขึ้นมีผลต่อรสชาติของขนมขบเคี้ยวจากโยเกิร์ต อาจเกิดจากความเปรี้ยวและปริมาณโปรตีนที่เพิ่มขึ้นในหางนมผงทำให้รสชาติของผลิตภัณฑ์มีความกลมกล่อมยิ่งขึ้น

และเมื่อพิจารณาความชอบโดยรวม พบว่าขนมขบเคี้ยวจากโยเกิร์ตที่เติมหางนมผงเข้มข้นร้อยละ 15 มีคะแนนความชอบมากที่สุดเท่ากับ 7.36±0.81 ซึ่งเป็นผลมาจากผลิตภัณฑ์ที่ได้มีคะแนนความชอบทางด้านความมกรอบ ความเปรี้ยว รสชาติ สูงกว่าขนมขบเคี้ยวที่เติมหางนมผงร้อยละ 5 และ 10 และคะแนนความชอบโดยรวมของขนมขบเคี้ยวที่เติมหางนมผงร้อยละ 5 และ 10 พบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ดังนั้นจึงเลือกขนมขบเคี้ยวจากโยเกิร์ตที่เติมหางนมผงเข้มข้นร้อยละ 15 เพื่อนำมาศึกษาการผลิตขนมขบเคี้ยวจากโยเกิร์ตที่ผสมบีทรูทผงต่อไป

4.1.5 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์

จากการวิเคราะห์ปริมาณแบคทีเรียแลคติกในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ต โยเกิร์ตเข้มข้น และขนมขบเคี้ยวจากโยเกิร์ต พบว่าเมื่อปริมาณหางนมเพิ่มขึ้นปริมาณแบคทีเรียแลคติกมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) แต่เมื่อเปรียบเทียบจำนวนแบคทีเรียแลคติกในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ต โยเกิร์ตเข้มข้น และขนมขบเคี้ยวจากโยเกิร์ต พบว่าจำนวนแบคทีเรียแลคติกมีแนวโน้มลดลง โดยโยเกิร์ตที่เติมหางนมผงร้อยละ 5, 10 และ 15 พบว่าโยเกิร์ตมีจำนวนแบคทีเรียแลคติกเท่ากับ 5.89, 6.38 และ 7.19 (logCFU/g) ตามลำดับ โยเกิร์ตเข้มข้นมีจำนวนแบคทีเรียแลคติกเท่ากับ 5.39, 5.61 และ 6.25 (logCFU/g) ตามลำดับ และขนมขบเคี้ยวจากโยเกิร์ตมีจำนวนแบคทีเรียแลคติกเท่ากับ 4.82 5.09 และ 5.82 (logCFU/g) ตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 4.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 ผลการวิเคราะห์จำนวนแบคทีเรียแลคติกในผลิตโยเกิร์ต โยเกิร์ตเข้มข้น และขนมขบเคี้ยวจากโยเกิร์ตที่เติมหางนมผงในปริมาณร้อยละ 5, 10 และ 15

การอยู่รอดของเชื้อแบคทีเรียแลคติกมีจำนวนเพิ่มขึ้น เมื่อปริมาณหางนมเพิ่มขึ้น เนื่องจากหางนมผงมีส่วนประกอบเป็นน้ำตาลแลคโตสสูงโดยเชื้อแบคทีเรียแลคติกใช้น้ำตาลแลคโตสเป็นแหล่งพลังงานในการเจริญเติบโตและเพิ่มจำนวนและสร้างกรดแลคติก (นันทพร, 2554) ซึ่งมีความสอดคล้องกับค่าความเป็นกรด-ด่างที่ลดลง และปริมาณกรดทั้งหมดในรูปของกรดแลคติกที่มีค่าเพิ่มขึ้น แต่เมื่อนำโยเกิร์ตมาผ่านกระบวนการกรองน้ำหางนมออก พบว่าการอยู่รอดของเชื้อแบคทีเรียแลคติกมีปริมาณลดลง เนื่องจากน้ำหางนมประกอบไปด้วย โปรตีน น้ำตาลแลคโตส แร่ธาตุ และส่วนประกอบอื่นๆ ซึ่งเป็นสารอาหารที่ช่วยในการเจริญของเชื้อ จากรายงานวิจัยของ Gyawali และ Ibrahim (2016) ได้ศึกษาผลของไฮโดรคอลลอยด์และสภาวะการแปรรูปต่อการผลิตเวย์กรด โดยอ้างอิงถึงกรีกโยเกิร์ต ได้อธิบายว่ากรีกโยเกิร์ตมีปริมาณแลคโตสต่ำกว่าโยเกิร์ตธรรมดา และขนมขบเคี้ยวจากโยเกิร์ตเมื่อผ่านกระบวนการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งจำนวนแบคทีเรียแลคติกมีปริมาณลดลง เนื่องจากการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งทำให้น้ำถูกกำจัดออกไป ส่งผลให้โปรตีนในเซลล์ถูกทำลายจึงมีผลต่อการอยู่รอดของจุลินทรีย์ทำให้จำนวนแบคทีเรียแลคติกมีจำนวนลดลง (ณรงค์, 2555) จากงานวิจัยของ Wang และคณะ (2005) ได้ศึกษาความอยู่รอดของแบคทีเรียกรดแลคติกในนมถั่วเหลืองหมักแห้งแบบแช่เยือกแข็ง พบว่าจำนวนแบคทีเรียแลคติกลดลง 0.12 - 0.13 logCFU/g

4.2 ศึกษาปริมาณบีทรูทผงที่เหมาะสมในการผลิตขนมขบเคี้ยวจากโยเกิร์ต

4.2.1 คุณภาพของบีทรูทผง

ทำการเตรียมบีทรูทผงโดยผสมมอลโตเดกซ์ตรินลงไปในบีทรูทที่บดละเอียดในปริมาณร้อยละ 10 จากนั้นนำไปทำแห้งโดยวิธีแช่เยือกแข็งเป็นเวลา 10 ชั่วโมง แล้วทำให้เป็นผงละเอียด จากนั้นนำบีทรูทผงที่ได้มาวิเคราะห์คุณภาพด้านสี ปริมาณบีตาเลนในรูปของบีตาไซยานินและบีตาแซนทีน ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH ได้ผลดังตารางที่ 4.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.5 คุณภาพทางเคมีและกายภาพของบีทรูทผง

คุณภาพทางเคมีและกายภาพ	ค่าที่ได้
ค่าสี	
L^*	28.17±0.16
a^*	29.55±0.19
b^*	0.04±0.13
ปริมาณบีตาเลน (มิลลิกรัม/ลิตร) ในรูปของ	
บีตาไซยานิน	138.78±0.42
บีตาแซนทีน	105.55±0.11
ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก (มิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิก/มิลลิลิตรของสารสกัด)	0.96±0.00
ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH (ร้อยละ)	76.29±0.04

4.2.1.1 ผลการวิเคราะห์ค่าสี

จากการผลิตบีทรูทผง พบว่าบีทรูทผงที่ได้มีลักษณะเป็นผงละเอียด มีสีม่วงอมแดง (รูปที่ 4.3) เมื่อนำมาศึกษาค่าสีของบีทรูทผง แสดงในรูปของค่า L* a* b* โดยค่า L* หมายถึง ค่าความสว่าง ค่า a*(+) หมายถึง ความเป็นสีแดง ค่า a*(-) หมายถึง ความเป็นสีเขียว และค่า b*(+) หมายถึง ความเป็นสีเหลือง ค่า b*(-) หมายถึง ความเป็นสีน้ำเงิน พบว่าบีทรูทผงที่ได้มีค่า L^* เท่ากับ 28.17±0.16 ค่า a^* เท่ากับ 29.55±0.19 และค่า b^* มีค่าเท่ากับ 0.04±0.13 ตามงานวิจัยของ Ng และ Sulaiman (2017) ที่รายงานว่า ค่า L^* a^* และ b^* ของบีทรูทผงผสมมอลโตเดกซ์ตริน มีค่าเท่ากับ 47.41, 11.01 และ 1.51 ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าบีทรูทผงมีค่าความสว่างจากการเติมมอลโตเดกซ์ตริน และค่าความเป็นสีแดงจากบีทรูท ดังนั้นผลิตภัณฑ์ที่ได้จึงมีสีม่วงอมแดง ดังแสดงในรูปที่ 4.3

รูปที่ 4.3 ลักษณะบีทรูทผงที่ได้จากการทำแห้งด้วยวิธีแช่เยือก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.1.2 ผลการวิเคราะห์ปริมาณบีตาเลนในรูปของบีตาไซยานินและบีตาแซนทีน

บีตาเลนเป็นสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ ประกอบด้วยบีตาไซยานินและบีตาแซนทีน ซึ่งเป็นสาร 2 กลุ่มหลักที่พบในบีตาเลน จากการวิเคราะห์บีตาเลนในรูปของบีตาไซยานินและบีตาแซนทีน พบว่าบีทรูทผงที่นำมาศึกษามีปริมาณบีตาไซยานินมากกว่าบีตาแซนทีน ซึ่งมีค่าเท่ากับ 138.78±0.42 และ 105.55±0.11 ตามลำดับ เนื่องจากบีตาไซยานินเป็นสารสีม่วงแดง ขณะที่บีตาแซนทีนเป็นสารสีส้มเหลือง ดังนั้นจึงพบบีตาไซยานินในบีทรูทผงในปริมาณสูงกว่าบีตาแซนทีน สอดคล้องกับค่าสี ซึ่งพบว่าค่า a^* ซึ่งแสดงความเป็นสีแดง มีค่าสูงกว่าค่า b^* ซึ่งเป็นค่าที่แสดงความเป็นสีเหลือง และงานวิจัยของ Chandran และคณะ (2014) ได้รายงานว่าบีตาไซยานินเป็นสารกลุ่มหลักที่พบในบีทรูทมากถึงร้อยละ 70-95

4.2.1.3 ผลการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก

ผลการวิเคราะห์สารประกอบฟีนอลิกในบีทรูทผง พบว่า มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิก เท่ากับ 0.96±0.00 มิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิกต่อมิลลิลิตรของสารสกัด ซึ่งสารประกอบฟีนอลิกที่พบจัดเป็นสารต้านอนุมูลอิระ ประกอบไปด้วย แคโรทีนอยด์ ไกลซีน บีเทนซาโปนิน บีตาไซยานิน โฟเลต เบทานิน โพลีฟีนอล และฟลาโวนอยด์ (Pinki และ Awasthi, 2014)

4.2.1.4 ผลการวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH

จากการวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH ของบีทรูทผง พบว่าสารสกัดบีทรูทผงมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH ร้อยละ 76.29±0.04 ซึ่งถือว่าเป็นปริมาณที่ค่อนข้างมาก เนื่องจากบีทรูทเป็นแหล่งสำคัญของสารพฤกษเคมีที่มีคุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระ ได้แก่ สารประกอบฟีนอลิกและบีตาเลน จึงมีการนำบีทรูทไปใช้ในผลิตภัณฑ์ต่างๆ เช่น ในงานวิจัยของ Pinki และ Awasthi (2014) มีการเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการของเค้กโดยการผสมบีทรูทผงความเข้มข้นร้อยละ 0, 5, 10, 15, 20 และ 25 พบว่าเค้กผสมบีทรูทผงความเข้มข้นร้อย 25 มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงสุดถึงร้อยละ 47.70 ขณะที่เค้กผสมบีทรูทผงร้อยละ 0 มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระเพียงร้อยละ 5.52 นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยของ Srivastava และคณะ (2015) ที่ศึกษาความแตกต่างของสารต้านอนุมูลอิสระจากการเติมสารสกัดบีทรูทในโยเกิร์ตจากนมวัว นมควาย และนมแพะ พบว่าโยเกิร์ตจากนมทั้งสามชนิดมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นของสารสกัดบีทรูทที่เติมลงในโยเกิร์ต แสดงให้เห็นว่าบีทรูทมีคุณสมบัติในการต้านสารอนุมูลอิสระ DPPH

4.2.2 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีและกายภาพของขนมขบเคี้ยวจากโยเกิร์ตที่ผสมบีทรูทผง

จากการศึกษาปริมาณหางนมผงที่เหมาะสมในการผลิตขนมขบเคี้ยวจากโยเกิร์ต พบว่าโยเกิร์ตที่เติมหางนมผงร้อยละ 15 ได้รับคะแนนการยอมรับทางด้านความกรอบ ความเปรี้ยว รสชาติ และความชอบโดยรวมมากที่สุด และมีจำนวนแบคทีเรียแลคติกที่รอดชีวิตในปริมาณสูงเท่ากับ 5.82 logCFU/g ซึ่งจะส่งผลดีต่อสุขภาพ จากนั้นทำการศึกษาปริมาณบีทรูทผงที่เหมาะสมใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การผลิตขนมขบเคี้ยวจากโยเกิร์ต โดยแปรปริมาณของบีทรูทผงเป็นร้อยละ 4, 6 และ 8 โดยน้ำหนักของโยเกิร์ต และทำการผลิตขนมขบเคี้ยว ซึ่งมีลักษณะดังรูปที่ 4.4 จากนั้นนำขนมขบเคี้ยวที่ได้มาศึกษาคุณภาพทางด้านเคมีกายภาพ และทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส ได้ผลดังตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 คุณภาพทางเคมีและกายภาพของขนมขบเคี้ยวจากโยเกิร์ตที่ผสมบีทรูทผงในปริมาณร้อยละ 0, 4, 6 และ 8

คุณภาพทางเคมีและกายภาพ	ความเข้มข้นบีทรูท (ร้อยละ)			
	0	4	6	8
ค่าสี				
L^*	92.49^{a}±0.15	61.76^{b}±0.19	57.31^{c}±0.03	54.16^{d}±0.12
a^*	10.24^{d}±0.04	23.69^{c}±0.12	26.02^{b}±0.35	27.15^{a}±0.10
b^*	-0.09^{a}±0.01	-4.03^{b}±0.01	-4.76^{d}±0.01	-4.74^{c}±0.01
เนื้อสัมผัส (Hardness, N)	10.88^{d}±0.83	14.49^{c}±0.82	17.87^{b}±0.63	23.25^{a}±0.53
ปริมาณบีตาเลน (มิลลิกรัม/ลิตร)				
บีตาไซยานิน	0.00^{d}±0.00	3.57^{c}±0.01	6.62^{b}±0.02	16.02^{a}±0.19
บีตาแซนทีน	0.00^{d}±0.00	2.43^{c}±0.00	4.21^{b}±0.03	10.74^{a}±0.34

a-d : ตัวอักษรที่แตกต่างกันตามแนวนอนแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

4.2.2.1 ผลการวิเคราะห์ค่าสีของขนมขบเคี้ยวจากโยเกิร์ตที่เติมบีทรูทผงในปริมาณต่างๆ

ผลการวิเคราะห์ค่าสีของขนมขบเคี้ยวจากโยเกิร์ตผสมบีทรูทผง พบว่าเมื่อผสมบีทรูทผงในปริมาณที่เพิ่มขึ้น ค่า L^* ที่แสดงความสว่างมีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยขนมขบเคี้ยวที่ไม่ผสมบีทรูทผง (ร้อยละ 0) มีค่า L^* สูงที่สุด คือ 92.49±0.15 และขนมขบเคี้ยวที่ผสมบีทรูทผงร้อยละ 8 มีค่า L^* ต่ำสุด เท่ากับ 54.16±0.12 ส่วนค่า a^* ที่แสดงความเป็นสีแดงพบว่ามีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อผสมบีทรูทผงในปริมาณที่เพิ่มขึ้น แสดงว่าผลิตภัณฑ์ที่ได้มีความเป็นสีแดงเพิ่มขึ้น ในขณะที่ค่า b^* ของผลิตภัณฑ์มีแนวโน้มลดลงตามปริมาณบีทรูทผงที่เพิ่มขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ Ingle และคณะ (2017) ซึ่งรายงานว่าการเติมบีทรูทผงลงในคุกกี้มีผลทำให้ค่า L^* ลดลงตามสัดส่วนแป้งสาลีสีขาวที่มีปริมาณลดลง และค่า a^* ของคุกกี้มีค่าเพิ่มขึ้นตามปริมาณสีม่วงอมแดงที่ได้จากบีทรูทผงที่มาแทนที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.4 ผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวจากโยเกิร์ตผสมบีทรูทผงความเข้มข้นร้อยละ 0, 4, 6 และ 8

4.2.2.2 ผลการวิเคราะห์เนื้อสัมผัส (Hardness)

ผลการวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัสของขนมขบเคี้ยวจากโยเกิร์ต โดยวัดเป็นค่าความแข็งหรือความกรอบ (Hardness) คือค่าแรงที่ใช้ในการทำให้ขนมขบเคี้ยวแตกหัก ซึ่งมีหน่วยเป็นนิวตัน พบว่าขนมขบเคี้ยวจากโยเกิร์ตที่ไม่ผสมบีทรูทผงมีค่าความแข็งต่ำที่สุด เท่ากับ 10.88±0.83 แต่เมื่อผสมบีทรูทผงในปริมาณที่เพิ่มขึ้น พบว่า ค่าความแข็งมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยขนมขบเคี้ยวผสมบีทรูทผงความเข้มข้นร้อยละ 4, 6 และ 8 มีค่าเท่ากับ 14.49±0.82, 17.87±0.63 และ 23.25±0.53 ตามลำดับ เนื่องจากในบีทรูทผงมีส่วนประกอบที่เป็นเส้นใยอาหารอยู่ค่อนข้างสูง โดยงานวิจัยของ Chhikara และคณะ (2019) รายงานว่าบีทรูทประกอบไปด้วยคาร์โบไฮเดรต 9.96 กรัม/100 กรัม ได้แก่ แป้ง ฟรุคโตส ซูโครส กลูโคส เส้นใยอาหาร และโปรตีน 1.68 กรัม/100 กรัม ไขมัน 0.18 กรัม/100 กรัม นอกจากนี้ยังมีรายงานวิจัยของ สุพิชญา (2561) ซึ่งได้ทำการศึกษาผลของดอกโสนอบแห้งที่เติมลงในคุกกี้ในปริมาณร้อยละ 0, 3, 6 และ 9 พบว่าค่าความแข็ง (Hardness) ของคุ้กกี้มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญจากการเติมใยอาหารจากผงดอกโสนอบแห้ง เนื่องจากดอกโสนมีองค์ประกอบของเส้นใยร้อยละ 2.76

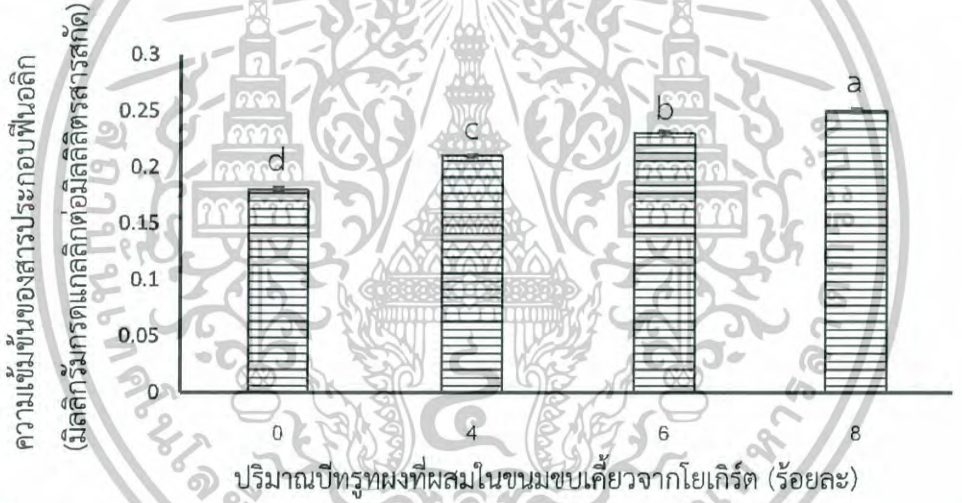
4.2.2.3 ผลการวิเคราะห์ปริมาณบีตาเลนในรูปของบีตาไซยานินและบีตาแซนทีน

ผลการวิเคราะห์ปริมาณบีตาเลน โดยหาปริมาณสาร 2 ชนิดหลัก คือ บีตาไซยานิน และบีตาแซนทีน พบว่า มีค่าเพิ่มขึ้นตามปริมาณบีทรูทผงที่เพิ่มขึ้น โดยขนมขบเคี้ยวผสมบีทรูทผงในปริมาณร้อยละ 8 โดยน้ำหนัก มีปริมาณบีตาไซยานินและบีตาแซนทีนสูงที่สุด เท่ากับ 16.02±0.19 และ 10.74±0.34 ตามลำดับ รองลงมาคือขนมขบเคี้ยวจากโยเกิร์ตผสมบีทรูทผงที่ความเข้มข้นร้อยละ 6 และ 4 ซึ่งมีปริมาณบีตาไซยานินเท่ากับ 6.62±0.02 และ 3.57±0.01 และมีปริมาณบีตาแซนทีนเท่ากับ 4.21±0.03 และ 2.43±0.00 ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่าบีตาไซยานินในขนมขบเคี้ยวที่ผสมบีทรูทผงมีปริมาณมากกว่าบีตาแซนทีน เนื่องจากในบีทรูทผงประกอบไปด้วยสารบีตาไซยานินเป็นกลุ่มหลัก ซึ่งมีแนวโน้มเป็นไปตามการวิเคราะห์หาปริมาณบีตาเลนในบีทรูทผงในหัวข้อ 4.2.1.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2.4 ผลการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก

จากการวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในขนมขบเคี้ยวจากโยเกิร์ตผสมบีทรูทผงในปริมาณร้อยละ 0, 4, 6 และ 8 พบว่ามีปริมาณสารประกอบฟีนอลิก เท่ากับ 0.18, 0.21, 0.23 และ 0.25 มิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิกต่อมิลลิลิตรของสารสกัด ตามลำดับ ซึ่งค่าที่ได้ไม่มีความต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) อย่างไรก็ตามขนมขบเคี้ยวจากโยเกิร์ตผสมบีทรูทผงในปริมาณร้อยละ 8 มีปริมาณฟีนอลิกมากที่สุด ในขณะที่ขนมขบเคี้ยวจากโยเกิร์ตที่ไม่ผสมบีทรูทผงมีปริมาณฟีนอลิกต่ำสุด แสดงว่าการเติมบีทรูทผงเป็นการเพิ่มสารประกอบฟีนอลิกลงในผลิตภัณฑ์ เนื่องจากสารประกอบฟีนอลิกสามารถพบได้ในบีทรูท ผลิตภัณฑ์ที่ได้จึงมีปริมาณฟีนอลิกสูงขึ้นตามความเข้มข้นของบีทรูทผง ดังเช่นงานวิจัยของ Kumar และคณะ (2018) ที่ได้ศึกษาเกี่ยวกับการเพิ่มประสิทธิภาพของสารต้านอนุมูลอิสระในลูกอมขิงโดยการเติมสารสกัดจากกากบีทรูท พบว่าการเพิ่มขึ้นของปริมาณฟีนอลิกในลูกอมขิงที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้นมาจากความเข้มข้นของสารสกัดกากบีทรูทที่เพิ่มขึ้น



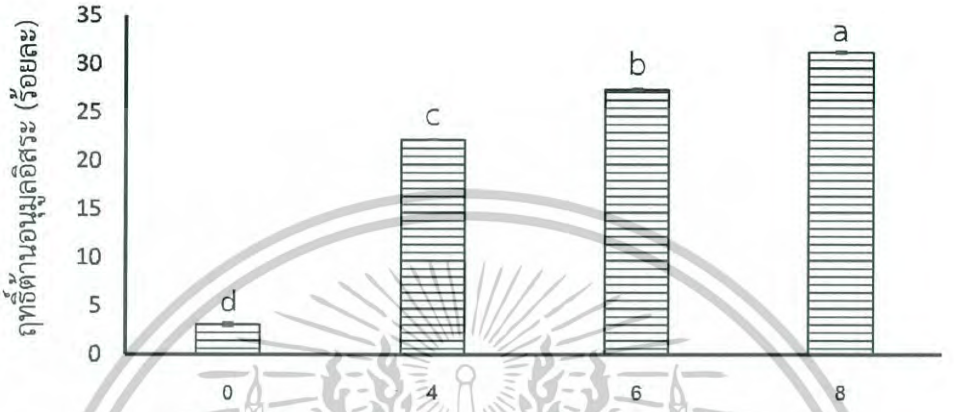
รูปที่ 4.5 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในขนมขบเคี้ยวจากโยเกิร์ตที่ผสมบีทรูทผงความเข้มข้นร้อยละ 0, 4, 6 และ 8

4.2.2.5 ผลการวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH ของขนมขบเคี้ยวจากโยเกิร์ต

ขนมขบเคี้ยวจากโยเกิร์ตที่ผสมบีทรูทผงที่ในปริมาณร้อยละ 8 มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH สูงที่สุด รองลงมาคือขนมขบเคี้ยวผสมบีทรูทผงในปริมาณร้อยละ 6 และ 4 ตามลำดับ และขนมขบเคี้ยวที่ไม่ได้ผสมบีทรูทผง พบว่ามีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระต่ำที่สุด โดยมีค่าเท่ากับ 31.17±0.12, 27.31±0.14, 22.16±0.07 และ 3.069±0.20 เมื่อเปรียบเทียบทางสถิติ พบว่า ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq0.05$) เมื่อเติมบีทรูทผงในขนมขบเคี้ยวจากโยเกิร์ตเปรียบเทียบกับขนมขบเคี้ยวจากโยเกิร์ตที่ไม่ได้ผสมบีทรูทผง เนื่องจากในบีทรูทผงอุดมไปด้วยสารต้านอนุมูลอิสระ ได้แก่ บีตาเลน ซึ่งได้ทำการวิเคราะห์หาตาม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อ 4.2.1.2 โดยบีตาเลนเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่สามารถช่วยต้านการเกิดโรคมะเร็งตับและโรคมะเร็งปอด ป้องกันการบาดเจ็บของเนื้อเยื่อ และยับยั้งการเจริญของเซลล์เนื้องอกในมนุษย์ได้ (Chhikara และคณะ, 2019) ดังนั้น การเพิ่มความเข้มข้นของบีทรูทผงจึงช่วยเพิ่มฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในขนมขบเคี้ยวจากโยเกิร์ตที่ผสมบีทรูทผง



รูปที่ 4.6 ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH ในขนมขบเคี้ยวจากโยเกิร์ตที่ผสมบีทรูทผงความเข้มข้นร้อยละ 0, 4, 6 และ 8

4.2.3 การประเมินคุณภาพด้านประสาทสัมผัส

จากการผลิตขนมขบเคี้ยวผสมบีทรูทผงในปริมาณร้อยละ 0, 4, 6 และ 8 แล้วทำการประเมินความชอบทางประสาทสัมผัส โดยวิธี 9-point hedonic scaling โดยใช้ผู้ทดสอบจำนวน 25 คน ประเมินคุณลักษณะทางด้านสี กลิ่น รสชาติ ความกรอบ และความชอบโดยรวม ได้ผลดังตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 คะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสของขนมขบเคี้ยวจากโยเกิร์ตที่ผสมบีทรูทผงความเข้มข้นร้อยละ 0, 4, 6 และ 8

คุณลักษณะคุณภาพ	ความเข้มข้นบีทรูทผง (ร้อยละ)			
	0	4	6	8
สี	6.24^{b}±1.3	7.20^{a}±1.22	7.36^{a}±1.15	7.28^{a}±1.24
กลิ่น	6.92^{a}±1.15	6.52^{a}±1.08	6.56^{a}±1.19	6.52^{a}±1.19
รสชาติ	6.56^{a}±1.26	6.36^{a}±1.38	6.12^{a}±1.51	5.80^{a}±1.53
ความกรอบ	6.36^{b}±1.15	6.68^{ab}±1.11	7.04^{a}±1.06	7.16^{a}±1.25
ความชอบโดยรวม	6.92^{a}±1.04	6.64^{ab}±1.19	6.56^{ab}±1.16	6.16^{b}±1.43

a-b : ตัวอักษรที่แตกต่างกันตามแนวนอนแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่า ขนมขบเคี้ยวจากโยเกิร์ตผสมบีทรูทผงในปริมาณร้อยละ 6 มีคะแนนความชอบทางด้านสีมากที่สุด รองลงมาคือขนมขบเคี้ยวจากโยเกิร์ตผสมบีทรูทผงในปริมาณร้อยละ 8 และ 4 ซึ่งมีคะแนนเท่ากับ 7.36±1.15, 7.28±1.24 และ 7.20±1.22 ตามลำดับ ขณะที่ขนมขบเคี้ยวที่ไม่ผสมบีทรูทผงได้รับคะแนนความชอบทางด้านสีต่ำที่สุด คือ 6.24±1.3 อย่างไรก็ตามผลการวิเคราะห์ทางด้านสถิติ พบว่าคะแนนความชอบทางด้านสีโยเกิร์ตผสมบีทรูทผงที่ความเข้มข้นร้อยละ 4, 6 และ 8 ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) แต่ขนมขบเคี้ยวจากโยเกิร์ตที่ผสมบีทรูทผง มีคะแนนความชอบทางด้านสีแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับขนมขบเคี้ยวจากโยเกิร์ตที่ไม่ผสมบีทรูทผง (ร้อยละ 0) ทั้งนี้เนื่องจากขนมขบเคี้ยวที่ไม่ผสมบีทรูทผงจะมีลักษณะเป็นสีขาวไม่น่ารับประทาน และเมื่อผสมบีทรูทผงที่มีสีม่วงอมแดงผลิตภัณฑ์ที่ได้จะมีสีชมพูจนถึงสีม่วงอมแดง อย่างไรก็ตามการเติมบีทรูทผงที่ในปริมาณที่สูงกว่าร้อยละ 6 พบว่าคะแนนความชอบด้านสีมีแนวโน้มลดลง ซึ่งผู้ทดสอบให้ความเห็นว่าขนมขบเคี้ยวจากโยเกิร์ตที่ได้จะมีสีม่วงแดงที่เข้มไปไม่น่ารับประทาน

คุณลักษณะทางด้านกลิ่น พบว่าขนมขบเคี้ยวจากโยเกิร์ตที่ไม่ได้ผสมบีทรูทผง ได้รับคะแนนความชอบมากที่สุด แต่เมื่อผสมบีทรูทผงลงในโยเกิร์ต พบว่าคะแนนความชอบทางด้านกลิ่นมีแนวโน้มลดลง แต่จากการวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติ พบว่าคะแนนความชอบทางด้านกลิ่นของขนมขบเคี้ยวจากโยเกิร์ตทั้ง 4 สูตร ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) เนื่องจากในการผลิตขนมขบเคี้ยวจากโยเกิร์ตมีการเติมกลิ่นสตรอว์เบอร์รีสังเคราะห์ลงไปในโยเกิร์ตทั้ง 4 สูตร ในปริมาณเท่ากัน แสดงให้เห็นว่าปริมาณของบีทรูทผงไม่มีผลต่อคุณลักษณะทางด้านกลิ่นของผลิตภัณฑ์

คุณลักษณะทางด้านรสชาติ ของขนมขบเคี้ยวจากโยเกิร์ต พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) โดยมีคะแนนเท่ากับ 6.56±1.26, 6.36±1.38, 6.12±1.51 และ 5.80±1.53 เมื่อผสมบีทรูทผงที่ความเข้มข้นร้อยละ 0, 4, 6 และ 8 ตามลำดับ แต่เมื่อพิจารณาจากคะแนนที่ได้ พบว่าการเพิ่มความเข้มข้นของบีทรูทผงผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความชอบด้านรสชาติมีแนวโน้มลดลง อาจมีสาเหตุมาจากรสชาติเฉพาะของบีทรูทซึ่งมีรสชาติเฝื่อนผสมอยู่ในขนมขบเคี้ยว

คุณลักษณะทางด้านความกรอบ พบว่าขนมขบเคี้ยวจากโยเกิร์ตผสมบีทรูทผงที่ความเข้มข้นร้อยละ 8 ได้รับคะแนนความชอบด้านความกรอบมากที่สุด รองลงมาคือความเข้มข้นร้อยละ 6 และ 4 ซึ่งมีคะแนนเท่ากับ 7.16±1.25, 7.04±1.06 และ 6.68±1.11 ตามลำดับ โยเกิร์ตที่ไม่ได้ผสมบีทรูทผงมีคะแนนความกรอบต่ำสุด คือ 6.36±1.15 และพบว่าขนมขบเคี้ยวจากโยเกิร์ตผสมบีทรูทผงที่ความเข้มข้นร้อยละ 4, 6 และ 8 มีคะแนนความชอบทางด้านความกรอบไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) แสดงว่าผู้ทดสอบส่วนใหญ่ชอบขนมขบเคี้ยวที่มีความกรอบที่มาจากการผสมบีทรูทผงมากกว่าขนมขบเคี้ยวที่ไม่ผสมบีทรูทผงซึ่งมีความกรอบน้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

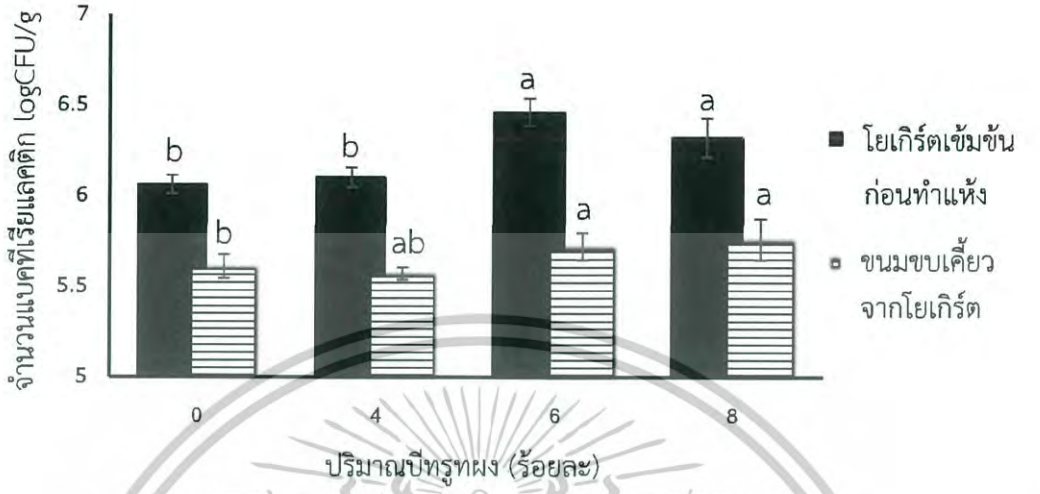
เมื่อพิจารณาความชอบโดยรวม พบว่า ขนมขบเคี้ยวที่ผสมบีทรูทผงร้อยละ 4 และ 6 มีคะแนนความชอบโดยรวมไม่แตกต่างจากโยเกิร์ตที่ไม่ได้ผสมบีทรูทผง ขณะที่โยเกิร์ตผสมบีทรูทผงที่ปริมาณร้อยละ 8 มีคะแนนความชอบโดยรวมต่ำที่สุด คือ 6.16±1.43 เมื่อนำมาเปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติ พบว่า ขนมขบเคี้ยวจากโยเกิร์ตที่ไม่ได้ผสมบีทรูทผงและขนมขบเคี้ยวผสมบีทรูทผงที่ความเข้มข้นร้อยละ 4 และ 6 ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ขณะที่โยเกิร์ตผสมบีทรูทผงที่ความเข้มข้นร้อยละ 8 และโยเกิร์ตที่ไม่ผสมบีทรูทผงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) การที่ขนมขบเคี้ยวที่ไม่ได้ผสมบีทรูทผงได้รับคะแนนความชอบโดยรวมมากที่สุด เนื่องมาจากผู้ทดสอบส่วนใหญ่ไม่เคยรับประทานบีทรูท จึงให้คะแนนความชอบทางด้านกลิ่นและรสชาติของขนมขบเคี้ยวจากโยเกิร์ตผสมบีทรูทผงต่ำตามความเข้มข้นของบีทรูทที่เพิ่มขึ้น ซึ่งขนมขบเคี้ยวจากโยเกิร์ตผสมบีทรูทผงความเข้มข้นร้อยละ 4 และ 6 มีคะแนนความชอบโดยรวมที่ไม่แตกต่างจากขนมขบเคี้ยวที่ไม่ผสมบีทรูทผง เนื่องจากกลิ่นและรสชาติไม่แตกต่างจากขนมขบเคี้ยวที่ไม่ได้ผสมบีทรูทผงมากเกินไป ในขณะที่โยเกิร์ตผสมบีทรูทผงที่ความเข้มข้นร้อยละ 8 ได้รับคะแนนความชอบโดยรวมต่ำที่สุด เนื่องจากมีกลิ่นและรสชาติของบีทรูทในขนมขบเคี้ยวจากโยเกิร์ตมาก จึงได้รับการยอมรับด้านความชอบโดยรวมน้อยที่สุด ดังนั้น ในการผลิตขนมขบเคี้ยวจากโยเกิร์ตผสมบีทรูทเพื่อให้เกิดประโยชน์ต่อสุขภาพและผลิตภัณฑ์ยังได้รับการยอมรับจากผู้บริโภค การเติมบีทรูทผงลงในส่วนผสมของโยเกิร์ตเข้มข้นไม่เกินร้อยละ 6 โดยผลิตภัณฑ์ที่ได้ยังมีคะแนนความชอบโดยรวมไม่แตกต่างจากโยเกิร์ตสูตรมาตรฐาน (ร้อยละ 0)

4.2.4 ผลการศึกษาทางจุลินทรีย์ในขนมขบเคี้ยวจากโยเกิร์ตผสมบีทรูท

จากการวิเคราะห์ปริมาณแบคทีเรียแลคติกของโยเกิร์ตเข้มข้นก่อนทำแห้งและขนมขบเคี้ยวที่ผสมบีทรูทผงในปริมาณต่างๆ พบว่าจำนวนแบคทีเรียแลคติกของตัวอย่างโยเกิร์ตเข้มข้นก่อนการทำแห้งมีจำนวนแบคทีเรียแลคติกอยู่ในช่วง 6.06±0.05 - 6.46±0.07 logCFU/g และเมื่อนำโยเกิร์ตเข้มข้นที่ผสมบีทรูทในปริมาณต่างๆไปผ่านกระบวนการทำแห้งเพื่อผลิตเป็นขนมขบเคี้ยวและนำผลิตภัณฑ์ที่ได้มาวิเคราะห์จำนวนแบคทีเรียแลคติกที่รอดชีวิต พบว่าจำนวนแบคทีเรียแลคติกมีค่าลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับโยเกิร์ตเข้มข้นก่อนการทำแห้ง เนื่องจากปริมาณจุลินทรีย์ที่ลดลงในกระบวนการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งอาจเกิดจากน้ำได้ถูกกำจัดออกไป ได้แก่ free water, intermediate water และ structured water ส่งผลให้โปรตีนในเซลล์ถูกทำลายจุลินทรีย์จึงตายลงในที่สุด (ณรงค์, 2555) โดยขนมขบเคี้ยวที่เติมบีทรูทผงร้อยละ 8 ยังมีจำนวนแบคทีเรียแลคติกรอดชีวิตมากที่สุดเท่ากับ 5.76±0.11 logCFU/g และที่ความเข้มข้นร้อยละ 6, 4 และ 0 เท่ากับ 5.72±0.07, 5.57±0.03 และ 5.61±0.06 logCFU/g ตามลำดับ และผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวมีแนวโน้มการรอดชีวิตของแบคทีเรียแลคติกเพิ่มขึ้นเมื่อมีปริมาณบีทรูทผงเพิ่มขึ้น อาจเกิดจากการเติมบีทรูทผงที่มีส่วนผสมของมอลโตเดกซ์ตรินลงในผลิตภัณฑ์ ซึ่งมอลโตเดกซ์ตรินมีผลต่อการเกิดฟิล์มในผลิตภัณฑ์และห่อหุ้มเซลล์ของแบคทีเรียซึ่งช่วยป้องกันสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมของเซลล์แบคทีเรียได้ จึงมีผลทำให้อัตราการรอดชีวิตของแบคทีเรียแลคติก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(Kenyon และ Anderson, 1998) นอกจากนี้มอลโตเดกซ์ตรินยังช่วยลดการดูดซับความชื้นของผลิตภัณฑ์ทำให้ผลิตภัณฑ์ยังคงความกรอบได้นานขึ้น



รูปที่ 4.7 ผลการวิเคราะห์จำนวนแบคทีเรียแลคติกในโยเกิร์ตเข้มข้น และขนมขบเคี้ยวจากโยเกิร์ตที่ผสมบีทรูทผงร้อยละ 0, 4, 6 และ 8 โดยน้ำหนัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาการผลิตขนมขบเคี้ยวจากโยเกิร์ต โดยศึกษาปริมาณหางนมผงที่มีความเหมาะสม พบว่าโยเกิร์ตที่เติมหางนมผงในปริมาณร้อยละ 15 เป็นปริมาณที่เหมาะสม โดยผลิตภัณฑ์ที่ได้มีค่าความเปรี้ยวและความกรอบที่ดี ทำให้ได้รับคะแนนความชอบทางด้านประสาทสัมผัสในด้านความกรอบ ความเปรี้ยว รสชาติ และความชอบโดยรวมมากที่สุด นอกจากนี้ยังมีแบคทีเรียแลคติกที่ปริมาณสูงสุด เท่ากับ 5.82 logCFU/g

จากนั้นทำการศึกษาปริมาณบีทรูทผงที่เหมาะสมเพื่อเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการในขนมขบเคี้ยวจากโยเกิร์ต พบว่าการเติมบีทรูทผงในปริมาณที่เพิ่มขึ้น ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิก ปริมาณบีตาไซยานิน บีตาแซนทีน และมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้น แต่ผลการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส พบว่า คะแนนความชอบโดยรวมมีแนวโน้มลดลง เนื่องจากผู้ทดสอบให้คะแนนทางด้านกลิ่นและรสชาติต่ำเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของบีทรูทผง และเมื่อวิเคราะห์ปริมาณการรอดชีวิตของแบคทีเรียแลคติกในขนมขบเคี้ยวที่ผสมบีทรูท พบว่า ขนมขบเคี้ยวที่ผสมบีทรูทผงในปริมาณร้อยละ 6 และ 8 มีแบคทีเรียรอดชีวิตแตกต่างกัน เท่ากับ 5.76 และ 5.72 logCFU/g ดังนั้น ขนมขบเคี้ยวที่ผสมบีทรูทผงร้อยละ 6 เป็นปริมาณที่เหมาะสมที่สุด เมื่อพิจารณาจากคะแนนทางด้านประสาทสัมผัส และคุณค่าทางด้านโภชนาการที่ส่งผลดีต่อสุขภาพของผู้บริโภค

5.2 ข้อเสนอแนะ

การศึกษานี้เป็นการพัฒนาขนมขบเคี้ยวให้มีคุณประโยชน์เพิ่มขึ้นจากเดิม โดยการทำแห้งโยเกิร์ตแบบแช่เยือกแข็ง และเพิ่มคุณค่าทางด้านโภชนาการโดยการเติมบีทรูทผง ซึ่งหากมีการพัฒนาในระดับต่อไป อาจปรับปรุงลักษณะของผลิตภัณฑ์โดยการทำแห้งแบบอื่น เช่นการทำแห้งแบบแห้ง เนื่องจากการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งมีต้นทุนการผลิตค่อนข้างสูง รวมทั้งการปรับปรุงเกี่ยวกับกลิ่นและรสชาติของผลิตภัณฑ์ เนื่องจากบีทรูทผงมีรสชาติค่อนข้างเฉพาะตัวในเรื่องของความเฝื่อน ดังนั้น ควรมีการเสริมกลิ่นสังเคราะห์จากธรรมชาติลงในผลิตภัณฑ์ให้มากขึ้น และปรุงแต่งบีทรูทผงให้มีรสชาติเฝื่อนลดลงโดยอาจผสมกับผลไม้อบแห้งชนิดอื่น เพื่อให้ผู้บริโภคสามารถรับประทานผลิตภัณฑ์ที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพได้ง่ายขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

กชแก้ว สุริยะ และ ชวกร วรสุวรรณรักษ์. 2559. การพัฒนาผลิตภัณฑ์โปรตีนบาร์จากข้าวกล้องและเวย์โปรตีน ต่อคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของผลิตภัณฑ์. *Food science and technology, Chiang Mai University research exercise (Fst cmu research exercise).*

กมลชนก สกุลประเสริฐ. 2556. ผลของวิธีการทำแห้งต่อปริมาณของสารกลุ่มฟีนอลิกและฤทธิ์ต้านออกซิเดชั่นของสารสกัดจากใบผักหวานป่า. *ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.*

จิระเดช มณีรัตน์. 2553. การเปรียบเทียบคุณภาพของการผลิตโยเกิร์ตสับปะรดจากน้ำนมแพะผสมนมโค. *คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.*

ชาติ ประชาชื่น. 2552. บีทรูท. [ออนไลน์]. Available : http://daily.khaosod.co.th/daily.php?sectionid=TURNd01RPT0=&selday =2019-03-20. (สืบค้นเมื่อวันที่ 20 มีนาคม 2562)

ชาลีดา บรมพิชัยชาติกุล. 2555. เทคโนโลยีการทำแห้งแบบผสมผสาน : การนำมาใช้เพื่อถนอมผลิตภัณฑ์อาหารที่ไวต่อความร้อน. *วารสารวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.* 35(2): 269-283.

ณรงค์ กิตติโชคอนันต์ และ ณรงค์ พุทธสัง. 2555. ผลของกระบวนการทำให้แห้งต่ออัตราการรอดชีวิตของเชื้อ *Lactobacillus* spp. ในไมโครแคปซูล. *วิทยานิพนธ์เภสัชศาสตร์บัณฑิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.*

ณัฏฐิกา ศิลาลาย. 2548. ฟลาโวนอยด์ในใบชา หน้าที่ การใช้ประโยชน์ และการวิเคราะห์. *วารสารเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยสยาม.* 2(1): 1-10.

ธมนวรรณ ปั่นแก้ว, กนกกาญจน์ หนองขุ่นสาร และ ศศิธร ใบผ่อง. 2559. ปริมาณมอลโตเด็กซ์ตรินที่เหมาะสมในการผลิตเครื่องดื่มเยื่อฟักข้าวชนิดผง. *วารสารวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร.* 1-10.

ปริยานุช อินทร์รอด. 2551. ฤทธิ์ต้านออกซิเดชัน และปริมาณสารประกอบฟีนอลรวมของส่วนสกัดจากต้นเร่วหอมและว่านสาวหลง. *มหาวิทยาลัยบูรพา.*

ปิยนุสร์ น้อยด้วง และ ปัทมา คล้ายจันทร์. 2547. การผลิตโยเกิร์ตกล้วยหอม. *วารสารเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยสยาม.* 1(1): 24-31.

ปิ่นมณี ขวัญเมือง. 2559. การหมักน้ำบีทรูทผสมด้วยแบคทีเรียกรดแลคติกและการรีไซเคิลสตาร์ทเตอร์. *วารสารครุศาสตร์อุตสหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.* 15(1): 143-149.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พรรัตน์ สินชัยพานิช, พิชญาพร เหมวดี, ศศพินทุ์ ดิษนิล และ เรณู ทวิชชาติวิทยากุล. 2560. ผลของมอลโทเดกซ์ทรินต่อลักษณะคุณภาพของบราวนี่ลดไขมัน. *วารสารวิจัยมหาวิทยาลัยสวนดุสิต สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.* 10(3): 1-16.

พรรณจิรา วงศ์สวัสดิ์, มณฑิรา นพรัตน์, ดวงพร ตั้งบำรุงพงษ์ และ สุเทพ อภินันท์จารุพงศ์. 2545. กระบวนการผลิตน้ำผักผลไม้รวมผงโดยใช้เครื่องอบแห้งแบบพ่นกระจายและไมโครเวฟสุญญากาศ. *วารสารวิจัยและพัฒนามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.* 25(3): 257-277.

พัชรี มงคลวัย, สุกัญญา คำหล้า และ อนุวัต พจนา. 2556. การปรับปรุงสีปลาสอดแดงด้วยสารสกัดเบต้าเลนจากเปลือกผลแก้วมังกร. *วารสารวิชาการและวิจัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ฉบับพิเศษ การประชุมวิชาการมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 5.* 48-54.

พุทธชาติ ตัณฑิกุล. 2553. พฤติกรรมการบริโภคโยเกิร์ตแบบถ้วย กรณีศึกษาผู้บริโภคหญิงวัยรุ่นในเขตกรุงเทพมหานคร. *ปริญญาบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยกรุงเทพ.*

วรรณา ขันธชัย. 2555. การพัฒนาฟิล์มและสารเคลือบรับประทานได้จากแป้งข้าวเจ้ามาประยุกต์ใช้ในทอฟฟี่ผลไม้. *สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยีการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ.*

สุพิชญา คำคม. 2561. ผลของการเติมผงดอกโสนอบแห้งที่มีต่อลักษณะทางกายภาพ คุณค่าทางโภชนาการ และทางประสาทสัมผัสของคุกกี้เนย. *วารสารวิจัยราชภัฏพระนคร สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.* 13(1): 139-154.

สุนทรี วราอุบล. 2537. การทำแห้งน้ำมะนาวแบบเยือกแข็ง. *สาขาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.*

อำพรรณ ชัยกุลเสรีวัฒน์ และ ปิยมาภรณ์ เอมเสม. 2549. การผลิตโยเกิร์ตเสริมไข่น้ำ. *วารสารเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยสยาม.* 3(1): 30-36.

Association of official analytical chemists (AOAC). 2000. Official methods of analysis of AOAC international (17th Eds.). *AOAC international*, Gaithersburg, MD.

Archaina, D., Sosa, N., Rivero, R. and Schebor, C. 2019. Freeze-dried candies from blackcurrant (*Ribes nigrum L.*) and yoghurt. Physicochemical and sensorial characterization. *LWT - food science and technology.* 100: 444-449.

Butler, K. 2010. Is greek yogurt better than regular?. [Online]. Available : https://www.motherjones.com/politics/2010/06/greek-yogurt-better-regular/?fbclid=IwAR02LpQbQdtHM1ypQ8WHjDfOkyc5kbXB8hKH2HTxDQ3lOZeSTYLiN794niU. (สืบค้นเมื่อวันที่ 6 มิถุนายน 2562)

Carvalho, M.J., Palacios, T.P. and Carrascal, J.R. 2017. Physico-chemical and sensory characteristics of freeze-dried and air-dehydrated yogurt foam. *LWT - food science and technology.* 80: 328-334.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Chandan, R.C., Kilara, A., and Shah, N.P. 2015. Dairy processing and quality assurance. *Blackwell*. 77-105.

Chandran, J., Nisha, P., Singhal, R.S. and Pandit, A.B. 2014. Degradation of colour in beetroot (*Beta vulgaris* L.): a kinetics study. *Journal of food science and technology*. 51(10): 2678–2684.

Chhikara, N., Kushwaha, K., Sharma, P., Gat, Y. and Panghal, A. 2019. Bioactive compounds of beetroot and utilization in food processing industry : a critical review. *Food chemistry*. 272: 192–200.

Chidambara, M.K., Jayaprakasha, G.K. and Singh, R.P. 2002. Studies on antioxidant activity of pomegranate *(Punica granatum)* peel extract using in vivo models. *Journal of agricultural food chemistry*. 50(17): 4791-4795.

Clifford, T., Howatson, G., West, J.D. and Stevenson, J.E. 2015. The potential benefits of red beetroot supplementation in health and disease. *Nutrients*. 7: 2801-2822.

Costa, M.F., Pimentel, T.C., Guimaraes, J.T., Balthazar, C.F., Rocha, R.F., Cavalcanti, R.N., Esmerino, E.A., Freitas, M.Q., Raices, R.S.L., Silva, M.C., and Cruz, A.G. 2019. Impact of prebiotics on the rheological characteristics and volatile compounds of Greek yogurt. *LWT - food science and technology*. 105(1): 371-376.

Cui, L., Niu, L.Y., Li, D.J., Liu, C.Q., Liu, Y.P., Liu, C.J., and Song, J.F. 2018. Effects of different drying methods on quality, bacterial viability and storage stability of probiotic enriched apple snacks. *College of food science and engineering*. 17(1): 247–255.

Damin, M.R., Alcântara, M.R., Nunes, A.P. and Oliveira, M.N. 2009. Effects of milk supplementation with skim milk powder, whey protein concentrate and sodium caseinate on acidification kinetics, rheological properties and structure of nonfat stirred yogurt. *LWT - food science and technology*. 42: 1744-1750.

Dan, T., Wang, D., Wu, S., Jin, R., Ren, W., and Sun, T. 2017. Profiles of volatile flavor compounds in milk fermented with different proportional combinations of *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* and *Streptococcus thermophilus*. *Molecules*. 22(10): 1633.

Demirci, T., Aktas, K., Sözeri, D., Öztürk, I.H., and Akın, N. 2017. Rice bran improve probiotic viability in yoghurt and provide added antioxidative benefits. *Journal of functional foods*. 36: 396–403.

Desai, N.T., Shepard, L., and Drake, M.A. 2013. Sensory properties and drivers of liking for Greek yogurts. *Journal of dairy science*. 96(12): 7454-7466.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Gyawali, R., and Ibrahim, S.A. 2016. Effects of hydrocolloids and processing conditions on acid whey production with reference to Greek yogurt. *Trends in food science and technology*. 56: 61-76.

Illanes, A., Guerrero, C., Vera, C., Wilson, L., Conejeros, R. and Scott, F. 2016. Lactose-derived prebiotics a process perspective. *Academic press (AP)*. 1: 1-33.

Ingle, M., Ingle, M.P., Thorat, S.S., Nimbalkar, C.A. and Nawkar, R.R. 2017. Nutritional evaluation of cookies enriched with beetroot (*Beta vulgaris* L.) powder. *International journal of current microbiology and applied sciences*. 6(3): 1888-1896.

Juchereau, S.B., Almeida, B., Piot, J.M., and Sannier, F. (2005). Effect of protein concentration, pH, lactose content and pasteurization on thermal gelation of acid caprine whey protein concentrates. *Journal of dairy research*. 72: 34–38.

Kenyon, M.M. and Anderson, R.J. 1988. Maltodextrins and low-dextrose-equivalence corn syrup solids. *Production and technology for the flavor industry*. 370: 7-11.

Kumar, V., Kushwaha, R., Goyal, A., Tanwar, B. and Kaur, J. 2018. Process optimization for the preparation of antioxidant rich ginger candy using beetroot pomace extract. *Food chemistry*. 245: 168-177.

Maganha, L.C., Rosim, R.E., Corassin, C.H., Cruz, A.G., Faria, J.A.F. And Oliverira, C.A.F. 2014. Viability of probiotic bacteria in fermented skim milk produced with different levels of milk powder and sugar. *International journal of dairy technology*. 67(1): 89-94.

Momen, S., Salami, M., Alavi, F., Djomeh, Z.E. and Movahedi, A.A.M. 2019. The techno-functional properties of camel whey protein compared to bovine whey protein for fabrication a model high protein emulsion. *LWT - food science and technology*. 101: 543-550.

Nilsson, T. 1970. Studies into the pigments in beetroot (*Beta vulgaris* L. ssp. *vulgaris var. rubra L.*). *Lantbrukhogskolans annaler*. 36: 179–219.

Obi, T.E., Henshaw, F., O. and Atanda, O.O. 2010. Quality evaluation of plain-stirred probiotic yoghurt produced from skim and whole milk powder during refrigerated storage. *Electronic journal of environmental, agricultural and food chemistry*. 9(7): 1203–1213.

Pinki and Awasthi, P. 2014. Sensory and nutritional evaluation of value added cakes formulated by incorporating beetroot powder. *International journal of food and nutritional sciences*. 3(6): 145-148.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Pycia, K., Jaworska, G., Telega, J., Sudoł, I. and Kuźniar, P. 2018. Effect of adding potato maltodextrins on baking properties of triticale flour and quality of bread. *Food science and technology*. 96: 199–204.

Santos, G., Nunes, T.P., Silva, M.A.A.P., Rosenthal, A. and Pagani, A.A.C. 2018. Development and acceptance of freeze-dried yogurt "powder yogurt". *International food research journal*. 25(3): 1159-1165.

Srivastava, P., Prasad, S.G.M., Ali, M.N. and Prasad, M. 2015. Analysis of antioxidant activity of herbal yoghurt prepared from different milk. *The pharma innovation journal*. 4(3): 18-20.

Stamatova, V.I. 2010. Probiotic activity of *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* in the oral cavity. Ph.D. Dissertation. *Biomedicine of pharmacology. University of Helsinki, Finland.*

Stankovic, M. 2011. Total phenolic content, flavonoid concentration and antioxidant activity of *Marrubium peregrinum L.* extracts. *Kragujevac journal of science*. 33: 63-72.

Strack, D., Vogt, T. and Schliemann, W. 2003. Recent advances in betalain research. *Phytochemistry*. 62(3): 247-269.

Syamsuddin, Y., Meilina, H., Septavia, F. and Darmawan, R. 2013. Effect of skimmed-milk and starter addition on lactic acid formation in soyghurt. *International journal on advanced science engineering and information technology (IJASEIT)*. 3(4): 51-54.

Üçtug, G. F., Atlugkoyun, A. and Inaltekin, M. 2019. Environmental life cycle assessment of yoghurt supply to consumer in Turkey. *Journal of cleaner production*. 215: 1103-111.

Wang, D., Liu, W., Ren, Y., De, L., Zhang, D., Yang, Y., Bao, Q., Zhang, H. and Menghe, B. 2016. Isolation and identification of lactic acid bacteria from traditional dairy products in baotou and bayannur of midwestern inner mongolia and q-PCR analysis of predominant species. *Korean journal for food science of animal resources*. 36(4): 499–507.

Yu, H.Y., Wong, L. and McCarthy, K.L. 2016. Characterization of yogurts made with milk solids nonfat by rheological behavior and nuclear magnetic resonance spectroscopy. *Journal of food and drug analysis*. 24: 804-812.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

อาหารเลี้ยงเชื้อ

1. การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ MRS

ชั่งอาหารเลี้ยงเชื้อ MRS สำเร็จรูป 55 กรัมละลายในน้ำกลั่น 1 ลิตรและเติมวุ้น 15 กรัมต่ออาหารเลี้ยงเชื้อ 1 ลิตร ละลายให้เข้ากันโดยใช้ความร้อนจนส่วนผสมละลายหมด จากนั้นนำไปฆ่าเชื้อด้วยหม้อนึ่งความดันไอน้ำที่ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข
การวิเคราะห์ทางเคมี

1. วิเคราะห์ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปของกรดแลคติก (AOAC, 2000)

นำตัวอย่าง 10 กรัม ผสมกับน้ำปลอดคาร์บอนปริมาตร 90 มิลลิลิตร จากนั้นผสมให้เข้ากัน และหยดสารละลายฟีนอล์ฟทาลีนจำนวน 3 หยด ไตเตรทด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ที่มีความเข้มข้น 0.1 นอร์มอล จนกระทั่งถึงจุดยุติแล้วนำปริมาตรที่ได้มาคำนวณตามสูตร ดังนี้

$$\text{ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปของกรดแลคติก (ร้อยละ)} = \frac{N \times V \times MW}{W \times 1000} \times 100$$

โดย N คือ ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์
V คือ ปริมาตรของโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ไตเตรท
MW คือ มวลโมเลกุลของกรดแลคติก
W คือ น้ำหนักของตัวอย่าง หน่วยเป็นกรัม

2. วิเคราะห์ปริมาณความชื้นและปริมาณของแข็งทั้งหมด (AOAC, 2000)

ชั่งตัวอย่างประมาณ 2 กรัม (ให้ทราบน้ำหนักที่แน่นอน) ใส่ลงในถ้วยที่มีฝาปิด โดยผ่านการอบไล่ความชื้นและทราบน้ำหนักที่แน่นอนแล้ว นำไปอบที่ตู้อบลมร้อนอุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง จากนั้นนำถ้วยที่มีตัวอย่างพร้อมฝาถ้วยออกมา และทำให้เย็นโดยใส่ในโถดูดความชื้น (Dessicator) ปล่อยทิ้งไว้จนอุณหภูมิเท่ากับอุณหภูมิห้อง จากนั้นนำมาชั่งน้ำหนักให้แน่นอนด้วยเครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง ทำการอบซ้ำจนน้ำหนักคงที่ จากนั้นนำไปคำนวณหาร้อยละปริมาณความชื้นและร้อยละปริมาณของแข็งทั้งหมดตามสูตร ดังนี้

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

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

โดย W_1 = น้ำหนักของถ้วยอะลูมิเนียมพร้อมฝาปิด (กรัม)
W_2 = น้ำหนักของถ้วยอะลูมิเนียมพร้อมฝาปิดและตัวอย่างก่อนอบ (กรัม)
W_3 = น้ำหนักของถ้วยอะลูมิเนียมพร้อมฝาปิดและตัวอย่างหลังอบ (กรัม)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. วิเคราะห์ปริมาณบีตาเลนในรูปของบีตาไซยานินและบีตาแซนทีน โดยดัดแปลงจากวิธีการของ Nilsson (1970)

3.1 การเตรียมสารสกัดตัวอย่าง (Demirci และคณะ, 2017)

1. นำตัวอย่าง 3 กรัม ผสมกับสารละลายเมทานอล ร้อยละ 80 ในอัตราส่วน 1 : 5 ปริมาตร 25 มิลลิลิตร จากนั้นผสมให้เป็นเนื้อเดียวกัน ทิ้งไว้ 30 นาที

2. นำไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็ว 7200 รอบต่อนาที เป็นเวลา 10 นาที ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

3. กรองส่วนใสด้วยกระดาษกรอง (Whatman No. 1) จากนั้นนำของเหลวที่ผ่านการกรองมาปั่นเหวี่ยงอีกครั้งที่สภาวะเดียวกัน เก็บส่วนใสที่ได้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เพื่อทำการวิเคราะห์ต่อไป

3.2 การวิเคราะห์ปริมาณบีตาเลน

นำสารสกัดตัวอย่างไปเจือจางด้วยสารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์ความเข้มข้น 0.05 โมลาร์ ซึ่งมีค่า pH เท่ากับ 6.5 จนได้ระดับความเจือจางที่เหมาะสม (ค่าการดูดกลืนแสงอยู่ในช่วง 0.2 - 0.8) แล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 538 และ 476 นาโนเมตร สำหรับการวิเคราะห์บีตาไซยานินและบีตาแซนทีน ตามลำดับ จากนั้นนำไปคำนวณปริมาณบีตาเลนตามสมการดังนี้

$$\text{ความเข้มข้นของปริมาณบีตาเลน (มิลลิกรัม/ลิตร)} = \frac{A \times DF \times MW \times 1000}{e \times l}$$

โดย A คือ ค่าการดูดกลืนแสง

DF คือ Dilution factor เช่น ถ้าใช้ตัวอย่าง 0.5 มิลลิลิตร เจือจางด้วยตัวทำละลายจนมีปริมาตรเป็น 3 มิลลิลิตรใช้ค่า DF เท่ากับ 6

MW คือ มวลโมเลกุลของบีตาไซยานิน 550 กรัม/โมล และมวลโมเลกุลของบีตาแซนทีน 308 กรัม/โมล

e คือ ค่าคงที่ของการดูดกลืนแสง โดยของบีตาไซยานิน มีค่าเท่ากับ 60,000 ลิตร/โมล เซนติเมตร และบีตาแซนทีน มีค่าเท่ากับ 48,000 ลิตร/โมล เซนติเมตร

l คือ ความกว้างของคิวเวตต์ มักมีค่าเป็น 1 เซนติเมตร

4. วิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก (Phenolic compound) ด้วยวิธี Folin-Ciocalteu โดยดัดแปลงจากวิธีของ Chidambara (2002) ซึ่งมีวิธีการดังนี้

1. ปิเปตสารสกัดตัวอย่าง ปริมาตร 400 ไมโครลิตร มาเติมสารละลาย Folin-Ciocalteu ความเข้มข้นร้อยละ 10 ปริมาตร 2 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ 5 นาที

2. เติมสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต ($NaCO_3$) ความเข้มข้นร้อยละ 7.5 ปริมาตร 1.6 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันและตั้งทิ้ง 30 นาที

3. วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 765 นาโนเมตร จากนั้นนำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้มาคำนวณหาปริมาณของสารประกอบฟีนอลิกจากสมการเส้นตรงของกราฟมาตรฐาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรดแกลลิก (ความเข้มข้น 0.05 – 0.40 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร) โดยรายงานผลในหน่วยมิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิกต่อมิลลิลิตรของสารสกัด

5. วิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH scavenging assay โดยดัดแปลงจากวิธีของ Stankovic (2011) ซึ่งมีวิธีการดังนี้

1. นำสารสกัดตัวอย่าง ปริมาตร 500 ไมโครลิตร ผสมกับสารละลาย DPPH ความเข้มข้น 0.01 มิลลิโมลาร์ในเมทานอล ปริมาตร 3 มิลลิลิตร นำไปเก็บไว้ในที่มืดอุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 30 นาที

2. นำส่วนผสมที่ได้มาวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร โดยใช้ BHT เป็นสารมาตรฐาน

3. คำนวณร้อยละการยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH ดังสมการ

$$\text{ร้อยละการยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH} = \left[\frac{A_{\text{ตัวควบคุม}} - A_{\text{ตัวอย่าง}}}{A_{\text{ตัวควบคุม}}}\right] \times 100$$

โดย $A_{\text{ตัวควบคุม}}$ คือ ค่าการดูดกลืนแสงของตัวควบคุมที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร (ใช้ตัวควบคุมเป็นสารละลายเมทานอลผสมกับสารละลาย DPPH)

$A_{\text{ตัวอย่าง}}$ คือ ค่าการดูดกลืนแสงของสารสกัดตัวอย่างและสารละลาย DPPH ที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร

6. การวิเคราะห์ความเป็นกรด-ด่าง ด้วยเครื่องวัดพีเอชมิเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค
การวิเคราะห์ทางด้านประสาทสัมผัส

แบบประเมินการทดสอบทางประสาทสัมผัสขนมขบเคี้ยวจากโยเกิร์ต

วันที่ทดสอบ วันที่.....เดือน มีนาคม พ.ศ. 2562

ชื่อ.....นามสกุล..... เพศ ชาย ☐ หญิง ☐

คำชี้แจง : กรุณาทดสอบตัวอย่างตามลำดับที่นำเสนอ เรียงจากซ้ายไปขวา แล้วให้คะแนนความชอบในแต่ละคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ โดยกำหนดให้

1 = ไม่ชอบมากที่สุด 2 = ไม่ชอบมาก 3 = ไม่ชอบปานกลาง

4 = ไม่ชอบเล็กน้อย 5 = เฉยๆ 6 = ชอบเล็กน้อย

7 = ชอบปานกลาง 8 = ชอบมาก 9 = ชอบมากที่สุด

***กรุณาบ้วนปากก่อนชิมทุกครั้ง

ตัวอย่างขนมขบเคี้ยว	ความกรอบ	เนื้อสัมผัสหลังเคี้ยว	ความเปรี้ยว	รสชาติ	ความชอบโดยรวม
234					
432					
567					

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

.....

รูปที่ ค-1 แบบประเมินการทดสอบทางประสาทสัมผัสขนมขบเคี้ยวจากโยเกิร์ต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบประเมินการทดสอบทางประสาทสัมผัสขนมชบเคี้ยวจากโยเกิร์ตผสมบีทรูทผง

วันที่ทดสอบ วันที่.....เดือน พฤษภาคม พ.ศ. 2562

ชื่อ.....นามสกุล..... เพศ ชาย ☐ หญิง ☐

คำชี้แจง : กรุณาทดสอบตัวอย่างตามลำดับที่นำเสนอ เรียงจากซ้ายไปขวา แล้วให้คะแนนความชอบในแต่ละคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ โดยกำหนดให้

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

***กรุณาบ้วนปากก่อนชิมทุกครั้ง

ตัวอย่างขนมชบเคี้ยว	สี	กลิ่น	รสชาติ	ความกรอบ	ความชอบโดยรวม
567					
678					
756					
879					

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

.....

รูปที่ ค-2 แบบประเมินการทดสอบทางประสาทสัมผัสขนมชบเคี้ยวจากโยเกิร์ตผสมบีทรูทผง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง
การวิเคราะห์ทางจุลินทรีย์

1. การวิเคราะห์จำนวนแบคทีเรียกรดแลคติกทั้งหมด (Wang และคณะ, 2016)

1. นำตัวอย่าง 25 กรัมใส่ในถุงปลอดเชื้อ และเติมสารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 225 มิลลิลิตร ทำให้เป็นเนื้อเดียวกันด้วยเครื่องตีบดผสมตัวอย่าง

2. ทำการเจือจางในหลอดทดลองที่มีสารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์ปริมาตร 9 มิลลิลิตร จนได้ระดับความเจือจางที่เหมาะสม

3. นำระดับความเจือจางที่เหมาะสม 3 ระดับความเจือจางไปเพาะเลี้ยงด้วยอาหารเลี้ยงเชื้อ MRS agar (De Man และคณะ, 1960) โดยใช้วิธี Pour plate technique

4. บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง และนับจำนวนโคโลนีที่เกิดขึ้น โดยเลือกเฉพาะโคโลนีที่อยู่ในช่วง 30 - 300 โคโลนี จากนั้นนำไปคำนวณจำนวนแบคทีเรียกรดแลคติกทั้งหมด รายงานเป็น Colony Forming Unit (CFU/g)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก จ

ข้อมูลผลการทดลอง

ตารางที่ จ-1 แสดงข้อมูลค่าความเป็นกรด-ด่างของโยเกิร์ต โยเกิร์ตเข้มข้น และขนมขบเคี้ยวที่เติมหางนมผงในปริมาณที่แตกต่างกัน

ตัวอย่าง	จำนวนซ้ำ	ค่าความเป็นกรด-ด่าง		
		โยเกิร์ต	โยเกิร์ตเข้มข้น	ผลิตภัณฑ์
ปริมาณหางนมผงร้อยละ 5	1	4.34	4.49	4.40
	2	4.34	4.47	4.39
	3	4.33	4.45	4.40
	เฉลี่ย	4.33±0.01	4.47±0.02	4.39±0.01
ปริมาณหางนมผงร้อยละ 10	1	4.20	4.29	4.28
	2	4.20	4.34	4.29
	3	4.21	4.32	4.26
	เฉลี่ย	4.20±0.01	4.32±0.02	4.28±0.01
ปริมาณหางนมผงร้อยละ 15	1	4.15	4.29	4.20
	2	4.16	4.24	4.19
	3	4.17	4.23	4.20
	เฉลี่ย	4.16±0.01	4.25±0.03	4.19±0.01

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ จ-2 แสดงข้อมูลปริมาณกรดทั้งหมดของโยเกิร์ต โยเกิร์ตเข้มข้น และขนมขบเคี้ยวที่เติมหางนมผงในปริมาณที่แตกต่างกัน

ตัวอย่าง	จำนวนซ้ำ	ปริมาณกรดทั้งหมด (ร้อยละ)		
		โยเกิร์ต	โยเกิร์ตเข้มข้น	ผลิตภัณฑ์
ปริมาณหางนมผงร้อยละ 5	1	0.95	0.88	0.98
	2	1.04	0.92	0.94
	3	0.98	0.90	0.94
	เฉลี่ย	0.99±0.05	0.90±0.02	0.95±0.02
ปริมาณหางนมผงร้อยละ 10	1	1.12	1.04	1.13
	2	1.17	1.06	1.07
	3	1.15	1.08	1.09
	เฉลี่ย	1.15±0.02	1.06±0.02	1.09±0.03
ปริมาณหางนมผงร้อยละ 15	1	1.51	1.35	1.40
	2	1.53	1.43	1.43
	3	1.55	1.39	1.44
	เฉลี่ย	1.53±0.02	1.39±0.04	1.42±0.01

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ จ-3 แสดงข้อมูลปริมาณความชื้นของโยเกิร์ตและโยเกิร์ตเข้มข้นที่เติมหางนมผงในปริมาณที่แตกต่างกัน

ตัวอย่าง	จำนวนซ้ำ	ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)	
		โยเกิร์ต	โยเกิร์ตเข้มข้น
ปริมาณหางนมผงร้อยละ 5	1	75.44	68.35
	2	75.46	68.16
	3	75.55	67.88
	เฉลี่ย	75.48±0.06	68.13±0.24
ปริมาณหางนมผงร้อยละ 10	1	73.78	67.16
	2	73.94	67.21
	3	74.08	67.54
	เฉลี่ย	73.93±0.15	67.30±0.21
ปริมาณหางนมผงร้อยละ 15	1	70.02	63.93
	2	69.89	63.27
	3	69.84	64.65
	เฉลี่ย	69.92±0.09	63.95± 0.69

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ จ-4 แสดงข้อมูลปริมาณของแข็งทั้งหมดของโยเกิร์ตและโยเกิร์ตเข้มข้นที่เติมหางนมผงในปริมาณที่แตกต่างกัน

ตัวอย่าง	จำนวนซ้ำ	ปริมาณของแข็งทั้งหมด (ร้อยละ)	
		โยเกิร์ต	โยเกิร์ตเข้มข้น
ปริมาณหางนมผงร้อยละ 5	1	24.56	31.65
	2	24.54	31.84
	3	24.45	32.12
	เฉลี่ย	24.52±0.06	31.87±0.23
ปริมาณหางนมผงร้อยละ 10	1	26.22	32.84
	2	26.06	32.79
	3	25.92	32.46
	เฉลี่ย	26.07±0.015	32.69±0.20
ปริมาณหางนมผงร้อยละ 15	1	29.98	36.07
	2	30.11	36.73
	3	30.16	35.35
	เฉลี่ย	30.08±0.09	36.05±0.69

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ จ-5 แสดงข้อมูลค่าความหนืดของโยเกิร์ตและโยเกิร์ตเข้มข้นที่เติมหางนมผงในปริมาณที่แตกต่างกัน

ตัวอย่าง	จำนวนซ้ำ	ค่าความหนืด (เซนติพอยส์)	
		โยเกิร์ต	โยเกิร์ตเข้มข้น
ปริมาณหางนมผงร้อยละ 5	1	146.17	1334.28
	2	142.98	1346.00
	เฉลี่ย	144.57 ±2.26	1340.14±8.29
ปริมาณหางนมผงร้อยละ 10	1	233.50	2576.46
	2	248.77	2907.29
	เฉลี่ย	241.13±10.79	2741.87± 233.93
ปริมาณหางนมผงร้อยละ 15	1	358.87	8954.28
	2	352.31	9587.42
	เฉลี่ย	355.59 ±4.64	9270.95±447.69

ตารางที่ จ-6 แสดงข้อมูลเนื้อสัมผัสในรูปค่าความแข็ง (hardness) ของขนมขบเคี้ยวจากโยเกิร์ตที่เติมหางนมผงเข้มข้นร้อยละ 5, 10 และ 15

ตัวอย่าง	จำนวนซ้ำ	ค่าความแข็ง (Hardness)
ปริมาณหางนมผงร้อยละ 5	1	7.77
	2	7.98
	3	6.68
	เฉลี่ย	7.48±0.70
ปริมาณหางนมผงร้อยละ 10	1	8.49
	2	8.13
	3	8.34
	เฉลี่ย	8.32±0.18
ปริมาณหางนมผงร้อยละ 15	1	9.51
	2	9.28
	3	10.20
	เฉลี่ย	9.67±0.48

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ จ-7 คุณภาพด้านจุลินทรีย์ของโยเกิร์ต โยเกิร์ตเข้มข้น และขนมขบเคี้ยวจากโยเกิร์ตที่เติมหางนมผงเข้มข้นร้อยละ 5, 10 และ 15

ตัวอย่าง	ปริมาณหางนมผง (ร้อยละ)	จำนวนซ้ำ	จำนวนแบคทีเรียแลคติก (logCFU/g)	เฉลี่ย
โยเกิร์ต	5	1	5.84	5.89^{c}±0.04
		2	5.93	
		3	5.89	
	10	1	6.69	6.38^{b}±0.26
		2	6.24	
		3	6.22	
	15	1	7.42	7.19^{a}±0.24
		2	7.21	
		3	6.94	
โยเกิร์ตเข้มข้น	5	1	5.24	5.39^{b}±0.13
		2	5.43	
		3	5.49	
	10	1	5.9	5.61^{b}±0.26
		2	5.56	
		3	5.38	
	15	1	6.01	6.25^{a}±0.21
		2	6.35	
		3	6.4	
ขนมขบเคี้ยวจากโยเกิร์ต	5	1	5.1	4.82^{b}±0.26
		2	4.59	
		3	4.78	
	10	1	5.24	5.09^{b}±0.13
		2	4.98	
		3	5.05	
	15	1	5.78	5.82^{a}±0.15
		2	5.69	
		3	5.98	

a-c : ตัวอักษรที่แตกต่างกันตามแนวตั้งแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ จ-8 แสดงข้อมูลค่าสีของบีทรูทผงโดยวิธีทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง ด้วยการเติมปริมาณมอลโตเดกซ์ตรินร้อยละ 10

	จำนวนซ้ำ	ค่าสี	ค่าเฉลี่ย
L^*	1	28.16	28.17±0.16
	2	28.02	
	3	28.34	
a*	1	29.34	29.56±0.19
	2	29.62	
	3	29.71	
b*	1	-0.04	0.04±0.13
	2	0.19	
	3	-0.03	

ตารางที่ จ-9 แสดงข้อมูลปริมาณบีตาเลนในรูปของบีตาไซยานิน (538 นาโนเมตร) และบีตาแซนทีน (476 นาโนเมตร) ในบีทรูทผงโดยวิธีทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง ด้วยการเติมปริมาณมอลโตเดกซ์ตรินร้อยละ 10

รูปแบบบีตาเลน	จำนวนซ้ำ	ค่าการดูดกลืนแสง	ความเข้มข้นของบีตาเลน (มิลลิกรัม/ลิตร)	เฉลี่ย
บีตาไซยานิน (538 นาโนเมตร)	1	0.506	139.15	138.78±0.42
	2	0.503	138.32	
	3	0.505	138.87	
บีตาแซนทีน (476 นาโนเมตร)	1	0.549	105.68	105.55±0.11
	2	0.548	105.49	
	3	0.548	105.49	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

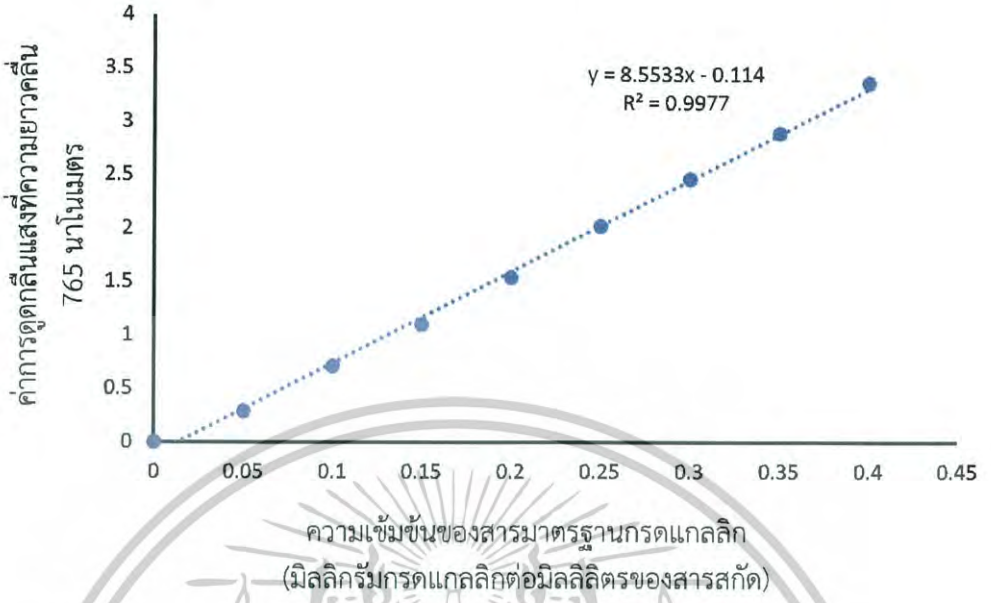
ตารางที่ จ-10 แสดงข้อมูลปริมาณสารประกอบฟีนอลิกของสารสกัดจากบีทรูทผง ซึ่งมีการเติมปริมาณมอลโตเดกซ์ตรินร้อยละ 10

จำนวนซ้ำ	ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 765 นาโนเมตร	ความเข้มข้นของสารประกอบฟีนอลิก (มิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิกต่อมิลลิลิตร)	เฉลี่ย
1	3.17	0.385	0.96±0.00
2	3.17	0.385	
3	3.18	0.385	

ตารางที่ จ-11 แสดงค่าการดูดกลืนแสงของสารมาตรฐานกรดแกลลิกที่ความยาวคลื่น 765 นาโนเมตร

ความเข้มข้นของกรดแกลลิก (มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร)	ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 765 นาโนเมตร			
	จำนวนครั้งการทดลอง			เฉลี่ย
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	
0	0.000	0.000	0.000	0.00
0.05	0.287	0.289	0.293	0.29
0.1	0.690	0.711	0.715	0.71
0.15	1.100	1.104	1.106	1.10
0.2	1.520	1.550	1.562	1.54
0.25	2.018	2.024	2.028	2.02
0.3	2.457	2.466	2.470	2.46
0.35	2.850	2.880	2.940	2.89
0.4	3.330	3.350	3.390	3.36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ จ-1 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงของสารมาตรฐานกรดแกลลิกที่ความยาวคลื่น 765 นาโนเมตร

ตารางที่ จ-12 แสดงข้อมูลค่าการดูดกลืนแสงของสารสกัดจากบีทรูทผงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร

จำนวนซ้ำ	ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร	ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (ร้อยละ)	เฉลี่ย
1	0.191	76.313	76.29±0.04
2	0.191	76.313	
3	0.192	76.237	

หมายเหตุ ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตรของสารสกัดจากบีทรูทผงที่ได้ มีการนำไปหักกับค่าการดูดกลืนแสงของสารสกัดบีทรูทแล้ว เพื่อกำจัดค่าสีของบีทรูทที่มีสีแดง ทำให้ลดการรบกวนจากสีของบีทรูทและเพิ่มความแม่นยำในการคำนวณหาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ จ-13 แสดงข้อมูลค่าสีในขนมขบเคี้ยวจากโยเกิร์ตผสมบีทรูทผงที่ความเข้มร้อยละ 0, 4, 6 และ 8

ตัวอย่างผลิตภัณฑ์	จำนวนซ้ำ	ค่าสี		
		L*	a*	b*
ขนมขบเคี้ยวที่เติมบีทรูทผงร้อยละ 0	1	92.49	10.20	-0.08
	2	92.59	10.23	-0.08
	3	92.72	10.28	-0.09
	เฉลี่ย	92.60±0.11	10.24±0.04	-0.09±0.08
ขนมขบเคี้ยวที่เติมบีทรูทผงร้อยละ 4	1	61.58	23.8	-4.02
	2	61.74	23.71	-4.03
	3	61.95	23.57	-4.04
	เฉลี่ย	61.76±0.18	23.69±0.12	-4.03±0.01
ขนมขบเคี้ยวที่เติมบีทรูทผงร้อยละ 6	1	57.29	26.06	-4.75
	2	57.31	26.02	-4.77
	3	57.34	25.99	-4.76
	เฉลี่ย	57.31±0.02	26.02±0.03	-4.76±0.01
ขนมขบเคี้ยวที่เติมบีทรูทผงร้อยละ 8	1	54.03	27.12	-4.73
	2	54.2	27.06	-4.73
	3	54.26	27.26	-4.75
	เฉลี่ย	54.16±0.12	27.15±0.10	-4.74±0.01

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ จ-14 แสดงข้อมูลเนื้อสัมผัสในรูปค่าความแข็ง (hardness) ของขนมขบเคี้ยวจากโยเกิร์ตผสมบีทรูทผงที่ความเข้มข้นร้อยละ 0, 4, 6 และ 8

ตัวอย่างผลิตภัณฑ์	จำนวนซ้ำ	ค่าความแข็ง (hardness)
ขนมขบเคี้ยวที่เติมบีทรูทผงร้อยละ 0	1	9.9187
	2	11.268
	3	11.444
	เฉลี่ย	10.87±0.83
ขนมขบเคี้ยวที่เติมบีทรูทผงร้อยละ 4	1	14.047
	2	15.442
	3	13.987
	เฉลี่ย	14.49±0.82
ขนมขบเคี้ยวที่เติมบีทรูทผงร้อยละ 6	1	17.677
	2	18.581
	3	17.368
	เฉลี่ย	17.87±0.63
ขนมขบเคี้ยวที่เติมบีทรูทผงร้อยละ 8	1	22.695
	2	23.327
	3	23.738
	เฉลี่ย	23.25±0.52

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ จ-15 แสดงข้อมูลปริมาณบีตาเลนในรูปของบีตาไซยานิน (538 นาโนเมตร) และบีตาแซนทีน (476 นาโนเมตร) ในขนมขบเคี้ยวจากโยเกิร์ตผสมบีทรูทผงที่ความเข้มข้นร้อยละ 0, 4, 6 และ 8

ตัวอย่าง	รูปแบบบีตาเลน	จำนวนซ้ำ	ค่าการดูดกลืนแสง	ความเข้มของบีตาเลน (มิลลิกรัม/ลิตร)	เฉลี่ย
ขนมขบเคี้ยวที่เติมบีทรูทผงร้อยละ 0	บีตาไซยานิน	1	0.000	0.00	0.00±0.00
		2	0.000	0.00	
		3	0.000	0.00	
	บีตาแซนทีน	1	0.000	0.00	0.00±0.01
		2	0.000	0.00	
		3	0.000	0.00	
ขนมขบเคี้ยวที่เติมบีทรูทผงร้อยละ 4	บีตาไซยานิน	1	0.389	3.57	3.57±0.01
		2	0.391	3.58	
		3	0.390	3.57	
	บีตาแซนทีน	1	0.379	2.43	2.43±0.00
		2	0.378	2.43	
		3	0.379	2.43	
ขนมขบเคี้ยวที่เติมบีทรูทผงร้อยละ 6	บีตาไซยานิน	1	0.720	6.60	6.62±0.02
		2	0.723	6.63	
		3	0.724	6.64	
	บีตาแซนทีน	1	0.652	4.18	4.21±0.03
		2	0.660	4.24	
		3	0.656	4.21	
ขนมขบเคี้ยวที่เติมบีทรูทผงร้อยละ 8	บีตาไซยานิน	1	1.725	15.81	16.02±0.19
		2	1.752	16.06	
		3	1.767	16.19	
	บีตาแซนทีน	1	1.617	10.38	10.74±0.34
		2	1.680	10.78	
		3	1.722	11.05	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ จ-16 แสดงข้อมูลปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในขนมขบเคี้ยวจากโยเกิร์ตผสมบีทรูทผง ปริมาณร้อยละ 0, 4, 6 และ 8 ซึ่งมีการเติมปริมาณมอลโตเดกซ์ตรินร้อยละ 10

ตัวอย่าง	จำนวนซ้ำ	ค่าการดูดกลืนแสง	ความเข้มข้นของสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (มิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิกต่อมิลลิลิตร)	เฉลี่ย
ขนมขบเคี้ยวที่เติมบีทรูทผงร้อยละ 0	1	0.657	0.1803	0.18^{d}±0.00
	2	0.657	0.1803	
	3	0.660	0.1809	
ขนมขบเคี้ยวที่เติมบีทรูทผงร้อยละ 4	1	0.777	0.2083	0.21^{c}±0.00
	2	0.777	0.2083	
	3	0.780	0.2090	
ขนมขบเคี้ยวที่เติมบีทรูทผงร้อยละ 6	1	0.855	0.2336	0.23^{b}±0.00
	2	0.858	0.2273	
	3	0.858	0.2273	
ขนมขบเคี้ยวที่เติมบีทรูทผงร้อยละ 8	1	0.942	0.2469	0.25^{a}±0.00
	2	0.945	0.2476	
	3	0.945	0.2476	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ จ-17 แสดงข้อมูลของฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของขนมขบเคี้ยวจากโยเกิร์ตผสมบีทรูทผง ปริมาณร้อยละ 0, 4, 6 และ 8 ซึ่งมีการเติมปริมาณมอลโตเดกซ์ตรินร้อยละ 10

ตัวอย่าง	จำนวนซ้ำ	ค่าการดูดกลืนแสง	ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (ร้อยละ)	เฉลี่ย
ขนมขบเคี้ยวที่เติมบีทรูทผงร้อยละ 0	1	0.820	3.187	3.07^{d}±0.20
	2	0.820	3.187	
	3	0.823	2.833	
ขนมขบเคี้ยวที่เติมบีทรูทผงร้อยละ 4	1	0.659	22.195	22.15^{c}±0.06
	2	0.659	22.195	
	3	0.660	22.077	
ขนมขบเคี้ยวที่เติมบีทรูทผงร้อยละ 6	1	0.615	27.390	27.31^{b}±0.14
	2	0.615	27.390	
	3	0.617	27.154	
ขนมขบเคี้ยวที่เติมบีทรูทผงร้อยละ 8	1	0.582	31.286	31.17^{a}±0.12
	2	0.583	31.168	
	3	0.584	31.050	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ จ-18 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพด้านจุลินทรีย์ของขนมขบเคี้ยวจากโยเกิร์ตที่เติมบีทรูทผง ก่อนการทำแห้งและหลังการทำแห้ง

ตัวอย่าง	รูปแบบ	จำนวนซ้ำ	จำนวนแบคทีเรียแลคติก (logCFU/g)	เฉลี่ย
ขนมขบเคี้ยวที่เติมบีทรูทผงร้อยละ 0	โยเกิร์ตเข้มข้น	1	6.01	6.06^{b}±0.05
		2	6.05	
		3	6.11	
	ขนมขบเคี้ยวจากโยเกิร์ต	1	5.68	5.61^{b} ±0.06
		2	5.6	
		3	5.55	
ขนมขบเคี้ยวที่เติมบีทรูทผงร้อยละ 4	โยเกิร์ตเข้มข้น	1	6.15	6.10^{b}±0.06
		2	6.04	
		3	6.11	
	ขนมขบเคี้ยวจากโยเกิร์ต	1	5.545	5.57^{ab}±0.03
		2	5.56	
		3	5.61	
ขนมขบเคี้ยวที่เติมบีทรูทผงร้อยละ 6	โยเกิร์ตเข้มข้น	1	6.39	6.46^{a}±0.07
		2	6.54	
		3	6.45	
	ขนมขบเคี้ยวจากโยเกิร์ต	1	5.799	5.72^{a} ±0.07
		2	5.65	
		3	5.72	
ขนมขบเคี้ยวที่เติมบีทรูทผงร้อยละ 8	โยเกิร์ตเข้มข้น	1	6.35	6.32^{a}±0.11
		2	6.2	
		3	6.41	
	ขนมขบเคี้ยวจากโยเกิร์ต	1	5.89	5.76^{a} ±0.11
		2	5.69	
		3	5.7	

a-b : ตัวอักษรที่แตกต่างกันตามแนวตั้งแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ฉ
ค่าทางสถิติของขนมขบเคี้ยวจากโยเกิร์ต

1. ค่าความเป็นกรด-ด่าง

1.1 ค่าความเป็นกรด-ด่างของโยเกิร์ตที่เติมหางนมผงปริมาณร้อยละ 5, 10 และ 15

Descriptives

data

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
1.00	3	4.3367	.00577	.00333	4.3223	4.3510	4.33	4.34
2.00	3	4.2033	.00577	.00333	4.1890	4.2177	4.20	4.21
3.00	3	4.1600	.01000	.00577	4.1352	4.1848	4.15	4.17
Total	9	4.2333	.08000	.02667	4.1718	4.2948	4.15	4.34

ANOVA

data

			Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	(Combined)		.051	2	.025	457.800	.000
	Linear Term	Contrast	.047	1	.047	842.700	.000
		Deviation	.004	1	.004	72.900	.000
Within Groups			.000	6	.000		
Total			.051	8			

Duncan

Treatment	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
3.00	3	4.1600		
2.00	3		4.2033	
1.00	3			4.3367
Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

1.2 ค่าความเป็นกรด-ด่างของโยเกิร์ตเข้มข้นที่เติมหางนมผงปริมาณร้อยละ 5, 10 และ 15

Descriptives

data

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
1.00	3	4.4700	.02000	.01155	4.4203	4.5197	4.45	4.49
2.00	3	4.3167	.02517	.01453	4.2542	4.3792	4.29	4.34
3.00	3	4.2533	.03215	.01856	4.1735	4.3332	4.23	4.29
Total	9	4.3467	.09912	.03304	4.2705	4.4229	4.23	4.49

ANOVA

data

			Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	(Combined)		.074	2	.037	54.048	.000
	Linear Term	Contrast	.070	1	.070	102.218	.000
		Deviation	.004	1	.004	5.879	.052
Within Groups			.004	6	.001		
Total			.079	8			

Duncan

Treatment	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
3.00	3	4.2533		
2.00	3		4.3167	
1.00	3			4.4700
Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 ค่าความเป็นกรด-ด่างของขนมขบเคี้ยวจากโยเกิร์ตที่เติมหางนมผงปริมาณร้อยละ 5, 10 และ 15

Descriptives

data

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
1.00	3	4.3967	.00577	.00333	4.3823	4.4110	4.39	4.40
2.00	3	4.2767	.01528	.00882	4.2387	4.3146	4.26	4.29
3.00	3	4.1967	.00577	.00333	4.1823	4.2110	4.19	4.20
Total	9	4.2900	.08761	.02920	4.2227	4.3573	4.19	4.40

ANOVA

data

			Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	(Combined)		.061	2	.030	304.000	.000
	Linear Term	Contrast	.060	1	.060	600.000	.000
		Deviation	.001	1	.001	8.000	.030
Within Groups			.001	6	.000		
Total			.061	8			

Duncan

Treatment	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
3.00	3	4.1967		
2.00	3		4.2767	
1.00	3			4.3967
Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปของกรดแลคติก

2.1 ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปของกรดแลคติกของโยเกิร์ตที่เติมหางนมผงปริมาณร้อยละ 5, 10 และ 15

Descriptives

data

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
1.00	3	.9900	.04583	.02646	.8762	1.1038	.95	1.04
2.00	3	1.1467	.02517	.01453	1.0842	1.2092	1.12	1.17
3.00	3	1.5300	.02000	.01155	1.4803	1.5797	1.51	1.55
Total	9	1.2222	.24222	.08074	1.0360	1.4084	.95	1.55

ANOVA

data

			Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	(Combined)		.463	2	.232	221.691	.000
	Linear Term	Contrast	.437	1	.437	418.787	.000
		Deviation	.026	1	.026	24.596	.003
Within Groups			.006	6	.001		
Total			.469	8			

Duncan

Treatment	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
1.00	3	.9900		
2.00	3		1.1467	
3.00	3			1.5300
Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปของกรดแลคติกของโยเกิร์ตเข้มข้นที่เติมหางนมผงปริมาณร้อยละ 5, 10 และ 15

Descriptives

data

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
1.00	3	.9000	.02000	.01155	.8503	.9497	.88	.92
2.00	3	1.0600	.02000	.01155	1.0103	1.1097	1.04	1.08
3.00	3	1.3900	.04000	.02309	1.2906	1.4894	1.35	1.43
Total	9	1.1167	.21777	.07259	.9493	1.2841	.88	1.43

ANOVA

data

			Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	(Combined)		.375	2	.187	234.125	.000
	Linear Term	Contrast	.360	1	.360	450.188	.000
		Deviation	.014	1	.014	18.062	.005
Within Groups			.005	6	.001		
Total			.379	8			

Duncan

Treatment	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
1.00	3	.9000		
2.00	3		1.0600	
3.00	3			1.3900
Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปของกรดแลคติกของขนมขบเคี้ยวจากโยเกิร์ตที่เติมหางนมผง ปริมาณร้อยละ 5, 10 และ 15

Descriptives

data

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
1.00	3	.9533	.02309	.01333	.8960	1.0107	.94	.98
2.00	3	1.0967	.03055	.01764	1.0208	1.1726	1.07	1.13
3.00	3	1.4233	.02082	.01202	1.3716	1.4750	1.40	1.44
Total	9	1.1578	.20975	.06992	.9966	1.3190	.94	1.44

ANOVA

data

			Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	(Combined)		.348	2	.174	274.860	.000
	Linear Term	Contrast	.331	1	.331	523.184	.000
		Deviation	.017	1	.017	26.535	.002
Within Groups			.004	6	.001		
Total			.352	8			

Duncan

Treatment	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
1.00	3	.9533		
2.00	3		1.0967	
3.00	3			1.4233
Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ปริมาณความชื้น

3.1 ปริมาณความชื้นของโยเกิร์ตที่เติมหางนมผงปริมาณร้อยละ 5, 10 และ 15

Descriptives

data

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
1.00	3	75.4833	.05859	.03383	75.3378	75.6289	75.44	75.55
2.00	3	73.9333	.15011	.08667	73.5604	74.3062	73.78	74.08
3.00	3	69.9167	.09292	.05364	69.6859	70.1475	69.84	70.02
Total	9	73.1111	2.48981	.82994	71.1973	75.0249	69.84	75.55

ANOVA

data

			Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	(Combined)		49.524	2	24.762	2146.989	.000
	Linear Term	Contrast	46.482	1	46.482	4030.202	.000
		Deviation	3.042	1	3.042	263.776	.000
Within Groups			.069	6	.012		
Total			49.593	8			

Duncan

Treatment	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
3.00	3	69.9167		
2.00	3		73.9333	
1.00	3			75.4833
Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 ปริมาณความชื้นของโยเกิร์ตเข้นข้นที่เติมหางนมผงปริมาณร้อยละ 5, 10 และ 15

Descriptives

data

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
1.00	3	68.1300	.23643	.13650	67.5427	68.7173	67.88	68.35
2.00	3	67.3033	.20648	.11921	66.7904	67.8163	67.16	67.54
3.00	3	63.9500	.69022	.39850	62.2354	65.6646	63.27	64.65
Total	9	66.4611	1.95418	.65139	64.9590	67.9632	63.27	68.35

ANOVA

data

			Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	(Combined)		29.401	2	14.700	76.706	.000
	Linear Term	Contrast	26.209	1	26.209	136.756	.000
		Deviation	3.192	1	3.192	16.656	.006
Within Groups			1.150	6	.192		
Total			30.550	8			

Duncan

Treatment	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
3.00	3	63.9500	
2.00	3		67.3033
1.00	3		68.1300
Sig.		1.000	.060

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ปริมาณของแข็งทั้งหมด

4.1 ปริมาณของแข็งทั้งหมดของโยเกิร์ตที่เติมหางนมผงปริมาณร้อยละ 5, 10 และ 15

Descriptives

data

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
1.00	3	24.5167	.05859	.03383	24.3711	24.6622	24.45	24.56
2.00	3	26.0667	.15011	.08667	25.6938	26.4396	25.92	26.22
3.00	3	30.0833	.09292	.05364	29.8525	30.3141	29.98	30.16
Total	9	26.8889	2.48981	.82994	24.9751	28.8027	24.45	30.16

ANOVA

data

			Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	(Combined)		49.524	2	24.762	2146.989	.000
	Linear Term	Contrast	46.482	1	46.482	4030.202	.000
		Deviation	3.042	1	3.042	263.776	.000
Within Groups			.069	6	.012		
Total			49.593	8			

Duncan

Treatment	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
1.00	3	24.5167		
2.00	3		26.0667	
3.00	3			30.0833
Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ปริมาณของแข็งทั้งหมดของโยเกิร์ตเข้นข้นที่เติมหางนมผงปริมาณร้อยละ 5, 10 และ 15

Descriptives

data

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Mini-mum	Maxi-mum
					Lower Bound	Upper Bound		
1.00	3	31.8700	.23643	.13650	31.2827	32.4573	31.65	32.12
2.00	3	32.6967	.20648	.11921	32.1837	33.2096	32.46	32.84
3.00	3	36.0500	.69022	.39850	34.3354	37.7646	35.35	36.73
Total	9	33.5389	1.95418	.65139	32.0368	35.0410	31.65	36.73

ANOVA

data

			Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	(Combined)		29.401	2	14.700	76.706	.000
	Linear Term	Contrast	26.209	1	26.209	136.756	.000
		Deviation	3.192	1	3.192	16.656	.006
Within Groups			1.150	6	.192		
Total			30.550	8			

Duncan

Treatment	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
1.00	3	31.8700	
2.00	3	32.6967	
3.00	3		36.0500
Sig.		.060	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. ค่าความหนืด

5.1 ค่าความหนืดของโยเกิร์ตที่เติมหางนมผงปริมาณร้อยละ 5, 10 และ 15

Descriptives

data

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
1.00	2	144.5750	2.25567	1.59500	124.3086	164.8414	142.98	146.17
2.00	2	241.1350	10.79752	7.63500	144.1231	338.1469	233.50	248.77
3.00	2	355.5900	4.63862	3.28000	313.9136	397.2664	352.31	358.87
Total	6	247.1000	94.63326	38.6338	147.7885	346.4115	142.98	358.87

ANOVA

data

			Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	(Combined)		44634.074	2	22317.037	467.564	.000
	Linear Term	Contrast	44527.330	1	44527.330	932.892	.000
		Deviation	106.744	1	106.744	2.236	.232
Within Groups			143.191	3	47.730		
Total			44777.265	5			

Duncan

Treatment	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
1.00	2	144.5750		
2.00	2		241.1350	
3.00	2			355.5900
Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 2.000.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 ค่าความหนืดของโยเกิร์ตเข้มข้นที่เติมหางนมผงปริมาณร้อยละ 5, 10 และ 15

Descriptives

data

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Mini-mum	Maxi-mum
					Lower Bound	Upper Bound		
1.00	2	1340.1400	8.28729	5.86000	1265.682	1414.598	1334.28	1346.00
2.00	2	2741.8750	233.9321	165.4150	640.078	4843.672	2576.46	2907.29
3.00	2	9270.8500	447.6975	316.5700	5248.447	13293.253	8954.28	9587.42
Total	6	4450.9550	3792.473	1548.270	470.999	8430.911	1334.28	9587.42

ANOVA

data

			Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	(Combined)		71659024.443	2	35829512.222	421.150	.000
	Linear Term	Contrast	62896161.104	1	62896161.104	739.299	.000
		Deviation	8762863.339	1	8762863.339	103.001	.002
Within Groups			255226.053	3	85075.351		
Total			71914250.497	5			

Duncan

Treatment	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
1.00	2	1340.1400		
2.00	2		2741.8750	
3.00	2			9270.8500
Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 2.000.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. ค่าความแข็งของขนมขบเคี้ยวจากโยเกิร์ตที่เติมหางนมผงปริมาณร้อยละ 5, 10 และ 15

Descriptives

data

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Mini-mum	Maxi-mum
					Lower Bound	Upper Bound		
1.00	3	7.4775	.70002	.40416	5.7385	9.2164	6.68	7.98
2.00	3	8.3217	.18126	.10465	7.8714	8.7719	8.13	8.49
3.00	3	9.6661	.47943	.27680	8.4751	10.8571	9.28	10.20
Total	9	8.4884	1.04975	.34992	7.6815	9.2953	6.68	10.20

ANOVA

data

			Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	(Combined)		7.310	2	3.655	14.568	.005
	Linear Term	Contrast	7.185	1	7.185	28.636	.002
		Deviation	.125	1	.125	.499	.507
Within Groups			1.505	6	.251		
Total			8.816	8			

Duncan

Treatment	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
1.00	3	7.4775	
2.00	3	8.3217	
3.00	3		9.6661
Sig.		.085	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. การทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส

7.1 คะแนนทางด้านความกรอบ

Descriptives

data

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Mini-mum	Maxi-mum
					Lower Bound	Upper Bound		
1.00	25	4.9200	1.28841	.25768	4.3882	5.4518	3.00	7.00
2.00	25	5.0400	1.48549	.29710	4.4268	5.6532	3.00	7.00
3.00	25	7.0800	.99666	.19933	6.6686	7.4914	5.00	9.00
Total	75	5.6800	1.60371	.18518	5.3110	6.0490	3.00	9.00

ANOVA

data

			Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	(Combined)		73.680	2	36.840	22.741	.000
	Linear Term	Contrast	58.320	1	58.320	36.000	.000
		Deviation	15.360	1	15.360	9.481	.003
Within Groups			116.640	72	1.620		
Total			190.320	74			

Duncan

Treatment	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
1.00	25	4.9200	
2.00	25	5.0400	
3.00	25		7.0800
Sig.		.740	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 25.000.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7.2 คะแนนทางด้านความเปรี้ยว

Descriptives

data

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
1.00	25	6.0400	1.20692	.24138	5.5418	6.5382	4.00	8.00
2.00	25	6.4800	1.32665	.26533	5.9324	7.0276	4.00	9.00
3.00	25	6.5200	1.15902	.23180	6.0416	6.9984	4.00	8.00
Total	75	6.3467	1.23566	.14268	6.0624	6.6310	4.00	9.00

ANOVA

data

			Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	(Combined)		3.547	2	1.773	1.167	.317
	Linear Term	Contrast	2.880	1	2.880	1.895	.173
		Deviation	.667	1	.667	.439	.510
Within Groups			109.440	72	1.520		
Total			112.987	74			

Duncan

Treatment	N	Subset for alpha = 0.05
		1
1.00	25	6.0400
2.00	25	6.4800
3.00	25	6.5200
Sig.		.199

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 25.000.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7.3 คะแนนทางด้านรสชาติ

Descriptives

data

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
1.00	25	6.1600	1.21381	.24276	5.6590	6.6610	4.00	8.00
2.00	25	6.4400	1.29357	.25871	5.9060	6.9740	3.00	9.00
3.00	25	6.9600	1.01980	.20396	6.5390	7.3810	5.00	9.00
Total	75	6.5200	1.21210	.13996	6.2411	6.7989	3.00	9.00

ANOVA

data

			Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	(Combined)		8.240	2	4.120	2.952	.059
	Linear Term	Contrast	8.000	1	8.000	5.732	.019
		Deviation	.240	1	.240	.172	.680
Within Groups			100.480	72	1.396		
Total			108.720	74			

Duncan

Treatment	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
1.00	25	6.1600	
2.00	25	6.4400	6.4400
3.00	25		6.9600
Sig.		.405	.124

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 25.000.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7.4 คะแนนทางด้านความชอบโดยรวม

Descriptives

data

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Mini-mum	Maxi-mum
					Lower Bound	Upper Bound		
1.00	25	5.8800	1.36382	.27276	5.3170	6.4430	3.00	9.00
2.00	25	6.3200	1.14455	.22891	5.8476	6.7924	4.00	8.00
3.00	25	7.3600	.81035	.16207	7.0255	7.6945	6.00	9.00
Total	75	6.5200	1.27724	.14748	6.2261	6.8139	3.00	9.00

ANOVA

data

			Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	(Combined)		28.880	2	14.440	11.321	.000
	Linear Term	Contrast	27.380	1	27.380	21.465	.000
		Deviation	1.500	1	1.500	1.176	.282
Within Groups			91.840	72	1.276		
Total			120.720	74			

Duncan

Treatment	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
1.00	25	5.8800	
2.00	25	6.3200	
3.00	25		7.3600
Sig.		.173	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 25.000.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8. จำนวนแบคทีเรียแลคติก

8.1 จำนวนแบคทีเรียแลคติกในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตที่เติมหางนมผงปริมาณร้อยละ 5, 10 และ 15

Descriptives

data

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Mini-mum	Maxi-mum
					Lower Bound	Upper Bound		
1.00	3	5.8867	.04509	.02603	5.7747	5.9987	5.84	5.93
2.00	3	6.3833	.26577	.15344	5.7231	7.0435	6.22	6.69
3.00	3	7.1900	.24062	.13892	6.5923	7.7877	6.94	7.42
Total	9	6.4867	.59762	.19921	6.0273	6.9460	5.84	7.42

ANOVA

data

			Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	(Combined)		2.596	2	1.298	29.825	.001
	Linear Term	Contrast	2.548	1	2.548	58.545	.000
		Deviation	.048	1	.048	1.104	.334
Within Groups			.261	6	.044		
Total			2.857	8			

Duncan

Treatment	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
1.00	3	5.8867		
2.00	3		6.3833	
3.00	3			7.1900
Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8.2 จำนวนแบคทีเรียแลคติกในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตเข้มข้นที่เติมหางนมผงปริมาณร้อยละ 5, 10 และ 15

Descriptives

data

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Min-imum	Maxi-mum
					Lower Bound	Upper Bound		
1.00	3	5.3867	.13051	.07535	5.0625	5.7109	5.24	5.49
2.00	3	5.6133	.26407	.15246	4.9573	6.2693	5.38	5.90
3.00	3	6.2533	.21221	.12252	5.7262	6.7805	6.01	6.40
Total	9	5.7511	.42949	.14316	5.4210	6.0812	5.24	6.40

ANOVA

data

			Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	(Combined)		1.212	2	.606	13.795	.006
	Linear Term	Contrast	1.127	1	1.127	25.645	.002
		Deviation	.085	1	.085	1.944	.213
Within Groups			.264	6	.044		
Total			1.476	8			

Duncan

Treatment	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
1.00	3	5.3867	
2.00	3	5.6133	
3.00	3		6.2533
Sig.		.234	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8.3 จำนวนแบคทีเรียแลคติกที่รอดชีวิตในผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวจากโยเกิร์ตที่เติมหางนมผงปริมาณร้อยละ 5, 10 และ 15

Descriptives

data

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
1.00	3	4.8233	.25775	.14881	4.1831	5.4636	4.59	5.10
2.00	3	5.0900	.13454	.07767	4.7558	5.4242	4.98	5.24
3.00	3	5.8167	.14844	.08570	5.4479	6.1854	5.69	5.98
Total	9	5.2433	.47421	.15807	4.8788	5.6078	4.59	5.98

ANOVA

data

			Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	(Combined)		1.586	2	.793	22.322	.002
	Linear Term	Contrast	1.480	1	1.480	41.666	.001
		Deviation	.106	1	.106	2.978	.135
Within Groups			.213	6	.036		
Total			1.799	8			

Duncan

Treatment	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
1.00	3	4.8233	
2.00	3	5.0900	
3.00	3		5.8167
Sig.		.134	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ช
ค่าทางสถิติของขนมขบเคี้ยวจากโยเกิร์ตผสมบีทรูทผง

1. ค่าสีของขนมขบเคี้ยวจากโยเกิร์ตผสมบีทรูทผงที่ความเข้มข้นร้อยละ 0, 4, 6 และ 8

1.1 ค่าสี L^*

Descriptives

data

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
1.00	3	92.6233	.15275	.08819	92.2439	93.0028	92.49	92.79
2.00	3	61.7567	.18556	.10713	61.2957	62.2176	61.58	61.95
3.00	3	57.3133	.02517	.01453	57.2508	57.3758	57.29	57.34
4.00	3	54.1633	.11930	.06888	53.8670	54.4597	54.03	54.26
Total	12	66.4642	16.02463	4.62591	56.2826	76.6457	54.03	92.79

ANOVA

data

			Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	(Combined)		2824.532	3	941.511	51850.067	.000
	Linear Term	Contrast	2153.645	1	2153.645	118603.654	.000
		Deviation	670.888	2	335.444	18473.274	.000
Within Groups			.145	8	.018		
Total			2824.678	11			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Duncan

Treatment	N	Subset for alpha = 0.05			
		1	2	3	4
4.00	3	54.1633			
3.00	3		57.3133		
2.00	3			61.7567	
1.00	3				92.6233
Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

1.2 ค่าสี a*

Descriptives

data

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Mini-mum	Maxi-mum
					Lower Bound	Upper Bound		
1.00	3	10.2367	.04041	.02333	10.1363	10.3371	10.20	10.28
2.00	3	23.6933	.11590	.06692	23.4054	23.9813	23.57	23.80
3.00	3	26.3567	.54885	.31688	24.9933	27.7201	26.02	26.99
4.00	3	27.1467	.10263	.05925	26.8917	27.4016	27.06	27.26
Total	12	21.8583	7.13856	2.06072	17.3227	26.3940	10.20	27.26

ANOVA

data

			Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	(Combined)		559.896	3	186.632	2284.122	.000
	Linear Term	Contrast	427.627	1	427.627	5233.581	.000
		Deviation	132.268	2	66.134	809.393	.000
Within Groups			.654	8	.082		
Total			560.549	11			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Duncan

Treatment	N	Subset for alpha = 0.05			
		1	2	3	4
1.00	3	10.2367			
2.00	3		23.6933		
3.00	3			26.3567	
4.00	3				27.1467
Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

1.2 ค่าสี b*

Descriptives

data

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
1.00	3	-.0867	.00577	.00333	-.1010	-.0723	-.09	-.08
2.00	3	-4.0300	.01000	.00577	-4.0548	-4.0052	-4.04	-4.02
3.00	3	-4.7600	.01000	.00577	-4.7848	-4.7352	-4.77	-4.75
4.00	3	-4.7367	.01155	.00667	-4.7654	-4.7080	-4.75	-4.73
Total	12	-3.4033	2.02338	.58410	-4.6889	-2.1177	-4.77	-.08

ANOVA

data

			Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	(Combined)		45.034	3	15.011	163759.758	.000
	Linear Term	Contrast	32.325	1	32.325	352640.291	.000
		Deviation	12.709	2	6.354	69319.491	.000
Within Groups			.001	8	.000		
Total			45.035	11			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Duncan

Treatment	N	Subset for alpha = 0.05			
		1	2	3	4
3.00	3	-4.7600			
4.00	3		-4.7367		
2.00	3			-4.0300	
1.00	3				-.0867
Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

2. ค่าความแข็งของขนมขบเคี้ยวจากโยเกิร์ตผสมบีทรูทผงที่ความเข้มข้นร้อยละ 0, 4, 6 และ 8

Descriptives

data

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
1.00	3	10.8767	.83285	.48084	8.8078	12.9456	9.92	11.44
2.00	3	14.4933	.82039	.47365	12.4554	16.5313	13.99	15.44
3.00	3	17.8767	.62852	.36287	16.3153	19.4380	17.37	18.58
4.00	3	23.2533	.52918	.30552	21.9388	24.5679	22.69	23.74
Total	12	16.6250	4.79915	1.38539	13.5758	19.6742	9.92	23.74

ANOVA

data

			Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	(Combined)		249.266	3	83.089	162.781	.000
	Linear Term	Contrast	246.200	1	246.200	482.334	.000
		Deviation	3.067	2	1.533	3.004	.106
Within Groups			4.083	8	.510		
Total			253.350	11			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Duncan

Treatment	N	Subset for alpha = 0.05			
		1	2	3	4
1.00	3	10.8767			
2.00	3		14.4933		
3.00	3			17.8767	
4.00	3				23.2533
Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

3. ปริมาณบีตาเลนในขนมขบเคี้ยวจากโยเกิร์ตผสมบีทรูทผงที่ความเข้มข้นร้อยละ 0, 4, 6 และ 8

3.1 ปริมาณบีตาไซยานิน

Descriptives

data

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
1.00	3	.0000	.00000	.00000	.0000	.0000	.00	.00
2.00	3	3.5733	.00577	.00333	3.5590	3.5877	3.57	3.58
3.00	3	6.6233	.02082	.01202	6.5716	6.6750	6.60	6.64
4.00	3	16.0200	.19313	.11150	15.5402	16.4998	15.81	16.19
Total	12	6.5542	6.21160	1.79313	2.6075	10.5008	.00	16.19

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ANOVA

data

			Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	(Combined)		424.348	3	141.449	14981.386	.000
	Linear Term	Contrast	391.835	1	391.835	41500.598	.000
		Deviation	32.513	2	16.256	1721.780	.000
Within Groups			.076	8	.009		
Total			424.423	11			

Duncan

Treatment	N	Subset for alpha = 0.05			
		1	2	3	4
1.00	3	.0000			
2.00	3		3.5733		
3.00	3			6.6233	
4.00	3				16.0200
Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

3.2 ปริมาณบีตาแซนทีน

Descriptives

data

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Mini-mum	Maxi-mum
					Lower Bound	Upper Bound		
1.00	3	.0000	.00000	.00000	.0000	.0000	.00	.00
2.00	3	2.4300	.00000	.00000	2.4300	2.4300	2.43	2.43
3.00	3	4.2100	.03000	.01732	4.1355	4.2845	4.18	4.24
4.00	3	10.7367	.33710	.19462	9.8993	11.5741	10.38	11.05
Total	12	4.3442	4.16132	1.20127	1.7002	6.9881	.00	11.05

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ANOVA

data

			Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	(Combined)		190.254	3	63.418	2214.827	.000
	Linear Term	Contrast	173.298	1	173.298	6052.317	.000
		Deviation	16.956	2	8.478	296.082	.000
Within Groups			.229	8	.029		
Total			190.483	11			

Duncan

Treatment	N	Subset for alpha = 0.05			
		1	2	3	4
1.00	3	.0000			
2.00	3		2.4300		
3.00	3			4.2100	
4.00	3				10.7367
Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

4. ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในขนมขบเคี้ยวจากโยเกิร์ตผสมบีทรูทผงที่ความเข้มข้นร้อยละ 0, 4, 6 และ 8

Descriptives

data

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
1.00	3	.180500	.0003464	.0002000	.179639	.181361	.1803	.1809
2.00	3	.208533	.0004041	.0002333	.207529	.209537	.2083	.2090
3.00	3	.229400	.0036373	.0021000	.220364	.238436	.2273	.2336
4.00	3	.247367	.0004041	.0002333	.246363	.248371	.2469	.2476
Total	12	.216450	.0260475	.0075193	.199900	.233000	.1803	.2476

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ANOVA

data

			Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	(Combined)		.007	3	.002	724.919	.000
	Linear Term	Contrast	.007	1	.007	2151.730	.000
		Deviation	.000	2	.000	11.514	.004
Within Groups			.000	8	.000		
Total			.007	11			

Duncan

Treatment	N	Subset for alpha = 0.05			
		1	2	3	4
1.00	3	.180500			
2.00	3		.208533		
3.00	3			.229400	
4.00	3				.247367
Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

5. ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH ในขนมขบเคี้ยวจากโยเกิร์ตผสมบีทรูทผงที่ความเข้มข้นร้อยละ 0, 4, 6 และ 8

Descriptives

data

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Mini-mum	Maxi-mum
					Lower Bound	Upper Bound		
1.00	3	3.0710	.20611	.11900	2.5590	3.5830	2.83	3.19
2.00	3	22.1533	.06351	.03667	21.9956	22.3111	22.08	22.19
3.00	3	27.3100	.13856	.08000	26.9658	27.6542	27.15	27.39
4.00	3	31.1700	.12000	.06928	30.8719	31.4681	31.05	31.29
Total	12	20.9261	11.27414	3.25456	13.7628	28.0893	2.83	31.29

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ANOVA

data

			Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	(Combined)		1398.007	3	466.002	23266.285	.000
	Linear Term	Contrast	1200.294	1	1200.294	59927.544	.000
		Deviation	197.713	2	98.857	4935.656	.000
Within Groups			.160	8	.020		
Total			1398.167	11			

Duncan

Treatment	N	Subset for alpha = 0.05			
		1	2	3	4
1.00	3	3.0710			
2.00	3		22.1533		
3.00	3			27.3100	
4.00	3				31.1700
Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

6. คะแนนทางด้านประสาทสัมผัสของขนมขบเคี้ยวจากโยเกิร์ตผสมบีทรูทผงที่ความเข้มข้นร้อยละ 0, 4, 6 และ 8

6.1 คะแนนทางด้านกลิ่น

Descriptives

data

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Mini-mum	Maxi-mum
					Lower Bound	Upper Bound		
1.00	25	6.9200	1.15181	.23036	6.4446	7.3954	5.00	9.00
2.00	25	6.5200	1.08474	.21695	6.0722	6.9678	5.00	8.00
3.00	25	6.5600	1.00333	.20067	6.1458	6.9742	5.00	8.00
4.00	25	6.5200	1.19443	.23889	6.0270	7.0130	4.00	9.00
Total	100	6.6300	1.10696	.11070	6.4104	6.8496	4.00	9.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ANOVA

data

			Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	(Combined)		2.830	3	.943	.764	.517
	Linear Term	Contrast	1.682	1	1.682	1.363	.246
		Deviation	1.148	2	.574	.465	.629
Within Groups			118.480	96	1.234		
Total			121.310	99			

Duncan

Treatment	N	Subset for alpha = 0.05
		1
2.00	25	6.5200
4.00	25	6.5200
3.00	25	6.5600
1.00	25	6.9200
Sig.		.252

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 25.000.

6.2 คะแนนทางด้านรสชาติ

Descriptives

data

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
1.00	25	6.5600	1.26095	.25219	6.0395	7.0805	4.00	9.00
2.00	25	6.3600	1.38082	.27616	5.7900	6.9300	4.00	9.00
3.00	25	6.1200	1.50886	.30177	5.4972	6.7428	4.00	9.00
4.00	25	5.8000	1.52753	.30551	5.1695	6.4305	4.00	9.00
Total	100	6.2100	1.43051	.14305	5.9262	6.4938	4.00	9.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ANOVA

data

			Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	(Combined)		8.030	3	2.677	1.321	.272
	Linear Term	Contrast	7.938	1	7.938	3.917	.051
		Deviation	.092	2	.046	.023	.978
Within Groups			194.560	96	2.027		
Total			202.590	99			

Duncan

Treatment	N	Subset for alpha = 0.05
		1
4.00	25	5.8000
3.00	25	6.1200
2.00	25	6.3600
1.00	25	6.5600
Sig.		.088

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 25.000.

6.3 คะแนนทางด้านความกรอบ

Descriptives

data

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Mini-mum	Maxi-mum
					Lower Bound	Upper Bound		
1.00	25	6.3600	1.15036	.23007	5.8852	6.8348	4.00	8.00
2.00	25	6.6800	1.10755	.22151	6.2228	7.1372	5.00	8.00
3.00	25	7.0400	1.05987	.21197	6.6025	7.4775	5.00	8.00
4.00	25	7.1600	1.24766	.24953	6.6450	7.6750	4.00	9.00
Total	100	6.8100	1.16943	.11694	6.5780	7.0420	4.00	9.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ANOVA

data

			Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	(Combined)		9.870	3	3.290	2.516	.063
	Linear Term	Contrast	9.522	1	9.522	7.283	.008
		Deviation	.348	2	.174	.133	.876
Within Groups			125.520	96	1.307		
Total			135.390	99			

Duncan

Treatment	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
1.00	25	6.3600	
2.00	25	6.6800	6.6800
3.00	25		7.0400
4.00	25		7.1600
Sig.		.325	.165

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 25.000.

6.4 คะแนนทางด้านความชอบโดยรวม

Descriptives

data

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Mini-mum	Maxi-mum
					Lower Bound	Upper Bound		
1.00	25	6.9200	1.03763	.20753	6.4917	7.3483	5.00	9.00
2.00	25	6.6400	1.18603	.23721	6.1504	7.1296	4.00	9.00
3.00	25	6.5600	1.15758	.23152	6.0822	7.0378	4.00	9.00
4.00	25	6.1600	1.43411	.28682	5.5680	6.7520	3.00	9.00
Total	100	6.5700	1.22479	.12248	6.3270	6.8130	3.00	9.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ANOVA

data

			Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	(Combined)		7.390	3	2.463	1.676	.177
	Linear Term	Contrast	6.962	1	6.962	4.736	.032
		Deviation	.428	2	.214	.146	.865
Within Groups			141.120	96	1.470		
Total			148.510	99			

Duncan

Treatment	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
4.00	25	6.1600	
3.00	25	6.5600	6.5600
2.00	25	6.6400	6.6400
1.00	25		6.9200
Sig.		.191	.327

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 25.000.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. จำนวนแบคทีเรียแลคติกขนมขบเคี้ยวจากโยเกิร์ตผสมบีทรูทผงที่ความเข้มข้นร้อยละ 0, 4, 6 และ 8

7.1 จำนวนแบคทีเรียแลคติกก่อนการทำแห้ง

Descriptives

data

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Mini-mum	Maxi-mum
					Lower Bound	Upper Bound		
1.00	3	6.0567	.05033	.02906	5.9316	6.1817	6.01	6.11
2.00	3	6.1000	.05568	.03215	5.9617	6.2383	6.04	6.15
3.00	3	6.4600	.07550	.04359	6.2725	6.6475	6.39	6.54
4.00	3	6.3200	.10817	.06245	6.0513	6.5887	6.20	6.41
Total	12	6.2342	.18333	.05292	6.1177	6.3506	6.01	6.54

ANOVA

data

			Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	(Combined)		.324	3	.108	18.734	.001
	Linear Term	Contrast	.198	1	.198	34.450	.000
		Deviation	.125	2	.063	10.876	.005
Within Groups			.046	8	.006		
Total			.370	11			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Duncan

Treatment	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
1.00	3	6.0567	
2.00	3	6.1000	
4.00	3		6.3200
3.00	3		6.4600
Sig.		.504	.054

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

7.2 จำนวนแบคทีเรียแลคติกที่รอดชีวิตหลังการทำแห้ง

Descriptives

data

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
1.00	3	5.6100	.06557	.03786	5.4471	5.7729	5.55	5.68
2.00	3	5.5717	.03403	.01965	5.4871	5.6562	5.55	5.61
3.00	3	5.7230	.07455	.04304	5.5378	5.9082	5.65	5.80
4.00	3	5.7600	.11269	.06506	5.4801	6.0399	5.69	5.89
Total	12	5.6662	.10436	.03012	5.5999	5.7325	5.55	5.89

ANOVA

data

			Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	(Combined)		.072	3	.024	4.068	.050
	Linear Term	Contrast	.054	1	.054	9.149	.016
		Deviation	.018	2	.009	1.528	.274
Within Groups			.047	8	.006		
Total			.120	11			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Duncan

Treatment	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
2.00	3	5.5717	
1.00	3	5.6100	5.6100
3.00	3		5.7230
4.00	3		5.7600
Sig.		.559	.051

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้