



การพัฒนาผลิตภัณฑ์เค้กแบ่งข้าวขาวดอกมะลิ 105 สอดไส้ครีมเสาวรส
โดยใช้กัมจากเมล็ดแมงลัก

โดย

นางสาวอมรรัตน์ เจริญ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตรและเทคโนโลยีการอาหาร)
ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
ปีการศึกษา 2559
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

การพัฒนาผลิตภัณฑ์เค้กแบ่งข้าวขาวดอกมะลิ 105 สอดไส้ครีมเสาวรส
โดยใช้กัมจากเมล็ดแมงลัก

โดย

นางสาวอมรรัตน์ เจริญ



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตรและเทคโนโลยีการอาหาร)
ภาควิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
ปีการศึกษา 2559
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

DEVELOPMENT OF KHAO DAWK MALI 105 RICE FLOUR
CAKE FILLED WITH PASSION FRUIT PASTRY CREAM BY
USING BASIL SEED GUM

BY

MISS AMONRAT CHAROEN



A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENTS
FOR THE DEGREE OF
MASTER OF SCIENCE (FOOD SCIENCE AND TECHNOLOGY)
DEPARTMENT OF FOOD SCIENCE AND TECHNOLOGY
FACULTY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY
THAMMASAT UNIVERSITY
ACADEMIC YEAR 2016
COPYRIGHT OF THAMMASAT UNIVERSITY

มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

วิทยานิพนธ์

ของ

นางสาวอมรรัตน์ เจริญ

เรื่อง

การพัฒนาผลิตภัณฑ์เค้กแบ่งข้าวขาวดอกมะลิ 105 สอดไส้ครีมเสาวรส โดยใช้กัมจากเมล็ดแมงลัก

ได้รับการตรวจสอบและอนุมัติ ให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร)

เมื่อ วันที่ 26 กรกฎาคม พ.ศ. 2560

ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

(รองศาสตราจารย์ ดร.ประภาศรี เทพรักษ์)

กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

สุธีรา วัฒนกุล

(ดร.สุธีรา วัฒนกุล)

กรรมการสอบวิทยานิพนธ์

ดร.บุศราภา ลีละวัฒน์

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บุศราภา ลีละวัฒน์)

กรรมการสอบวิทยานิพนธ์

เทพัญญา หาญศิลป์

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เทพัญญา หาญศิลป์)

คณบดี

ปกรณ์ เสริมสุข

(รองศาสตราจารย์ ปกรณ์ เสริมสุข)

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การพัฒนาผลิตภัณฑ์เค้กแบ่งข้าวขาวดอกมะลิ 105 สอดไส้ครีมเสาวรส โดยใช้กัมจากเมล็ดแมงลัก
ชื่อผู้เขียน	นางสาวอมรรัตน์ เจริญ
ชื่อปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร)
สาขาวิชา/คณะ/มหาวิทยาลัย	วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	ดร.สุธีรา วัฒนกุล
ปีการศึกษา	2559

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์เค้กแบ่งข้าวขาวดอกมะลิ 105 สอดไส้ครีมเสาวรส โดยเริ่มจากการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมซึ่งศึกษาอุณหภูมิที่ใช้ในการสกัดและอัตราส่วนของน้ำต่อเมล็ดต่อสมบัติทางกายภาพและเคมี พบว่าอุณหภูมิที่ใช้ในการสกัดส่งผลให้ปริมาณร้อยละผลผลิต ความหนืดปรากฏ และปริมาณโปรตีนลดลง อัตราส่วนของน้ำต่อเมล็ดส่งผลให้ความหนืดปรากฏและปริมาณโปรตีนลดลง แต่ความสามารถในการอุ้มน้ำเพิ่มขึ้น จากการวิเคราะห์แผนภาพพื้นที่ผิวตอบสนองเพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัด พบว่าสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดกัมจากเมล็ดแมงลักคือ อุณหภูมิที่ใช้ในการสกัดเท่ากับ 71.5 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนของน้ำต่อเมล็ดเท่ากับ 59:1 จากนั้นศึกษาสมบัติของกัมจากเมล็ดแมงลักพบว่าสารละลายกัมจากเมล็ดแมงลักแสดงพฤติกรรมการไหลแบบซูโดพลาสติก ต่อมาเปรียบเทียบสมบัติกับกัมทางการค้าพบว่าสารละลายกัมจากเมล็ดแมงลักและสารละลายกัมทางการค้าแสดงพฤติกรรมการไหลแบบซูโดพลาสติก เมื่อความเข้มข้นของสารละลายเพิ่มขึ้น ความหนืดปรากฏของกัมจากเมล็ดแมงลักและกัวกัมเพิ่มขึ้น และแซนแทนกัมและแซนแทนผสมกัวกัมมีความสามารถในการอุ้มน้ำมากที่สุด จากนั้นศึกษาปริมาณที่เหมาะสมของกัมจากเมล็ดแมงลัก (ร้อยละ 0, 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 โดยน้ำหนักของแบ่งข้าวขาวดอกมะลิ 105) ในผลิตภัณฑ์เค้กแบ่งข้าวขาวดอกมะลิ 105 พบว่าการเติมกัมจากเมล็ดแมงลักที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้ความหนืดของเบตเตอร์เค้กเพิ่มขึ้น ความถ่วงจำเพาะของเบตเตอร์เค้กลดลง ปริมาตรจำเพาะของเค้กเพิ่มขึ้น รวมทั้งผู้บริโภคให้การยอมรับผลิตภัณฑ์เค้กแบ่งข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่เติมกัมจากเมล็ดแมงลักร้อยละ 0.5 โดยน้ำหนักของแบ่งข้าวขาวดอกมะลิ 105 อยู่ในเกณฑ์ชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง ต่อมาศึกษาความเข้มข้นของน้ำเสาวรสและอัตราส่วนของนมต่อน้ำ

เสาวรสต่อคุณภาพของครีมเสาวรส ผลการศึกษาพบว่าความเข้มข้นของน้ำเสาวรสที่เพิ่มขึ้นและอัตราส่วนของนมต่อน้ำเสาวรสที่ลดลงส่งผลให้ค่าความสว่างของครีมเสาวรสลดลง แต่ค่าสีเหลืองของครีมเสาวรสเพิ่มขึ้น ครีมเสาวรสที่น้ำเสาวรสความเข้มข้นร้อยละ 75 อัตราส่วนของนมต่อน้ำเสาวรสที่ 50:50 ได้รับคะแนนความชอบโดยรวมสูงสุด จากนั้นศึกษาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์เค้กแบ่งข้าวขาวดอกมะลิ 105 สอดไส้ครีมเสาวรสที่อุณหภูมิห้องและอุณหภูมิแช่เย็น พบว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง ผลิตภัณฑ์เค้กแบ่งข้าวขาวดอกมะลิ 105 สอดไส้ครีมเสาวรสมีค่าสีของเนื้อเค้กและค่าสีเสาวรสลดลง ความแข็งลดลง รสเปรี้ยวและ กลิ่นรสเสาวรสลดลง ดังนั้นผลิตภัณฑ์เค้กแบ่งข้าวขาวดอกมะลิ 105 สอดไส้ครีมเสาวรสที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องมีอายุการเก็บรักษา 1 วัน สำหรับการศึกษอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์เค้กแบ่งข้าวขาวดอกมะลิ 105 สอดไส้ครีมเสาวรสที่อุณหภูมิแช่เย็น พบว่า ผลิตภัณฑ์เค้กแบ่งข้าวขาวดอกมะลิ 105 สอดไส้ครีมเสาวรสมีความแข็งเพิ่มขึ้น แต่รสเปรี้ยว กลิ่นรสเสาวรส และความรู้สึกรสคั่งด้านรสเปรี้ยว กลิ่นรสเสาวรสลดลง ดังนั้น ผลิตภัณฑ์เค้กแบ่งข้าวขาวดอกมะลิ 105 สอดไส้ครีมเสาวรสที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิแช่เย็นมีอายุการเก็บรักษา 9 วัน ในขั้นตอนสุดท้ายคือการประเมินการยอมรับและการตัดสินใจซื้อของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์เค้กแบ่งข้าวขาวดอกมะลิ 105 สอดไส้ครีมเสาวรส พบว่าผู้บริโภคให้การยอมรับผลิตภัณฑ์ร้อยละ 99 และตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์ร้อยละ 85 พร้อมทั้งความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์อยู่ในช่วงชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง

คำสำคัญ: เค้กแบ่งข้าว, ข้าวขาวดอกมะลิ 105, อาหารปราศจากกลูเตน, กัมจากเมล็ดแมงลัก, เสาวรส

Thesis Title	DEVELOPMENT OF KHAO DAWK MALI 105 RICE FLOUR CAKE FILLED WITH PASSION FRUIT PASTRY CREAM BY USING BASIL SEED GUM
Author	Miss Amonrat Charoen
Degree	Master of Science (Food science and Technology)
Major Field/Faculty/University	Food science and Technology Science and Technology Thammasat University
Thesis Advisor	Suteera vattanakul, Ph D.
Academic Years	2016

ABSTRACT

The study was to develop Khao Dawk Mali 105 rice flour cake filled with passion fruit pastry cream. First, the study examined the effect of temperature and water to seed ratio on physicochemical properties. The results showed that temperature significantly decreased extraction yield, apparent viscosity and protein content and water to seed ratio significantly decreased apparent viscosity and protein content but increased water holding capacity. Applying a response surface method to the optimum condition was temperature 71.5°C and water to seed ratio of 59:1. Next, the study was to analyze rheological properties and compare physical properties with commercial gum. The results indicated that basil seed gum solution (0.5, 1.0, 1.5 and 2.0 %w/v) were pseudoplastic flow behavior. Basil seed gum, guar gum, xanthan gum and xanthan-guar gum were pseudoplastic flow behavior. Basil seed gum solution and guar gum solution had high apparent viscosity at 2.0 %w/v while xanthan gum and xanthan-guar gum had the highest water holding capacity. Next, the study was mainly concerned with the different level of basil seed gum (0, 0.5, 1.0, 1.5 and 2.0% of Khao Dawk Mali 105 rice flour weight) on physical and sensory properties. The results revealed that the addition of basil seed gum significantly decreased specific gravity of batter cake, crumb color but increased

viscosity of batter cake and specific volume. Sensory evaluation, the appropriate level of basil seed gum is 0.5% of Khao Dawk Mali 105 rice flour weight that was accepted by consumer. The overall liking score was rated as “like slightly and like moderately”. The next step of the study was to determine the effect of the concentration of Passion fruit juice (100% and 75%) and milk: passion fruit juice ratio (70:30 and 50:50) on the quality of passion fruit pastry cream. The high concentration of passion fruit juice and the low milk: passion fruit juice ratio decreased lightness but increased yellowness; moreover, the 75% of Passion fruit juice and the milk: passion fruit juice ratio which was 50:50 had the highest overall liking score. The shelf life of Khao Dawk Mali 105 rice flour cake with passion fruit pastry cream was to evaluate the quality of this product at room temperature and chill temperature. At room temperature, crumb color of cake, color of passion fruit pastry cream and hardness were decreased and sour, passion fruit flavor and passion fruit aftertaste was significantly decreased. Thus, the shelf life of Khao Dawk Mali 105 rice flour cake with passion fruit pastry cream at room temperature was 1 day. At chill temperature, hardness were increased; in contrast, sour, passion fruit flavor, sour aftertaste and passion fruit aftertaste was significantly decreased; therefore, the shelf life of Khao Dawk Mali 105 rice flour cake with passion fruit pastry cream at chill temperature was 9 days. Consumer acceptance and purchase discussion test showed that consumer acceptance and purchase intention were 99% and 85%, respectively; in addition, Khao Dawk Mali 105 rice flour cake with passion fruit pastry cream was rated as “like slightly and like moderately”.

Keywords: Rice flour cake, Gluten free products, Basil seed gum, Passion fruit

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้รับทุนจากสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) สำหรับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากโครงการพัฒนานักวิจัยและงานวิจัยเพื่ออุตสาหกรรม (พวอ.) ประจำปี 2558 (MDI580014) และบริษัท อาร์ซีเค อะกริ มาร์เก็ตติ้ง จำกัด ซึ่งเป็นผู้สนับสนุนข้าวขาวดอกมะลิ 105 สำหรับงานวิจัยนี้

ขอขอบพระคุณคณาจารย์สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหารทุกท่านที่ให้ความรู้และคำแนะนำต่างๆ สามารถทำให้วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี และขอขอบพระคุณอาจารย์ ดร.สุธีรา วัฒนกุล อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ที่คอยให้คำแนะนำ ช่วยเหลือ และเป็นกำลังใจสำคัญในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้สำเร็จสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร.ประภาศรี เทพรักษา ประธานกรรมการการสอบวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บุศราภา ลีละวัฒน์ กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เทพกัญญา หาญศีลวัต กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก ที่ให้คำแนะนำในการทำวิทยานิพนธ์ตลอดระยะเวลาการศึกษา

ขอขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร.วรางคณา สมพงษ์ และคุณชัยญานุช ชอบธรรม ที่ให้คำปรึกษาและคำแนะนำเกี่ยวกับรูปแบบในการทำวิทยานิพนธ์ เพื่อให้วิทยานิพนธ์มีความเหมาะสม ถูกต้อง และครบถ้วนความสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีทุกท่านที่คอยช่วยเหลือตลอดระยะเวลาการศึกษา และขอขอบคุณพี่ๆ เพื่อนๆ และน้องๆ นักศึกษาในภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหารที่ให้กำลังใจ และความช่วยเหลือในการทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้

สุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณคุณพ่อ คุณแม่ และครอบครัวที่เป็นกำลังใจสำคัญ คอยช่วยเหลือและสนับสนุนตลอดระยะเวลาการเรียนและการทำวิทยานิพนธ์จนประสบความสำเร็จ

นางสาวอมรรัตน์ เจริญ

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	(1)
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	(3)
กิตติกรรมประกาศ	(5)
สารบัญตาราง	(12)
สารบัญรูป	(15)
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 บทนำ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	3
บทที่ 2 วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 โรคแพ้กลูเตน (Celiac Disease)	4
2.2 ข้าวหอมมะลิ	5
2.3 กัมจากเมล็ดแมงลัก	6
2.4 เสาวรส (Passion fruit)	8
2.5 สารไฮโดรคอลลอยด์ (Hydrocolloids)	10
2.5.1 แซนแทนกัม (Xanthan gum)	11
2.5.2 กัวร์กัม (Guar gum)	11
2.6 ความหนืดของของไหล	11
2.6.1 ของไหลนิวโตเนียน (Newtonian Flow)	12
2.6.2 ของไหลนอนนิวโตเนียน (Non-Newtonian flow)	12
2.6.2.1 ของไหลนอนนิวโตเนียนที่ไม่ขึ้นกับเวลา (Time-independent non-newtonian flow)	13

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.6.2.2 ของไหลนอนนิวโตเนียนที่ไม่ขึ้นกับเวลา (Time-dependent non-newtonian flow)	13
2.7 เทคนิคทางสถิติที่ใช้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์	14
2.7.1 การวิเคราะห์ตัวประกอบหลัก (Principal Component Analysis: PCA)	14
2.7.2 การวิเคราะห์แผนผังความชอบของผู้บริโภค (Preference mapping)	14
2.7.3 การประยุกต์ใช้เทคนิคทางสถิติในผลิตภัณฑ์เค้ก	14
บทที่ 3 วิธีการวิจัย	16
3.1 วัตถุประสงค์	16
3.2 อุปกรณ์และเครื่องมือ	16
3.2.1 อุปกรณ์สำหรับการสกัดกัมจากเมล็ดแมงลัก	16
3.2.2 อุปกรณ์สำหรับการผลิตเค้กแป้งข้าวขาวดอกมะลิ 105	16
3.2.3 อุปกรณ์สำหรับการวิเคราะห์	17
3.3 การเตรียมวัตถุดิบ	18
3.3.1 การเตรียมแป้งข้าวขาวดอกมะลิ 105	18
3.3.2 การเตรียมน้ำเสาวรส	18
3.4 วิธีการดำเนินงานวิจัย	18
3.4.1 ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดกัมจากเมล็ดแมงลัก	18
3.4.1.1 ปริมาณร้อยละผลผลิต (Extraction yield)	18
3.4.1.2 ความหนืดปรากฏ (Apparent viscosity)	19
3.4.1.3 ความสามารถในการอุ้มน้ำ (Water holding capacity: WHC)	19
3.4.1.4 การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน	19
3.4.1.5 การวิเคราะห์ทางสถิติ	19
3.4.2 ศึกษาสมบัติของกัมจากเมล็ดแมงลัก	19
3.4.2.1 ศึกษาความหนืดของการแปรรูปของกัมจากเมล็ดแมงลัก	20
3.4.2.2 เปรียบเทียบสมบัติของกัมทางการค้ากับกัมจากเมล็ดแมงลัก	20

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.4.3 ศึกษาปริมาณที่เหมาะสมของกัมจากเมล็ดแมงลักในผลิตภัณฑ์ เค้กแบ่งข้าวขาวดอกมะลิ 105	21
3.4.3.1 ความถ่วงจำเพาะของแบตเตอรี่เค้ก (Specific gravity)	22
3.4.3.2 ความหนืดของแบตเตอรี่เค้ก (Viscosity)	22
3.4.3.3 ปริมาตรจำเพาะของเค้ก (Specific volume)	22
3.4.3.4 ค่าสีของเนื้อเค้ก	23
3.4.3.5 ลักษณะเนื้อสัมผัส	23
3.4.3.6 Layer cake template	23
3.4.3.7 การทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส	24
3.4.3.8 การวิเคราะห์ทางสถิติ	24
3.4.4 ศึกษาปริมาณที่เหมาะสมของน้ำเสาวรสในครีมเสาวรส	24
3.4.4.1 ความหนืดของครีมเสาวรส	25
3.4.4.2 ค่าสีของครีมเสาวรส	25
3.4.4.3 ปริมาณน้ำอิสระในครีมเสาวรส (Water activity: a_w)	25
3.4.4.4 การทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส	26
3.4.4.5 การวิเคราะห์ทางสถิติ	26
3.4.5 ศึกษาอายุการเก็บรักษาสลิตภัณฑ์เค้กแบ่งข้าวขาวดอกมะลิ 105 สอดไส้ครีมเสาวรสที่พัฒนาได้	26
3.4.5.1 ค่าสีของเนื้อเค้ก	26
3.4.5.2 ค่าสีของครีมเสาวรส	26
3.4.5.3 ลักษณะเนื้อสัมผัส	26
3.4.5.4 ปริมาณน้ำอิสระ (Water activity: a_w)	27
3.4.5.5 ปริมาณจุลินทรีย์	27
3.4.5.6 การทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสเชิงพรรณนา	27
3.4.5.7 การวิเคราะห์ทางสถิติ	28
3.4.6 ศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์เค้กแบ่งข้าวขาวดอกมะลิ 105 สอดไส้ครีมเสาวรส	30

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.4.6.1 การยอมรับทางประสาทสัมผัส	30
3.4.6.2 การตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์	30
3.4.6.3 การวิเคราะห์ทางสถิติ	30
บทที่ 4 ผลการวิจัยและอภิปรายผล	31
4.1 ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดกัมจากเมล็ดแมงลัก	31
4.4.1 ปริมาณร้อยละผลผลิต (Extraction yield)	31
4.4.2 ความหนืดปรากฏ (Apparent viscosity)	32
4.4.3 ความสามารถในการอุ้มน้ำ (Water holding capacity: WHC)	33
4.1.4 ปริมาณโปรตีน	33
4.1.5 สภาวะที่เหมาะสมในการสกัดกัมจากเมล็ดแมงลัก	34
4.2 ศึกษาสมบัติของกัมจากเมล็ดแมงลัก	37
4.2.1 ความหนืดของการแปรระดับของกัมจากเมล็ดแมงลัก	37
4.2.2 เปรียบเทียบสมบัติของกัมทางการค้ากับกัมจากเมล็ดแมงลัก	39
4.2.2.1 ความหนืดปรากฏ	39
4.2.2.2 ความสามารถในการอุ้มน้ำ	41
4.3 ศึกษาปริมาณที่เหมาะสมของกัมจากเมล็ดแมงลักในผลิตภัณฑ์	
เค้กแป้งข้าวขาวดอกมะลิ 105	42
4.3.1 ความถ่วงจำเพาะของแบตเตอรี่เค้ก	42
4.3.2 ความหนืดของแบตเตอรี่เค้ก	43
4.3.3 ปริมาตรจำเพาะของเค้ก	43
4.3.4 ค่าสีของเนื้อเค้ก	45
4.3.5 ลักษณะเนื้อสัมผัส	45
4.3.6 Layer cake template	49
4.3.7 การทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส	50
4.3.7.1 การทดสอบความพอดี	50
4.3.7.2 การประเมินความชอบ	50

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.4 ศึกษาปริมาณที่เหมาะสมของน้ำเสาวรสในครีมเสาวรส	55
4.4.1 ความหนืดของครีมเสาวรส	55
4.4.2 ค่าสีของครีมเสาวรส	56
4.4.3 ปริมาณน้ำอิสระ (a_w) ในครีมเสาวรส	57
4.4.4 การทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส	58
4.4.4.1 การทดสอบความพอดี	58
4.4.4.2 การประเมินความชอบ	60
4.5 ศึกษาอายุการเก็บรักษาลิิตภัณฑ์เค้กแบ่งข้าวขาวดอกมะลิ 105 สอด้ไส้ครีมเสาวรสที่พัฒนาได้	62
4.5.1 การเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง	62
4.5.1.1 ค่าสีของเนื้อเค้ก	62
4.5.1.2 ค่าสีของครีมเสาวรส	63
4.5.1.3 ลักษณะเนื้อสัมผัส	63
4.5.1.4 ปริมาณน้ำอิสระ (a_w)	66
4.5.1.5 ปริมาณจุลินทรีย์	66
4.5.1.6 การทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสเชิงพรรณนา	68
4.5.2 การเก็บรักษาที่อุณหภูมิแช่เย็น	69
4.5.2.1 ค่าสีของเนื้อเค้ก	69
4.5.2.2 ค่าสีของครีมเสาวรส	70
4.5.2.3 ลักษณะเนื้อสัมผัส	71
4.5.2.4 ปริมาณน้ำอิสระ (a_w)	73
4.5.2.5 ปริมาณจุลินทรีย์	73
4.5.2.6 การทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสเชิงพรรณนา	75
4.6 ศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์เค้กแบ่งข้าวขาวดอกมะลิ 105 สอด้ไส้ครีมเสาวรส	76

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	84
5.1 บทสรุป	84
5.1.1 ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดกัมจากเมล็ดแมงลัก	84
5.1.2 ศึกษาสมบัติของกัมจากเมล็ดแมงลัก	84
5.1.2.1 ความหนืดของการแปรรูปของกัมจากเมล็ดแมงลัก	84
5.1.2.2 เปรียบเทียบสมบัติของกัมทางการค้ากับกัมจากเมล็ดแมงลัก	84
5.1.3 ศึกษาปริมาณที่เหมาะสมของกัมจากเมล็ดแมงลักในผลิตภัณฑ์ เค้กแบ่งข้าวขาวดอกมะลิ 105	84
5.1.4 ศึกษาปริมาณที่เหมาะสมของน้ำเสาวรสในครีมเสาวรส	85
5.1.5 ศึกษาอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์เค้กแบ่งข้าวขาวดอกมะลิ 105 สอดไส้ครีมเสาวรสที่พัฒนาได้	85
5.1.6 ศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์เค้กแบ่งข้าวขาวดอกมะลิ 105 สอดไส้ครีมเสาวรส	85
5.2 ข้อเสนอแนะ	86
รายการอ้างอิง	87
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก	95
ภาคผนวก ข	103
ภาคผนวก ค	114
ประวัติผู้เขียน	115

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
3.1 สูตรการผลิตเค้กแบ่งข้าวขาวดอกมะลิ 105	21
3.2 สูตรการการผลิตครีมเสาวรส	25
3.3 ลักษณะทางประสาทสัมผัส ความหมาย วิธีการประเมิน ตัวอย่างอ้างอิง และคะแนนความเข้มของตัวอย่างอ้างอิง สำหรับการประเมินทางประสาทสัมผัสเชิงพรรณนาของผลิตภัณฑ์เค้กแบ่งข้าวขาวดอกมะลิ 105 สดใสครีมเสาวรส	28
4.1 ปริมาณร้อยละผลผลิตของกัมจากเมล็ดแมงลักที่ระดับการสกัดแตกต่างกัน	31
4.2 ความหนืดปรากฏของกัมจากเมล็ดแมงลักที่ระดับการสกัดแตกต่างกัน	32
4.3 ความสามารถในการอุ้มน้ำของกัมจากเมล็ดแมงลักที่ระดับการสกัดแตกต่างกัน	33
4.4 ปริมาณโปรตีนของกัมจากเมล็ดแมงลักที่ระดับการสกัดแตกต่างกัน	34
4.5 สมการถดถอยที่อธิบายการเปลี่ยนแปลงของกัมจากเมล็ดแมงลัก	35
4.6 ความหนืดปรากฏของกัมแต่ละชนิดที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.5 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร	41
4.7 ความสามารถในการอุ้มน้ำของกัมแต่ละชนิด	41
4.8 ความถ่วงจำเพาะของแบตเตอรี่เค้กแบ่งข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ระดับกัมจากเมล็ดแมงลักแตกต่างกัน	42
4.9 ความหนืดแบตเตอรี่เค้กแบ่งข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ระดับกัมจากเมล็ดแมงลักแตกต่างกัน	43
4.10 ปริมาตรจำเพาะของเค้กแบ่งข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ระดับกัมจากเมล็ดแมงลักแตกต่างกัน	44
4.11 ค่าสีของเนื้อเค้กแบ่งข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ระดับกัมจากเมล็ดแมงลักแตกต่างกัน	45
4.12 ลักษณะเนื้อสัมผัสของเค้กแบ่งข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ระดับกัมจากเมล็ดแมงลักแตกต่างกัน	48
4.13 Layer cake template ของเนื้อเค้กแบ่งข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ระดับกัมจากเมล็ดแมงลักแตกต่างกัน	49
4.14 ทิศทางของลักษณะความนุ่มของเนื้อเค้กแบ่งข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ระดับกัมจากเมล็ดแมงลักแตกต่างกัน จากการทดสอบความพอดี	50
4.15 คะแนนทางด้านประสาทสัมผัสของเค้กแบ่งข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ระดับกัมจากเมล็ดแมงลักแตกต่างกัน	52

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4.16 สูตรเค้กแบ่งข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่พัฒนาได้	55
4.17 ความหนืดของครีมเสาวรสที่ระดับต่างกัน	56
4.18 ค่าสีของครีมเสาวรสที่ระดับต่างกัน	57
4.19 ปริมาณน้ำอิสระ (a_w) ของครีมเสาวรสที่ระดับต่างกัน	58
4.20 ทิศทางของลักษณะทางด้านรสเปรี้ยวของครีมเสาวรสที่ระดับต่างกัน จากการทดสอบความพอดี	59
4.21 ทิศทางของลักษณะทางด้านรสหวานของครีมเสาวรสที่ระดับต่างกัน จากการทดสอบความพอดี	59
4.22 ทิศทางของลักษณะทางด้านความสามารถในการทาของครีมเสาวรสที่ระดับต่างกัน จากการทดสอบความพอดี	60
4.23 คะแนนทางด้านประสาทสัมผัสจากการประเมินความชอบของผู้บริโภคที่มีต่อ ครีมเสาวรสที่ระดับความเข้มข้นต่างกัน	61
4.24 สูตรครีมเสาวรสที่พัฒนาได้	62
4.25 ค่าสีของเนื้อเค้กแบ่งข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่สภาวะการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง	62
4.26 ค่าสีของครีมเสาวรสที่สภาวะการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง	63
4.27 ลักษณะเนื้อสัมผัสของเค้กแบ่งข้าวขาวดอกมะลิ 105 สอดไส้ครีมเสาวรส ที่สภาวะการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง	65
4.28 ปริมาณน้ำอิสระ (a_w) ของเนื้อเค้กแบ่งข้าวขาวดอกมะลิ 105 และครีมเสาวรส ที่สภาวะการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง	66
4.29 การวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดของเค้กแบ่งข้าวขาวดอกมะลิ 105 สอดไส้ครีมเสาวรสที่สภาวะการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง	67
4.30 การวิเคราะห์ปริมาณยีสต์ และราของเค้กแบ่งข้าวขาวดอกมะลิ 105 สอดไส้ครีมเสาวรสที่สภาวะการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง	68
4.31 คะแนนทางด้านประสาทสัมผัสของเค้กแบ่งข้าวขาวดอกมะลิ 105 สอดไส้ครีมเสาวรสที่สภาวะการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง	69
4.32 ค่าสีของเนื้อเค้กแบ่งข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่สภาวะการเก็บรักษาที่อุณหภูมิแช่เย็น	70
4.33 ค่าสีของครีมเสาวรสที่สภาวะการเก็บรักษาที่อุณหภูมิแช่เย็น	71

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4.34 ลักษณะเนื้อสัมผัสของเค้กแบ่งข้าวขาวดอกมะลิ 105 สอดไส้ครีมเสาวรส ที่สภาวะการเก็บรักษาที่อุณหภูมิแช่เย็น	72
4.35 ปริมาณน้ำอิสระ (a_w) ของเนื้อเค้กแบ่งข้าวขาวดอกมะลิ 105 และครีมเสาวรส ที่สภาวะการเก็บรักษาที่อุณหภูมิแช่เย็น	73
4.36 การวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดของเค้กแบ่งข้าวขาวดอกมะลิ 105 สอดไส้ครีมเสาวรสที่สภาวะการเก็บรักษาที่อุณหภูมิแช่เย็น	74
4.37 การวิเคราะห์ปริมาณยีสต์ และราของเค้กแบ่งข้าวขาวดอกมะลิ 105 สอดไส้ครีมเสาวรสที่สภาวะการเก็บรักษาที่อุณหภูมิแช่เย็น	75
4.38 คะแนนความเข้มทางด้านประสาทสัมผัสของเค้กแบ่งข้าวขาวดอกมะลิ 105 สอดไส้ครีมเสาวรสที่สภาวะการเก็บรักษาที่อุณหภูมิแช่เย็น	76
4.39 ลักษณะทางประชากรศาสตร์ของผู้บริโภคที่เข้าร่วมการทดสอบการยอมรับ ผลิตภัณฑ์เค้กแบ่งข้าวขาวดอกมะลิ 105 สอดไส้ครีมเสาวรส	77
4.40 ข้อมูลด้านพฤติกรรมการบริโภคผลิตภัณฑ์เค้กของผู้บริโภคที่เข้าร่วมทดสอบ ผลิตภัณฑ์เค้กแบ่งข้าวขาวดอกมะลิ 105 สอดไส้ครีมเสาวรส	79
4.41 คะแนนเฉลี่ยความชอบทางด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ เค้กแบ่งข้าวขาวดอกมะลิ 105 สอดไส้ครีมเสาวรส	80
4.42 การยอมรับผลิตภัณฑ์เค้กแบ่งข้าวขาวดอกมะลิ 105 สอดไส้ครีมเสาวรส ของผู้บริโภคก่อนและหลังได้รับข้อมูลทราบข้อมูลเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์	81
4.43 การตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์เค้กแบ่งข้าวขาวดอกมะลิ 105 สอดไส้ครีมเสาวรส ของผู้บริโภคก่อนและหลังได้รับข้อมูลทราบข้อมูลเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์	82
4.44 ความคิดเห็นของผู้บริโภคที่มีต่อราคาของผลิตภัณฑ์การยอมรับผลิตภัณฑ์ เค้กแบ่งข้าวขาวดอกมะลิ 105 สอดไส้ครีมเสาวรส	82

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 การสร้างพันธะไดซัลไฟด์ระหว่างไกลอะดิน (Gliadin) กับกลูเตนิน (Glutenin)	4
2.2 ลักษณะของวิลโลปกติและวิลโลของผู้ป่วยโรคแพ้กลูเตน	5
2.3 เมล็ดแมงลัก	7
2.4 เสาวรส	9
2.5 ลักษณะการไหลของของไหล	12
3.1 ขั้นตอนการผลิตเค้กแบ่งข้าวขาวดอกมะลิ 105	22
3.2 ภาพตัดขวางของเค้กและตำแหน่งการวัดค่า	23
3.3 ขั้นตอนการผลิตไส้ครีม	25
4.1 แผนภาพพื้นที่ผิว (Contour plot) ของปริมาณร้อยละผลผลิต (a) ความหนืดปรากฏ (b) ความสามารถในการอุ้มน้ำ (c) และปริมาณโปรตีน (d) ของกัมจากเมล็ดแมงลักที่สภาวะการสกัดแตกต่างกัน	36
4.2 แผนภาพพื้นที่ผิวที่ซ้อนทับกันของสภาวะการสกัดของกัมจากเมล็ดแมงลัก	37
4.3 ลักษณะของกัมจากเมล็ดแมงลักที่สกัดได้	37
4.4 ลักษณะพฤติกรรมการไหลของกัมจากเมล็ดแมงลักที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน	38
4.5 ความหนืดของกัมจากเมล็ดแมงลักที่ระดับความเข้มข้นแตกต่างกัน	39
4.6 พฤติกรรมการไหลของสารละลายกัมแต่ละชนิดที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.5 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร	40
4.7 ภาพตัดขวางลักษณะเนื้อสัมผัสของเค้กแบ่งข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่เติมกัมจากเมล็ดแมงลักที่ร้อยละ 0.0 (a) ร้อยละ 0.5 (b) ร้อยละ 1.0 (c) ร้อยละ 1.5 (d) และร้อยละ 2.0 (e) โดยน้ำหนักของแบ่งข้าวขาวดอกมะลิ 105	47
4.8 แผนภาพ Biplot (a) และแผนผังความชอบของผู้บริโภค (b) ของข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ทางกายภาพ (●) และผลิตภัณฑ์เค้กแบ่งข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่เติมกัมจากเมล็ดแมงลัก (■) และคะแนนความชอบ (▲)	53
4.9 บรรจุภัณฑ์ของเค้กแบ่งข้าวขาวดอกมะลิ 105 สอดไส้ครีมเสาวรส	81
ค-1 เลอแปงบานาน่า เค้กสอดไส้คัสตาร์ดรสกล้วย น้ำหนักสุทธิ 35 กรัม ราคา 12 บาท	114
ค-2 เค้กโรลกลั่นวนิลลา ตราเลอแปง น้ำหนัก 60 กรัม ราคา 10 บาท	114
ค-3 พุดดิ้งออมเล็ตเค้ก (เค้กสอดไส้รสบลูเบอร์รี่) ตราเลอแปง น้ำหนักสุทธิ 30 กรัม ราคา 10 บาท	114

บทที่ 1

บทนำ

1.1 บทนำ

ปัจจุบันความต้องการผลิตภัณฑ์ปราศจากกลูเตน (Gluten-free) เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วทั่วโลก โดยตลาดหลักของผลิตภัณฑ์ประเภทนี้อยู่ในแถบทวีปอเมริกา และยุโรป เนื่องจากประเทศเหล่านี้มีกลุ่มผู้บริโภคที่แพ้อาหารที่มีกลูเตนเป็นส่วนประกอบ อาทิเช่น เส้นพาสต้า ขนมขบเคี้ยว ซอส ถั่วเหลือง และผลิตภัณฑ์ขนมอบ นักวิเคราะห์คาดการณ์ว่าปี 2020 ตลาดผลิตภัณฑ์ปราศจากกลูเตนทั่วโลกจะมีอัตราการเติบโตมูลค่ากว่า 7.59 พันล้านเหรียญสหรัฐ และตลาดยุโรปจะมีอัตราการเติบโตเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว คาดการณ์ว่าภายในปี 2018 ตลาดผลิตภัณฑ์อาหารปราศจากกลูเตนจะมีมูลค่า 1,455 ล้านดอลลาร์ (Ingredian, 2017) โดยภายในปี 2018 ตลาดผลิตภัณฑ์อาหารปราศจากกลูเตนในประเทศอังกฤษจะมีมูลค่าสูงถึง 540 ล้านปอนด์ สำหรับตลาดแคนาดา ตลาดผลิตภัณฑ์ปราศจากกลูเตนในแคนาดามีมูลค่าสูงถึง 811 ล้านดอลลาร์ภายในปี 2017 (Ava Duering, 2014) เป็นผลมาจากการตระหนักถึงความสำคัญของโรค Celiac Disease หรือโรคการอักเสบของลำไส้ที่เกิดจากการแพ้กลูเตน ซึ่งมีผลกระทบต่อระบบการทำงานของลำไส้เล็ก โดยโรคนี้เกิดจากระบบภูมิคุ้มกันมีปฏิกิริยาต่อกลูเตนที่ได้จากข้าวสาลี ข้าวบาร์เลย์และข้าวไรย์ วิธีการเดียวที่จะสามารถรักษาผู้ป่วยโรคนี้คือ การหลีกเลี่ยงการบริโภคผลิตภัณฑ์ที่มีกลูเตน หรือผลิตภัณฑ์ที่มาจากข้าวสาลี ข้าวบาร์เลย์ และข้าวไรย์ นับเป็นโอกาสที่ดีของประเทศไทยสำหรับการวิจัยและผลิตภัณฑ์จากข้าวให้เหมาะสมกับผลิตภัณฑ์ปราศจากกลูเตน เนื่องจากข้าวไทยเป็นธัญชาติที่ปราศจากกลูเตน จึงสามารถแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์รูปแบบต่างๆได้ อาทิเช่น ผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยว ผลิตภัณฑ์อาหารเข้า ผลิตภัณฑ์ข้าวกล้องสำเร็จรูป ผลิตภัณฑ์เส้นก๋วยเตี๋ยวและเส้นหมี่ ผลิตภัณฑ์ขนมหวานและขนมไทย เป็นต้น (กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม, 2557)

ผลิตภัณฑ์ขนมอบเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีส่วนผสมหลัก คือ แป้งสาลีซึ่งมีกลูเตนเป็นองค์ประกอบ จึงทำให้ผู้ป่วยโรคแพ้กลูเตนไม่สามารถรับประทานผลิตภัณฑ์ขนมอบได้ จากการศึกษาข้อมูลพบว่ามีงานวิจัยที่ศึกษาการพัฒนาผลิตภัณฑ์เค้กแป้งข้าวหอมมะลิ ซึ่งแป้งข้าวหอมมะลิมิปริมาณอะไมโลสต่ำถึงปานกลางจึงสามารถทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์ได้ จากกระแสความนิยมผลิตภัณฑ์ปราศจากกลูเตนในอเมริกา จึงสามารถเพิ่มโอกาสผลิตภัณฑ์จากข้าวไทยในผลิตภัณฑ์ปราศจากกลูเตนซึ่งสามารถนำมาเป็นวัตถุดิบหรือส่วนผสมของผลิตภัณฑ์ของชาวตะวันตก เช่น ขนมปัง ขนมเค้ก ขนมขบเคี้ยว (สำนักงานส่งเสริมการค้าระหว่างประเทศ ณ นคร แวนคูเวอร์, 2556) แต่ด้วยลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่ได้มีความแข็งหรือความแน่นเนื้อเพิ่มมากขึ้น จึงไม่เป็นที่ต้องการของผู้บริโภค

ไฮโดรคอลลอยด์ (Hydrocolloids) จัดว่าเป็นวัตถุเจือปนอาหารประเภทหนึ่งที่เป็นประโยชน์ต่อกระบวนการแปรรูปอาหาร อาทิเช่น สารเพิ่มความข้นหนืด สารเพิ่มความคงตัว สารที่ก่อให้เกิดเจล สารที่ทำให้มีกลิ่นรสคงตัว สารที่ทดแทนไขมันในอาหาร ที่มาของไฮโดรคอลลอยด์นั้นมาจากสัตว์ พืช จุลินทรีย์ สาหร่ายทะเล และการดัดแปรสารจากธรรมชาติ (พิมพ์เพ็ญ และ นิธิยา, 2560) จากการรวบรวมข้อมูลพบว่า ปัจจุบันมีงานวิจัยที่ศึกษาการสกัดไฮโดรคอลลอยด์จากเมล็ดพืชต่างๆ มากขึ้นเพื่อนำมาประยุกต์ในผลิตภัณฑ์อาหาร เช่น กัวกัม โลคัสปิงกัม แพล็กซ์ซิด เมล็ดมะขาม โดยเมล็ดพืชเหล่านี้ส่วนใหญ่เป็นพืชท้องถิ่นและมีปริมาณมาก เมล็ดแมงลักเป็นเมล็ดพืชอีกชนิดหนึ่งที่สามารถปลูกได้ทั่วทุกภาคของประเทศไทย สามารถหาซื้อได้ง่าย และมีปริมาณมาก ทางด้านเภสัชศาสตร์ยังนำไปใช้ทำยาระบาย ซึ่งมีใยอาหารชนิดละลายน้ำจึงช่วยเพิ่มปริมาณกากใยในอุจจาระ ทำให้ระบบขับถ่ายดีขึ้น รวมทั้งกัมจากเมล็ดแมงลักนี้ถูกนำไปใช้เป็นสารช่วยยึดเกาะ สารกระจายตัวในอุตสาหกรรมยา ในด้านอุตสาหกรรมอาหารได้ศึกษาสมบัติด้านความหนืดของกัมจากเมล็ดแมงลักพบว่ามีความใกล้เคียงกับแซนแทนกัม ซึ่งเป็นกัมจากทางค้าที่นิยมใช้ในอุตสาหกรรมอาหารอย่างแพร่หลาย ด้วยลักษณะเช่นนี้ทำให้กัมจากเมล็ดแมงลักจึงนำไปใช้ประโยชน์ในผลิตภัณฑ์ไอศกรีม (BahramParvar และคณะ, 2012) ซอสพริก มายองเนส (ละอองดาว และ กุลยา, 2545) และน้ำจิ้มไก่ (ปิยนุสรณ์ และ เนตรนภา, 2550)

เสาวรส (Passion fruit) เป็นผลไม้ที่มีถิ่นกำเนิดในทวีปอเมริกาใต้ บริเวณประเทศบราซิล สำหรับประเทศไทยสามารถปลูกเสาวรสในเขตอากาศเย็นทางภาคเหนือ เขตอากาศร้อนชื้นทางภาคกลาง ภาคตะวันออก และภาคใต้ จัดเป็นผลไม้ที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพอย่างมาก เนื่องจากเสาวรสมีปริมาณของวิตามินเอ วิตามินซี เบต้าแคโรทีน เส้นใยอาหาร โพแทสเซียม และสารต้านอนุมูลอิสระสูง ซึ่งสามารถบำรุงผิวพรรณ รักษาโรคกระเพาะอาหารอักเสบ การรับประทานเสาวรสนั้นสามารถรับประทานเป็นผลสด หรือผลิตภัณฑ์แปรรูปต่างๆ เช่น น้ำเสาวรส มูสเสาวรส ฟรุตเค้ก แยมผลไม้ ด้วยลักษณะเฉพาะของเสาวรสที่มีกลิ่นหอม และมีกรดสูง จึงนิยมผสมกับน้ำผลไม้ชนิดต่างๆ เช่น น้ำแอปเปิ้ล น้ำสับปะรด น้ำส้ม ซึ่งอัตราการผสมจะอยู่ในช่วงระหว่างร้อยละ 5-10 เพื่อที่จะเพิ่มรสชาติและกลิ่นรสที่ดีของผลิตภัณฑ์

อย่างไรก็ตามในปัจจุบันยังไม่มียานวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับการใช้กัมจากเมล็ดแมงลักสำหรับปรับปรุงเนื้อสัมผัสในผลิตภัณฑ์เค้กจากแป้งข้าวหรือผลิตภัณฑ์ขนมอบชนิดอื่นๆ และการใช้เสาวรสในผลิตภัณฑ์เค้กสอดไส้ครีม ประกอบกับผู้บริโภคมีความต้องการอาหารเพื่อสุขภาพเพิ่มขึ้น ดังนั้นการพัฒนาผลิตภัณฑ์เค้กจากแป้งข้าวขาวดอกมะลิ 105 จึงเป็นการเพิ่มมูลค่าของข้าวและคุณค่าทางโภชนาการได้อีกทางหนึ่ง

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

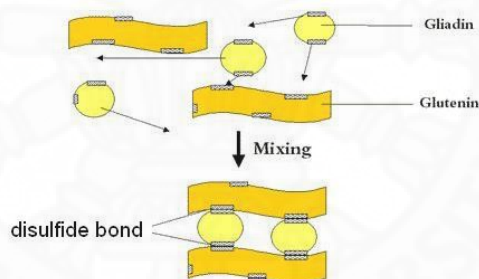
- (1) ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดกัมจากเมล็ดแมงลัก
- (2) ศึกษาสมบัติของกัมจากเมล็ดแมงลัก
- (3) ศึกษาปริมาณของกัมจากเมล็ดแมงลักที่เหมาะสมในผลิตภัณฑ์เค้กแบ่งข้าวขาวดอกมะลิ 105
- (4) ศึกษาปริมาณที่เหมาะสมของน้ำเสาวรสในครีมเสาวรส
- (5) ศึกษาอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์เค้กแบ่งข้าวขาวดอกมะลิ 105 สอดไส้ครีมเสาวรสที่พัฒนาได้
- (6) ศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์เค้กแบ่งข้าวขาวดอกมะลิ 105 สอดไส้ครีมเสาวรส

บทที่ 2

วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 โรคแพ้กลูเตน (Celiac Disease)

กลูเตน (Gluten) คือ โปรตีนในแป้งที่เกิดจากการทำพันธะไดซัลไฟด์ของกรดอะมิโน 2 ชนิด คือ ไกลอะดิน (Gliadin) และกลูเตนิน (Glutenin) การเกิดพันธะไดซัลไฟด์ของกรดอะมิโนทั้ง 2 ชนิด (รูปที่ 2.1) กรดอะมิโนทั้ง 2 ตัวสามารถจับตัวกันเป็นโครงสร้างของโด (Dough) ทำให้โดมีสมบัติด้านความหนืดและความยืดหยุ่น ด้วยสมบัติเหล่านี้จึงส่งผลต่อลักษณะของผลิตภัณฑ์ขนมอบ กล่าวคือ กลูเตนจะช่วยเก็บอากาศหรือแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ไว้ภายในโดระหว่างการอบ ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีการขึ้นฟูและความนุ่มที่ดี ธัญชาติส่วนใหญ่ที่มีโปรตีนกลูเตน ได้แก่ ข้าวสาลี ข้าวไรย์ ข้าวบาร์เลย์ แต่อย่างไรก็ตามมีรายงานการวิจัยว่ากรดอะมิโนไกลอะดินมีผลกระทบต่อระบบภูมิคุ้มกันของร่างกาย

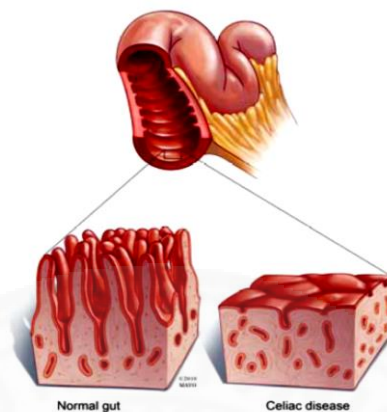


รูปที่ 2.1 การสร้างพันธะไดซัลไฟด์ระหว่างไกลอะดิน (Gliadin) กับกลูเตนิน (Glutenin)

ที่มา: พิมพ์เพ็ญ และ นิธิยา (2560)

โรคแพ้กลูเตน (Celiac Disease) เป็นอาการตอบสนองแบบไม่พึงประสงค์ของลำไส้เล็ก เมื่อร่างกายได้รับสารกลูเตนจากอาหาร ผ่านกระบวนการย่อยแล้วดูดซึมที่บริเวณวิลไล (villi) ตรงผนังลำไส้เล็ก ในผู้ป่วยโรคแพ้กลูเตน ระบบภูมิคุ้มกันของร่างกายจะสร้างสารแอนติบอดี (Antibody) เพื่อมาทำลายวิลไลที่มีกลูเตนเกาะติดอยู่ (รูปที่ 2.2) ทำให้ผนังลำไส้เล็กถูกทำลายและเกิดอาการอักเสบ (วิภา, 2556) ลำไส้เล็กจึงไม่สามารถดูดซึมสารอาหาร แร่ธาตุ (เหล็ก แคลเซียม กรดฟอลิก) เข้าสู่ร่างกายได้ (Gallagher และคณะ, 2004) ดังนั้นผู้ป่วยโรคแพ้กลูเตนจึงมีสภาวะขาดสารอาหาร นอกจากนี้ยังมีอาการปวดท้อง คลื่นไส้ อาเจียน และท้องเสีย ในปัจจุบันพบว่าจำนวนผู้ป่วยโรคแพ้กลูเตนทั่วโลกคิดเป็นร้อยละ 1 ของประชากรโลก และแนวโน้มของจำนวนผู้ป่วยที่แพ้กลูเตน

จะเพิ่มขึ้นทุกปี เช่น อังกฤษพบ 1 ใน 112 คน อิตาลีพบ 1 ใน 184 คน เยอรมันพบ 1 ใน 500 คน นอร์เวย์พบ 1 ใน 250 คน และสหรัฐอเมริกาพบ 1 ใน 111 คน (Gallagher และคณะ, 2004)



รูปที่ 2.2 ลักษณะของวิลไลปกติและวิลไลของผู้ป่วยโรคแพ้กลูเตน

ที่มา: Loftus และ Murray (2017)

ในปัจจุบันนี้ยังไม่มียารักษาอาการโรคแพ้กลูเตน วิธีการรักษาโรคแพ้กลูเตนที่ดีที่สุด คือ ผู้ป่วยโรคแพ้กลูเตนต้องหลีกเลี่ยงการรับประทานอาหารที่มีส่วนผสมของกลูเตน หรือรับประทานอาหารปราศจากกลูเตน ตามข้อกำหนดขององค์การอาหารและยาแห่งสหรัฐอเมริกา (USFDA) ได้ระบุไว้ว่า การปรากฏของกลูเตนในผลิตภัณฑ์อาหารนั้นจะต้องไม่เกินหรือต่ำกว่า 20 ppm (ต่ำกว่า 20 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักอาหาร 1 กิโลกรัม) (สำนักงานส่งเสริมการค้าระหว่างประเทศ นครลอสแอนเจลิส, 2559) สำหรับการติดฉลากสินค้า “Gluten free” ตามข้อกำหนดของ USFDA ระบุว่า อาหารปราศจากกลูเตน หมายถึง อาหารที่กล่าวอ้างว่าไม่มีส่วนผสมของธัญพืชที่มีกลูเตน ส่วนผสมที่นำมาใช้ไม่มีกลูเตนติดตามตามสายพันธุ์ในทางธรรมชาติ อาหารที่ส่วนผสมที่ได้มาจากธัญพืชที่มีกลูเตน และที่ได้เข้าสู่การผลิตเพื่อเอากลูเตนออกไป และการปรากฏของกลูเตนในอาหารจะต้องไม่เกินหรือต่ำกว่า 20 ppm

2.2 ข้าวหอมมะลิ

ข้าวเป็นธัญชาติจำพวกหญ้าวงศ์แกรมินีอี (Gramineae) ลำต้นเป็นไม้เนื้ออ่อน มีใบชนิดใบเลี้ยงเดี่ยว และมีระบบรากฝอยทำให้ข้าวสามารถเจริญเติบโตในลักษณะภูมิประเทศและภูมิอากาศแตกต่างกันทั้งในเขตร้อนและเขตอบอุ่น จึงเกิดความหลากหลายของข้าวหลายสายพันธุ์ ในทั่วโลกมีข้าวจำนวน 23 สายพันธุ์ แต่จะมีเพียง 2 สายพันธุ์ที่ปลูกสำหรับการบริโภค นั่นก็คือ ข้าวเอเชีย

(*Oryza sativa* Linn) และข้าวแอฟริกา (*Oryza glaberrima* Steud) (อรอนงค์, 2547) การจำแนกข้าวสามารถแบ่งโดยใช้ปัจจัยหลายๆ ด้าน เช่น ทางด้านพฤกษศาสตร์ ลักษณะเมล็ดข้าวองค์ประกอบทางเคมี หรือปริมาณอะไมโลสในเมล็ดข้าวที่ผ่านการขัดสี ได้แก่ ข้าวที่มีปริมาณอะไมโลสร้อยละ 0-2 ได้แก่ ข้าวเหนียว ข้าวที่มีปริมาณอะไมโลสร้อยละ 10-20 ได้แก่ ข้าวหอมมะลิ ซึ่งเป็นข้าวที่มีปริมาณอะไมโลสปานกลางร้อยละ 20-25 เป็นข้าวค่อนข้างนุ่ม สำหรับข้าวที่มีปริมาณอะไมโลสสูง มีปริมาณอะไมโลสร้อยละ 25-34 ได้แก่ ข้าวเสาไห้ (สิริมาศ, 2548)

ข้าวหอมมะลิไทย (Thai Hom Mali Rice) ตามคำนิยามของกระทรวงพาณิชย์ (2540) หมายถึง “ข้าวกล้อง และข้าวขาวที่แปรรูปมาจากข้าวเปลือกเจ้าพันธุ์ข้าวหอมที่ไวแสง ผลิตในประเทศไทยฤดูนาปี กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ประกาศรับรองว่าเป็นข้าวขาวดอกมะลิ 105 และข้าวพันธุ์ กข.15 ซึ่งมีกลิ่นหอมตามธรรมชาติ เมื่อหุงเป็นข้าวสวยแล้วเมล็ดข้าวสวยอ่อนนุ่ม” ลักษณะของข้าวหอมมะลิ คือ ลำต้นและใบค่อนข้างเล็ก ทนความแห้งแล้ง ดินเปรี้ยว และดินเค็มได้ดี ลักษณะข้าวเปลือกเป็นยาวรี ส่วนข้าวสารจะขาวใส เมล็ดข้าวเรียวยาว ประกอบด้วยอะไมโลสจำนวนร้อยละ 13-18 ลักษณะเฉพาะของข้าวหอมมะลิ คือ กลิ่นหอมซึ่งคือสาร 2-acetyl-1-pyrroline โดยข้าวขาวดอกมะลิ 105 มีปริมาณ 0.07 ppm (งามชื่น, 2547) ข้าวขาวดอกมะลิ 105 เป็นพันธุ์ข้าวที่ได้รับการปรับปรุงและพัฒนาพันธุ์จึงทำให้มีลักษณะเฉพาะ คือ เจริญเติบโตในดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ เติบโตได้ดีที่ดินร่วนปนทราย ทนต่อสภาพดินเค็ม (วิฑูรย์ และ นิรมล, 2545) เมื่อนำข้าวดอกมะลิ 105 มาหุงเป็นข้าวสุกให้ลักษณะเมล็ดข้าวสุกเป็นตัว ข้าวเรียวยาว นุ่ม มีกลิ่นหอม และรสชาติอร่อย

ผาณิต และคณะ (2555) ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของข้าวทั้ง 9 สายพันธุ์ของพบว่า ข้าวหอมมะลิ 105 มีปริมาณอะไมโลสเท่ากับร้อยละ 20-25 ปริมาณโปรตีนประมาณร้อยละ 7-8 และมีปริมาณสังกะสี ไนอะซิน และวิตามินอี ค่อนข้างสูงซึ่งมีประโยชน์ต่อร่างกาย

อังศุธรย์ และคณะ (2557) ศึกษาปริมาณสารกรดเฟอรูลิกในรำข้าวและข้าวกล้องพันธุ์ข้าวไทย พบว่า ปริมาณสารกรดเฟอรูลิกในรำข้าวและข้าวกล้องของพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 อยู่ในช่วง 22.16-36.61 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม และ 5.32-6.71 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม ตามลำดับ โดยแหล่งที่ปลูกข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ให้ปริมาณสารกรดเฟอรูลิกในรำข้าวและข้าวกล้อง คือ จังหวัดราชบุรี (36.61 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม) และ จังหวัดอุบลราชธานี (6.71 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม)

2.3 กัมจากเมล็ดแมงลัก

แมงลัก (*Ocimum basilicum* L.) (รูปที่ 2.3) เป็นพืชสายพันธุ์เดียวกับกะเพรา ซึ่งเป็นพืชที่ปลูกกันอย่างกว้างขวางในแถบทวีปเอเชีย แอฟริกา อเมริกากลาง และอเมริกาใต้ และใน

ประเทศไทยพบแมลงลักจำนวน 2 สายพันธุ์ คือพันธุ์สรแดง และพันธุ์ผสม สำหรับทางการแพทย์จึงนำเมล็ดแมลงลักมารักษาโรคได้หลายชนิด เช่น โรคท้องอืด โรคแผลในกระเพาะ และโรคท้องเสีย (Hosseini-Parvar และคณะ, 2011) ทางด้านเภสัชศาสตร์ได้นำแมลงลักมาทำยาระบาย เมื่อนำเมล็ดแมลงลักแช่น้ำ ส่วนของเปลือกหุ้มเมล็ดด้านนอกจะเกิดการพองตัวมีลักษณะเป็นเมือก เมือกแมลงลักนี้เป็นสารพอลิแซ็กคาไรด์ที่ประกอบด้วยกลูโคแมนแนน (ร้อยละ 43) เชื่อมต่อกับ (1 → 4) ไซแลน (ร้อยละ 24.29) และกลูแคน (ร้อยละ 2.31) (Tharanathan และ Anjaneyalu, 1974) องค์ประกอบทางด้านเคมีของผงกัมจากเมล็ดแมลงลักประกอบด้วยความชื้นร้อยละ 9.1 โปรตีนร้อยละ 1.32 ไขมันร้อยละ 4.48 คาร์โบไฮเดรตร้อยละ 79.63 เถ้าร้อยละ 6.53 และสตาร์ชร้อยละ 1.53

มีงานวิจัยที่ศึกษาสภาวะการสกัดที่เหมาะสมและสมบัติรีโอโลยีของกัมจากเมล็ดแมลงลักพบว่าสภาวะการสกัดที่เหมาะสมที่สุด คือ อุณหภูมิ 68.71 องศาเซลเซียส pH 8.09 และอัตราส่วนของน้ำต่อเมล็ดเท่ากับ 65.98:1 โดยปริมาณร้อยละผลผลิตเฉลี่ยเท่ากับ 20.19 ความหนืดปรากฏเท่ากับ 578.71 มิลลิปาสคาล.วินาที และปริมาณโปรตีนเท่ากับร้อยละ 2.21 ส่วนสมบัติรีโอโลยีพบว่า มีพฤติกรรมไหลแบบซูโดพลาสติก (Pseudoplastic) (Razavi และคณะ, 2009)

สุธินี และคณะ (2555) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการสกัดและคุณสมบัติของสารเมือกเมล็ดแมลงลัก พบว่าปริมาณร้อยละผลผลิตเฉลี่ยของสารเมือกเมล็ดแมลงลักเท่ากับ 22.74 ค่าความหนืดเฉลี่ย 73.86 มิลลิปาสคาล.วินาที ความสามารถในการอุ้มน้ำเฉลี่ย 195.03 กรัมต่อผงเมือกแมลงลักแห้ง 1 กรัม และมีพฤติกรรมไหลแบบซูโดพลาสติกชนิดรีโซโทรปี (Thixotropy)



รูปที่ 2.3 เมล็ดแมลงลัก

ที่มา: Krazaei และคณะ (2014)

สำหรับงานวิจัยที่เกี่ยวข้องการประยุกต์ใช้กัมจากเมล็ดแมลงลักในผลิตภัณฑ์อาหารมีดังนี้ ละอองดาว และ กุลยา (2545) ได้ศึกษาการใช้ผงกัมจากเมล็ดแมลงลักเป็นสารให้ความคงตัวในผลิตภัณฑ์ซอสพริกและมายองเนส พบว่าในผลิตภัณฑ์ซอสพริกใช้ผงกัมจากเมล็ดแมลงลักที่

ระดับร้อยละ 0-0.5 โดยน้ำหนักส่งผลให้ความหนืดเพิ่มขึ้น โดยที่ผงกัมจากเมล็ดแมงลักระดับร้อยละ 0.3 ได้คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสทุกด้านสูงที่สุด และสามารถเก็บรักษาได้นานประมาณ 6 เดือน สำหรับผลิตภัณฑ์มายองเนส พบว่าผงกัมจากเมล็ดแมงลักที่ระดับร้อยละ 0-0.1 โดยน้ำหนักส่งผลให้ค่าความคงตัว ความนุ่ม การทาปาด และการยึดเกาะของมายองเนสที่เก็บไว้ในอุณหภูมิห้อง และอุณหภูมิแช่เย็น (5 องศาเซลเซียส) มีค่าเพิ่มขึ้น โดยที่ผงกัมจากเมล็ดแมงลักร้อยละ 0.075 ได้คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสทุกด้านสูงที่สุด อายุการเก็บของมายองเนสที่อุณหภูมิห้องและอุณหภูมิแช่เย็น พบว่าสามารถเก็บมายองเนสได้นาน 3 และ 35 เดือนตามลำดับ

กมลทิพย์ และ มาลี (2550) ศึกษาผลการใช้ผงเมือกแมงลักเป็นสารเพิ่มความเหนียวในผลิตภัณฑ์บะหมี่สุกแห้ง พบว่าผงเมือกแมงลักร้อยละ 0.2-1.5 ของน้ำหนักแป้งสาลี ทำให้เส้นบะหมี่ภายหลังการคั้นรูปมีร้อยละของการดูดน้ำเพิ่มขึ้น เวลาที่ใช้ในการคั้นรูปลดลง มีความเหนียวเพิ่มขึ้น เวลาที่ใช้ในการนึ่งเส้นในกระบวนการผลิตบะหมี่สุกแห้งเพิ่มขึ้น ทำให้ร้อยละของการดูดน้ำของเส้นบะหมี่สุกแห้งลดลง เวลาที่ใช้ในการคั้นรูปลดลง และมีความเหนียวสูงขึ้น

ปิยนุสรณ์ และ เนตรนภา (2550) ศึกษาความหนืดในผลิตภัณฑ์น้ำจิ้มไก่ พบว่าผงเมือกจากเมล็ดแมงลักที่ร้อยละ 0.3-0.5 โดยน้ำหนัก ทำให้ความหนืดของน้ำจิ้มไก่เพิ่มมากขึ้น โดยที่ระดับของผงกัมจากเมล็ดแมงลักร้อยละ 0.3 ได้คะแนนการยอมรับทางด้านประสาทสัมผัสที่ดีที่สุด

2.4 เสาวรส (Passion Fruit)

เสาวรส (*Passiflora edulis*) จัดอยู่ในวงศ์กะทกรก (Passifloraceae) เป็นผลไม้ที่มีต้นกำเนิดในแถบทวีปอเมริกาใต้ บริเวณประเทศบราซิล ปารากวัย อาร์เจนตินา ลักษณะลำต้นเป็นเถา ออกผลเป็นลูกกลมรี เมื่อผลสุกจะมีสีต่างๆ กันขึ้นอยู่กับชนิดของพันธุ์ โดยในผลเสาวรสนั้นจะมีเมล็ดจำนวนมาก มีกลิ่นคล้ายฝรั่งสุก รสออกเปรี้ยวจัด แต่บางสายพันธุ์จะมีรสออกอมหวานด้วย เสาวรสสามารถเจริญเติบโตได้ดีในสภาพภูมิอากาศของประเทศไทย ไม่ว่าจะเป็นเขตอากาศเย็นทางภาคเหนือ เขตอากาศร้อนชื้นทางภาคกลาง ภาคตะวันออก และภาคใต้ จัดเป็นพืชที่ปลูกได้ง่าย ดูแลรักษาไม่ยุ่งยาก และผลผลิตต่อไร่สูง ธนะชัย (2553) ได้แบ่งสายพันธุ์ที่นิยมปลูกกันมากในประเทศไทยมี 3 สายพันธุ์ ดังนี้

(1) พันธุ์ผลสีม่วง ผลมีลักษณะเป็นสีม่วงเข้มผิวเป็นมัน เส้นผ่าศูนย์กลางผลประมาณ 5 เซนติเมตร น้ำหนัก 70-100 กรัมต่อผล รสชาติหวานอมเปรี้ยว กลิ่นหอม ความหวาน 16-18° Brix น้ำเสาวรสจากพันธุ์ผลสีม่วงรสชาติดีกว่าพันธุ์ผลสีเหลือง เนื่องจากมีปริมาณกรดต่ำ สีสวยและรสหวาน จึงเหมาะสำหรับรับประทานผลสด

(2) พันธุ์ผลสีเหลือง ผลสุกจะมีสีเหลืองเข้ม ผิวเป็นมัน เส้นผ่าศูนย์กลางผลประมาณ 6 เซนติเมตร น้ำหนักผลประมาณ 80-120 กรัมต่อผล น้ำเสาวรสของพันธุ์นี้มี pH น้อยกว่า 3 เหมาะสำหรับส่งเข้าโรงงานเพื่อแปรรูป ข้อดีของพันธุ์นี้คือ ผลดก และต้านทานโรคและแมลงสูงกว่าพันธุ์ผลสีม่วง

(3) พันธุ์ลูกผสม เป็นพันธุ์ที่เกิดจากการผสมระหว่างพันธุ์ผลสีม่วงกับพันธุ์ผลสีเหลือง เพื่อคัดเลือกต้นพันธุ์ใหม่ โดยรวมลักษณะผลเด่นของแต่ละพันธุ์ไว้ ทำให้มีลักษณะผลใหญ่ ผลดก มีรูกห่อหุ้ม เมล็ดมาก เปลือกบาง ต้านทานโรค และมีช่วงเวลาในการให้ผลที่ยาวนาน พันธุ์นี้จะให้ทั้งผลที่มีสีม่วงและผลสีเหลือง พันธุ์ลูกผสมนี้เหมาะสำหรับปลูกเพื่ออุตสาหกรรมการทำน้ำเสาวรส เพราะสามารถเก็บผลผลิตป้อนเข้าโรงงานได้ตลอดทั้งปี

สำหรับคุณค่าทางโภชนาการของเสาวรสตามข้อมูลของกรมการเกษตรของประเทศสหรัฐอเมริกา (United States Department of Agriculture: USDA) พบว่า เสาวรส 100 กรัมให้พลังงาน 97 กิโลแคลอรี ปริมาณเส้นใยอาหารเท่ากับ 10.2 กรัม โพแทสเซียม 348 มิลลิกรัม วิตามินซี 30 มิลลิกรัม วิตามินเอ 64 ไมโครกรัม หรือ 1,272 IU ซึ่งพบว่าเป็นผลไม้ที่ให้ปริมาณวิตามินซี วิตามินเอ เบต้าแคโรทีน เส้นใยอาหาร โพแทสเซียม และสารต้านอนุมูลอิสระสูง



รูปที่ 2.4 เสาวรส

ที่มา: West (2016)

มีงานวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับปริมาณของน้ำตาล กรดแอสคอร์บิก (Ascorbic acid) ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (Total phenolic content) และปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระทั้งหมด (Total antioxidant activity) ในน้ำเสาวรสจาก 7 สายพันธุ์ พบว่าน้ำเสาวรสพันธุ์สีม่วงและสีเหลือง (*Passiflora edulis*) มีปริมาณน้ำตาลมากกว่าสายพันธุ์อื่น เท่ากับ 142.85 กรัมต่อกิโลกรัม และ 139.69 กรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ และมีปริมาณกรดแอสคอร์บิก ปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมด และปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระทั้งหมดในช่วง 0.22-0.33 กรัมต่อกิโลกรัม 342.80-382.00 มิลลิกรัมกรดแกลลิกต่อลิตร และ 409.13-586.70 ไมโครโมลโทร็อกซ์ต่อลิตร ตามลำดับ (Ramaiya และคณะ, 2013)

Talcott และคณะ (2003) ได้ศึกษาอิทธิพลของกระบวนการให้ความร้อนและการเก็บรักษาต่อความคงตัวของสารต้านอนุมูลอิสระในน้ำเสาวรสที่เติมกรดแอสคอร์บิก (Ascorbic acid) และน้ำตาล (Sucrose) พบว่าน้ำเสาวรสที่ผ่านการให้ความร้อนแบบพาสเจอร์ไรซ์ (85 องศาเซลเซียส เวลา 30 นาที) ทำให้สมบัติทางเคมีกายภาพเปลี่ยนแปลงเมื่ออายุการเก็บรักษาหลัง 28 วัน ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส และปริมาณของกรดแอสคอร์บิกลดลงร้อยละ 25

Janzatti และคณะ (2014) ได้ศึกษาอายุการเก็บรักษาของเนื้อเสาวรสปั่นธัญพืชเหลืองทั้งแบบสดและแบบผ่านการพาสเจอร์ไรซ์ (Pasteurization) ที่อุณหภูมิ 70 และ 90 องศาเซลเซียส แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส พบว่าอุณหภูมิการฆ่าเชื้อไม่ส่งผลต่อลักษณะทางด้านประสาทสัมผัสและสมบัติทางเคมีกายภาพเนื้อเสาวรส ($p \leq 0.05$) สำหรับเนื้อเสาวรสที่ผ่านการพาสเจอร์ไรซ์อุณหภูมิ 70 และ 90 องศาเซลเซียส สามารถเก็บรักษาได้นานอย่างน้อย 207 วัน จากการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสพบว่าเนื้อเสาวรสที่ผ่านการพาสเจอร์ไรซ์อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ได้คะแนนการยอมรับและการตัดสินใจซื้อจากผู้บริโภคสูงที่สุด

ด้วยคุณสมบัติเหล่านี้จึงทำให้เสาวรสถูกนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ เช่น น้ำเสาวรส มูสเสาวรส ฟรุตเค้ก หรือนำไปแต่งกลิ่นในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ต ไอศกรีม

2.5 ไฮโดรคอลลอยด์ (Hydrocolloids)

ไฮโดรคอลลอยด์ (Hydrocolloids) เป็นสารพอลิแซ็กคาไรด์หรือโปรตีนที่เป็นพอลิเมอร์ของโมเลกุลเดี่ยวๆ มาต่อกันจนมีน้ำหนักโมเลกุลขนาดใหญ่ การประยุกต์ใช้ไฮโดรคอลลอยด์ในผลิตภัณฑ์อาหารจำเป็นต้องพิจารณาถึงคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์อาหาร ไฮโดรคอลลอยด์จึงเข้ามาเป็นตัวช่วยสำหรับการปรับปรุงลักษณะเนื้อสัมผัส เป็นสารให้ความหนืด เป็นสารให้ความคงตัว เป็นสารทดแทนไขมัน และเก็บกักกลิ่นรส จากคุณสมบัติเหล่านี้สารไฮโดรคอลลอยด์จึงทำให้คุณลักษณะของผลิตภัณฑ์อาหาร เช่น ลักษณะปรากฏ กลิ่นรส เนื้อสัมผัส และความคงตัวระหว่างการเก็บรักษา ตรงตามความต้องการของผู้บริโภค (คณาจารย์ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์, 2555) ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อให้ได้คุณภาพของผลิตภัณฑ์ตรงตามข้อกำหนดหรือให้ได้ลักษณะเนื้อสัมผัสที่เหมาะสม จำเป็นจะต้องพิจารณาสมบัติรีโอโลยีของสารไฮโดรคอลลอยด์ ไฮโดรคอลลอยด์สามารถเปลี่ยนจากสภาวะโซล (Sol) เป็นสภาวะเจล (Gel) ด้วยการลดหรือเพิ่มอุณหภูมิ ซึ่งเกิดจากแรงระหว่างโมเลกุล เช่น พันธะไฮโดรเจนหรืออันตรกิริยาไฮโดรโฟบิก (Hydrophobic interaction)

2.5.1 แขนแทนกัม (Xanthan gum) (Nussinovitch, 1997)

แขนแทนกัมเป็นพอลิแซ็กคาไรด์ที่ถูกผลิตจาก *Xanthomonas campestris* โครงสร้างทางเคมีประกอบด้วยสายโซ่หลักของ β -D-glucose โดยจำนวนกลูโคสทุกๆ 2 โมเลกุลจะเชื่อมกับไตรแซ็กคาไรด์ที่เกิดจากแมนโนส (2 โมเลกุล) และกรดกลูโคโลนิก (1 โมเลกุล) และโมเลกุลของแมนโนสจะมีเอสเทอร์ของกรดแอสติกที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 6 และที่ตำแหน่งปลายของไตรแซ็กคาไรด์มีกรดไพรูวิกเชื่อมต่ออยู่ที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 4 และ 6 และมีกรดไพรูวิกเชื่อมต่อกับแมนโนสประมาณร้อยละ 60 ซึ่งส่งผลต่อคุณสมบัติเฉพาะของแขนแทนกัม เช่น ความคงทนต่อการไฮโดรไลซิส (Hydrolysis) และสมบัติทางกายภาพและเคมี การประยุกต์ใช้แขนแทนกัมในอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์อาหาร เนื่องจากช่วงความเข้มข้นต่ำของแขนแทนกัมจะแสดงความคงตัวในช่วงของการเก็บรักษาและความสามารถในการจับน้ำ ดังนั้นแขนแทนกัมจึงเป็นที่นิยมนำไปใช้เป็นสารให้ความคงตัวในผลิตภัณฑ์น้ำสลัด ปรับปรุงความรู้สึกภายในปากของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มกลั่นผลไม้ เป็นสารให้ความข้นหนืดในผลิตภัณฑ์ซอส ซุป และเครื่องดื่ม สำหรับผลิตภัณฑ์ขนมอบ แขนแทนกัมสามารถเพิ่มปริมาตรและปรับปรุงการกระจายตัวของอากาศของผลิตภัณฑ์ขนมอบ

2.5.2 กัวร์กัม (Guar gum) (Nussinovitch, 1997)

กัวร์กัมคือพอลิแซ็กคาไรด์ที่ผลิตจากเมล็ดกัวร์ (*Cyamopsis tetragonolobus*) โครงสร้างทางเคมีของกัวร์กัมประกอบด้วยพอลิเมอร์ของกาแล็กโตสแมนแนนซึ่งประกอบด้วยน้ำตาลกาแล็กโตสเชื่อมกันด้วยพันธะไกลโคซิดิก 1,6 แล้วเชื่อมกับน้ำตาลแมนโนสด้วยพันธะเบต้า 1,4 โดยอัตราส่วนของกาแล็กโตสกับแมนโนส (G:M) เท่ากับ 2:1 ซึ่งอัตราส่วนของกาแล็กโตสกับแมนโนสจะส่งผลต่อสมบัติการละลายและความข้นหนืดของสาร (Mirhosseini และคณะ, 2012) สำหรับการประยุกต์ใช้กัวร์กัมในอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์อาหาร นิยมใช้กัวร์กัมเป็นสารให้ความข้นหนืดในผลิตภัณฑ์ซอส ซุป ช่วยปรับปรุงลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์เยลลี่ และเป็นสารให้ความคงตัวในผลิตภัณฑ์มายองเนส สำหรับผลิตภัณฑ์ขนมอบ กัวร์กัมช่วยให้ผลิตภัณฑ์มีความนุ่ม ช่วยยืดอายุการเก็บรักษา และชะลอการเกิด Staling ในผลิตภัณฑ์ได้

2.6 ความหนืดของของไหล

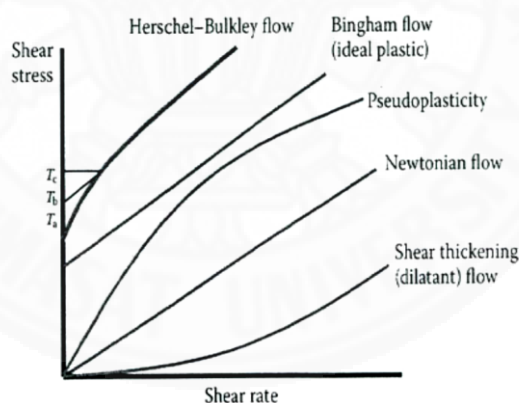
ลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์อาหารจัดเป็นคุณลักษณะที่สำคัญในการยอมรับและการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์ของผู้บริโภค ดังนั้นผู้ผลิตผลิตภัณฑ์อาหารจึงจำเป็นต้องวิธีการประเมินผลิตภัณฑ์อาหารและเพื่อใช้ควบคุมคุณภาพของผลิตภัณฑ์ในระหว่างกระบวนการผลิต อย่างเช่นวิธีการประเมินผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะเป็นของแข็งจะเกี่ยวข้องกับค่าแรงและระยะทางที่กระทำต่อ

ตัวอย่าง ได้แก่ แรงกด แรงเฉือน แรงตัดขาด แรงดึง แต่วิธีการประเมินผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะเป็นของเหลวจะเกี่ยวข้องกับความหนืด

ความหนืด (Viscosity) เป็นสมบัติทางรีโอโลยี (Rheological properties) ของของเหลว กล่าวคือ เป็นแรงต้านทานการไหลซึ่งเกิดจากการสร้างพันธะของโมเลกุลภายในโครงสร้างเมื่อถูกแรงมากระทำต่อของไหล โดยความหนืดจะขึ้นอยู่กับชนิดและความเข้มข้นของของไหล คณาจารย์ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์ (2555) แบ่งประเภทของความหนืดของของไหลได้ 2 ประเภทดังนี้

2.6.1 ของไหลนิวโตเนียน (Newtonian flow)

ของไหลนิวโตเนียน หมายถึง ค่าความหนืดของของไหลมีค่าคงที่เมื่อมีอัตราเฉือนเพิ่มขึ้น หรือค่าความหนืดไม่ขึ้นกับอัตราเฉือน ค่าความหนืดนี้คือค่าความหนืดที่แท้จริง กล่าวคือ อัตราเร็วในการเฉือน (Shear rate) เป็นสัดส่วนโดยตรงกับแรงเค้นเฉือน (Shear stress) ซึ่งแสดงดังรูปที่ 2.5 ผลิตภัณฑ์อาหารที่มีความหนืดเช่นนี้ ได้แก่ น้ำ น้ำมัน เครื่องดื่ม (ชา กาแฟ น้ำอัดลม เบียร์ น้ำผึ้ง น้ำผลไม้)



รูปที่ 2.5 ลักษณะการไหลของของไหล

ที่มา: Ritzoulis (2013)

2.6.2 ของไหลนอนนิวโตเนียน (Non-Newtonian flow)

ของไหลนอนนิวโตเนียน คือ ลักษณะของผลิตภัณฑ์อาหารจะเป็นของเหลวหรือของกึ่งแข็งกึ่งเหลว โดยค่าความหนืดของของไหลจะขึ้นกับอัตราเฉือน และค่าความหนืดที่วัดได้จำเป็นต้องระบุอัตราเฉือนหรือความเร็วรอบในการวัดด้วย Ritzoulis (2013) ได้แบ่งประเภทของของไหลนอนนิวโตเนียนได้ 2 ประเภทดังนี้

2.6.2.1 ของไหลนอนนิวโตเนียนที่ไม่ขึ้นกับเวลา (Time - independent non-newtonian flow)

(1) ชูโดพลาสติก (Pseudoplastic หรือ Shear thinning) เป็นของไหลที่มีความหนืดลดลง เมื่ออัตราเฉือนเพิ่มขึ้น ลักษณะความสัมพันธ์ระหว่างอัตราเฉือนกับความเค้นเฉือนเป็นไปตามรูปที่ 2.5 กล่าวคือ เมื่ออัตราเฉือนเพิ่มขึ้นจะส่งผลให้ความเค้นเฉือนเพิ่มขึ้นด้วย ผลิตภัณฑ์อาหารที่แสดงพฤติกรรมการไหลแบบชูโดพลาสติกซึ่งจะมีความข้นหนืดมาก ได้แก่ ครีม น้ำผลไม้เข้มข้น สารละลายแป้งสุก และสารไฮโดรคอลลอยด์หรือกัม

(2) ไดลาเทนส์ (Dilatant หรือ Shear thickening) เป็นของไหลที่มีความหนืดเพิ่มขึ้น เมื่ออัตราเฉือนเพิ่มขึ้น ลักษณะความสัมพันธ์ระหว่างอัตราเฉือนกับความเค้นเฉือนแสดงดังรูปที่ 2.5 ซึ่งจะแตกต่างจากชูโดพลาสติก กล่าวคือ ความเค้นเฉือนจะมีค่าน้อยกว่าอัตราเฉือนที่เพิ่มขึ้น ผลิตภัณฑ์อาหารที่แสดงพฤติกรรมการไหลแบบไดลาเทนส์ ได้แก่ สารแขวนลอย แป้งข้าวโพดเข้มข้นในน้ำ

(3) บิงแฮมพลาสติก (Bingham plastic หรือ Plastic fluid) เป็นของไหลที่ต้องการค่าความเค้นเฉือนหรือความเค้นคราก (Yield stress) เริ่มต้นเพื่อให้เกิดการไหลได้ก่อน ซึ่งแสดงดังรูปที่ 2.5 ผลิตภัณฑ์ที่แสดงพฤติกรรมการไหลแบบบิงแฮมพลาสติก ได้แก่ ซอสมะเขือเทศ ยาสีฟัน

(4) ชูโดพลาสติกชนิดที่มีความเค้นคราก (Herschel bulkley) เป็นของไหลที่มีลักษณะการไหลผสมระหว่างบิงแฮมพลาสติกกับชูโดพลาสติก ซึ่งแสดงดังรูปที่ 2.5 กล่าวคือ ของไหลจะต้องได้รับความเค้นครากค่าหนึ่งก่อนเพื่อให้ของไหลเกิดการไหล หลังจากนั้นของไหลจะมีพฤติกรรมไหลแบบชูโดพลาสติก

2.6.2.2 ของไหลนอนนิวโตเนียนที่ขึ้นกับเวลา (Time - dependent non-newtonian flow)

(1) ธิโซโทรปี (Thixotropy) เป็นของไหลที่ความหนืดขึ้นกับเวลา เมื่ออัตราเฉือนคงที่ส่งผลให้ความหนืดของของไหลลดลงเมื่อเวลาเพิ่มขึ้น ซึ่งการทดสอบพฤติกรรมการไหลจะทำวนรอบ กล่าวคือ เมื่ออัตราเฉือนเพิ่มขึ้นจนถึงค่าหนึ่งจะปรับอัตราเฉือนลงตามลำดับ ซึ่งเมื่ออัตราเฉือนเพิ่มขึ้นความเค้นเฉือนของของไหลจะเพิ่มขึ้น แต่เมื่ออัตราเฉือนลดลงความเค้นเฉือนจะลดลงด้วย

(2) รีโอเพกซี (Rheopexy) เป็นของไหลที่ความหนืดขึ้นกับเวลาแต่ตรงข้ามกับพฤติกรรมการไหลแบบธิโซโทรปี กล่าวคือ เมื่ออัตราเฉือนเพิ่มขึ้นจนถึงค่าหนึ่งจะปรับอัตราเฉือนลงตามลำดับ ซึ่งเมื่ออัตราเฉือนเพิ่มขึ้นความเค้นเฉือนของของไหลจะเพิ่มขึ้น แต่เมื่ออัตราเฉือนลดลงความเค้นเฉือนกลับเพิ่มขึ้น

2.7 เทคนิคทางสถิติที่ใช้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์

2.7.1 การวิเคราะห์ตัวประกอบหลัก (Principal Component Analysis: PCA)

การวิเคราะห์ตัวประกอบหลัก (Principal Component Analysis) เป็นเทคนิคทางสถิติชนิดหนึ่งที่ใช้ลดจำนวนของตัวแปรที่มีจำนวนมาก ซึ่งจะสกัดหรือดึงรายละเอียดของตัวแปรเดิมมาไว้ในตัวแปรใหม่ให้ได้มากที่สุด โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อที่จะแสดงความสัมพันธ์ของข้อมูลซึ่งจะสร้างความสัมพันธ์เชิงเส้นของข้อมูลเดิม (คณาจารย์ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์, 2555) การวิเคราะห์ข้อมูลจะอธิบายตามตัวประกอบหลักตัวแรก (PC_1) ซึ่งจะมีความผันแปรของตัวแปรเดิมมากที่สุด และความผันแปรของตัวประกอบหลักตัวที่สอง และตัวอื่นๆ จะลดลงตามลำดับ พร้อมกันนั้นตัวประกอบหลักจะไม่มีความสัมพันธ์กันเอง จากนั้นจะวาดกราฟเพื่อสร้างรายละเอียด ทำให้สามารถอธิบายข้อมูลที่ได้จากงานวิจัยและพิจารณาความสัมพันธ์ของข้อมูลว่าสอดคล้องไปในทิศทางเดียวกันหรือทิศทางตรงกันข้าม (กัลยา, 2550) การวิเคราะห์องค์ประกอบหลักนิยมใช้ในการสร้างแผนผังความชอบสำหรับงานพัฒนาผลิตภัณฑ์เพื่อหาปัจจัยที่สำคัญที่มีอิทธิพลต่อความชอบ และเพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของลักษณะทางกายภาพและการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์

2.7.2 การวิเคราะห์แผนผังความชอบของผู้บริโภค (Preference mapping)

การวิเคราะห์แผนผังความชอบของผู้บริโภค คือ เทคนิคที่ใช้แผนภาพในการอธิบายทัศนคติและการรับรู้ของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ การวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพหรือคุณลักษณะทางด้านประสาทสัมผัสเชิงพรรณนา และคะแนนเฉลี่ยความชอบของผู้บริโภคจะถูกนำมาวิเคราะห์เพื่อหาความสัมพันธ์ และสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ด้วยวิธีวิเคราะห์หลายตัวแปรซึ่งจะสามารถอธิบายตัวแปรหลายตัวได้ในเวลาเดียวกันพร้อมทั้งอธิบายตัวแปรแฝงได้อีกด้วย ดังนั้นการวิเคราะห์แผนผังความชอบของผู้บริโภคจะทำให้ทราบถึงคุณลักษณะที่เป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อความชอบของผู้บริโภค (คณาจารย์ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์, 2555)

2.7.3 การประยุกต์ใช้เทคนิคทางสถิติในผลิตภัณฑ์เค้ก

Sae-Eaw และคณะ (2007) ศึกษาการเติมอิมัลซิไฟเออร์ในผลิตภัณฑ์บัตเตอร์เค้กจากแป้งข้าวหอมมะลิต่อการยอมรับผลิตภัณฑ์ของผู้บริโภค พบว่าทั้ง 2 แขนงสามารถอธิบายความแปรปรวนได้ร้อยละ 97.15 โดยแกน PC_1 อธิบายความแปรปรวนได้ร้อยละ 75.57 และแกน PC_2 อธิบายความแปรปรวนได้ร้อยละ 21.58 คุณลักษณะทางด้านประสาทสัมผัส (ลักษณะปรากฏ สีของเนื้อเค้ก ความนุ่ม ความชุ่มฉ่ำ รสชาติ ความชอบโดยรวม) ของบัตเตอร์เค้กจากแป้งข้าวหอมมะลิที่เติมอิมัลซิไฟเออร์ร้อยละ 7.5 และ 15 มีทิศทางตรงข้ามกับของบัตเตอร์เค้กจากแป้งข้าวหอมมะลิตรควบคุม (อิมัลซิไฟเออร์ร้อยละ 0) และบัตเตอร์เค้กจากทางการค้า

Volpini-Rapina และคณะ (2012) ศึกษาการเติมอินนูลินและโอลิโกฟรักโทสในผลิตภัณฑ์เค้กส้ม แผนภาพ PCA วิเคราะห์ข้อมูลทางด้านประสาธน์ผสมของผลิตภัณฑ์ พบว่าทั้ง 2 แกนสามารถอธิบายความแปรปรวนได้ร้อยละ 80.20 แกน PC_1 สามารถอธิบายความแปรปรวนได้ร้อยละ 69.50 และแกน PC_2 สามารถอธิบายความแปรปรวนได้ร้อยละ 10.70 โดยเค้กส้มที่เติมอินนูลินและโอลิโกฟรักโทสมีความสอดคล้องไปในทิศทางเดียวกันเค้กส้มสูตรมาตรฐานและมีทิศทางตรงกันข้ามกับเค้กส้มสูตรมาตรฐาน ซึ่งกล่าวได้ว่าคุณลักษณะที่สำคัญของผลิตภัณฑ์ ได้แก่ สีของเปลือกเค้ก สีน้ำตาลอ่อนของโต โครงสร้างของเปลือกเค้ก ความแข็ง และความเหนียว และจากการวิเคราะห์แผนผังความชอบของผู้บริโภค พบว่าจำนวนของผู้บริโภคส่วนใหญ่แสดงความชอบบริเวณผลิตภัณฑ์เค้กส้มสูตรมาตรฐานและเค้กส้มที่เติมอินนูลินและโอลิโกฟรักโทส นั้นแสดงว่าผู้บริโภคยอมรับผลิตภัณฑ์เค้กส้มสูตรมาตรฐาน เค้กส้มที่เติมอินนูลินและเค้กส้มที่เติมโอลิโกฟรักโทสมากกว่าผลิตภัณฑ์เค้กส้มจากการค้า

บทที่ 3

วิธีการวิจัย

3.1 วัตถุดิบ

- 3.1.1 ข้าวขาวดอกมะลิ 105 บริษัท อาร์ซีเค อะกริ มาเก็ตติ้ง จำกัด
- 3.1.2 เมล็ดแมงลัก ตรา ไรท์พิช บริษัท ไร้ธัญญะ จำกัด
- 3.1.3 เสาวรส บริษัท เค.พี.เอส.เอ็นเตอร์ไพรส์ กรุ๊ป จำกัด (14°Brix pH 3.01)
- 3.1.4 ไข่ไก่ ตรา บิ๊กซี บริษัท เอส.ดับบลิว ฟู้ดเทค จำกัด
- 3.1.5 น้ำมันถั่วเหลือง ตรา อุ่น บริษัท น้ำมันพืชไทย จำกัด
- 3.1.6 นมสดพาสเจอร์ไรส์ ตรา เมจิ บริษัท ซีพี-เมจิ จำกัด
- 3.1.7 ผงฟูดับเบิลแอ็คชั่น ตรา อิมพีเรียล บริษัท เคซีจี คอร์ปอเรชั่น จำกัด
- 3.1.8 น้ำตาลทราย ตรา ลิน บริษัท น้ำตาลไทยรุ่งเรือง จำกัด
- 3.1.9 แชนแทนกัม บริษัท ไทยฟู้ด แอนด์ เคมิคอล จำกัด
- 3.1.10 กัวร์กัม บริษัท ไทยฟู้ด แอนด์ เคมิคอล จำกัด

3.2 อุปกรณ์และเครื่องมือ

3.2.1 อุปกรณ์สำหรับการสกัดกัมจากเมล็ดแมงลัก

- 3.2.1.1 เครื่องเขย่าแบบควบคุมอุณหภูมิ ยี่ห้อ Taitec รุ่น BR-300LF ประเทศไทย
- 3.2.1.2 เครื่องบรรจุสุญญากาศ ยี่ห้อ Vac – Star รุ่น S210PX ประเทศสวิตเซอร์แลนด์
- 3.2.1.3 เครื่องมือวัดอุณหภูมิ ยี่ห้อ Ebro รุ่น TDC 150 ประเทศเยอรมัน
- 3.2.1.4 เครื่องเขย่าตะแกรงร่อน ยี่ห้อ Retsch รุ่น AS200digit ประเทศเยอรมัน
- 3.2.1.5 เครื่องปั่นอเนกประสงค์ ยี่ห้อ Philips รุ่น HR2068/20 ประเทศจีน
- 3.2.1.6 ตู้บลมร้อน ยี่ห้อ BIDER รุ่น FED, BF ประเทศสหรัฐอเมริกา
- 3.2.1.7 อุปกรณ์งานครัว ได้แก่ กะละมังสแตนเลส กระชอน ผ้าขาวบาง เป็นต้น

3.2.2 อุปกรณ์สำหรับการผลิตเค้กแป้งข้าวขาวดอกมะลิ 105

- 3.2.2.1 เตาอบไฟฟ้าแบบอุตสาหกรรม ยี่ห้อ Union Proccess รุ่น UP: E200 ประเทศไทย

3.2.3.2 เครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 2 ตำแหน่ง ยี่ห้อ Satorius รุ่น LC1200015

ประเทศเยอรมัน

3.2.2.3 เครื่องตีผสม ยี่ห้อ Spar mixer รุ่น 800 - B ประเทศไต้หวัน

3.2.2.4 อุปกรณ์งานครัว ได้แก่ กะละมังสแตนเลส ตะกร้อตีไข่ พิมพ์เค้กขนาด 8

นิ้ว ถาดอะลูมิเนียม เป็นต้น

3.2.3 อุปกรณ์สำหรับการวิเคราะห์

3.2.3.1 เครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 4 ตำแหน่ง ยี่ห้อ Satorius รุ่น BA2105

ประเทศเยอรมัน

3.2.3.2 เครื่องวัดสี ยี่ห้อ Hunter Lab รุ่น CX2687 ประเทศสหรัฐอเมริกา

3.2.3.3 เครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัส ยี่ห้อ Stable Micro System รุ่น TA-XT2i

ประเทศอังกฤษ

3.2.3.4 เครื่องวัดความหนืด ยี่ห้อ Brookfield Engineering Laboratory Inc.

รุ่น RVDVII+ ประเทศสหรัฐอเมริกา

3.2.3.5 เครื่องปั่นเหวี่ยง ยี่ห้อ Tomy รุ่น MX – 305 High Speed ประเทศ

ญี่ปุ่น

3.2.3.6 ชุดวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนแบบกึ่งอัตโนมัติ ยี่ห้อ Tecator รุ่น 1002

ประเทศสวีเดน

3.2.3.7 อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ ยี่ห้อ Grant รุ่น VEP ประเทศอังกฤษ

3.2.3.8 เครื่องวัดปริมาณน้ำอิสระ ยี่ห้อ Aqua lab รุ่น CX2 ประเทศ

สหรัฐอเมริกา

3.2.3.9 เครื่องตีปั่นอาหาร ยี่ห้อ Laboratori รุ่น MIX1 ประเทศฝรั่งเศส

3.2.3.10 เครื่องผสมสาร ยี่ห้อ scientific industries รุ่น Vortex genie – 2

ประเทศสหรัฐอเมริกา

3.2.3.11 ตู้ควบคุมอุณหภูมิ ยี่ห้อ Memmert รุ่น W8540 ประเทศเยอรมัน

3.2.3.12 กระบอกตวงขนาด 1000 มิลลิลิตร

3.2.3.13 อุปกรณ์สำหรับการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส ได้แก่ ถ้วย

พลาสติก แก้วพลาสติก แบบทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส

3.3 การเตรียมวัตถุดิบ

3.3.1 การเตรียมแป้งข้าวขาวดอกมะลิ 105

ทำความสะอาดข้าวเพื่อแยกสิ่งเจือปนออก เช่น เศษดิน เศษไม้ เศษพลาสติก จากนั้นนำมาโม่ด้วยวิธีโม่แห้ง (Dry milling) นำแป้งข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ได้มาร่อนผ่านตะแกรงขนาด 100 เมช บรรจุแป้งข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ได้ลงในถุงพลาสติกชนิดพอลิเอทิลีน (PE) ที่ภาวะความดันสุญญากาศ (ดัดแปลงจาก อุทัยวรรณ และคณะ, 2550)

3.3.2 การเตรียมน้ำเสาวรส

นำเสาวรสสดพันธุ์สีม่วง (*Passiflora laurifolia* Linn.) กรองด้วยกระชอนเพื่อแยกน้ำ เนื้อ เมล็ด และเส้นใยของเสาวรสออกจากกัน แล้วเก็บรักษาน้ำเสาวรสที่อุณหภูมิแช่แข็ง -18 องศาเซลเซียส

3.4 วิธีการดำเนินงานวิจัย

3.4.1 ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดกัมจากเมล็ดแมงลัก

นำเมล็ดแมงลักแช่น้ำเป็นเวลา 30 นาที เขย่าด้วยความเร็ว 200 รอบต่อนาที และปั่นแยกกัม กรองแยกด้วยผ้าขาวบาง ตกตะกอนด้วยเอทานอลความเข้มข้นร้อยละ 95 โดยใช้ปริมาณ 3 เท่าของกัมจากเมล็ดแมงลัก จากนั้นอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 ชั่วโมง แล้วบดด้วยเครื่องปั่นจากนั้นเก็บใส่ถุงออลูมิเนียมฟอยด์แล้วบรรจุแบบสุญญากาศ โดยศึกษาอุณหภูมิที่ใช้ในการสกัดจำนวน 3 ระดับ คือ 55, 67 และ 79 องศาเซลเซียส ร่วมกับอัตราส่วนของน้ำต่อเมล็ดแมงลักจำนวน 3 ระดับ คือ 55:1, 65:1 และ 75:1 จากนั้นประเมินคุณภาพของกัมจากเมล็ดแมงลักที่สกัดได้ โดยจัดสิ่งทดลองแบบ Factorial in Completely Randomized Design (CRD) ได้ทั้งหมด 9 สภาวะในการสกัด

3.4.1.1 ปริมาณร้อยละผลผลิต (Extraction yield)

ชั่งน้ำหนักแห้งของกัมจากเมล็ดแมงลักที่สกัดได้และเมล็ดแมงลักก่อนการสกัด เพื่อคำนวณร้อยละผลผลิตของกัมจากเมล็ดแมงลักที่สกัดได้ (Razavi และคณะ, 2009)

$$\text{ร้อยละผลผลิต} = \frac{\text{น้ำหนักแห้งของกัมจากเมล็ดแมงลัก (g)} \times 100}{\text{น้ำหนักแห้งของเมล็ดแมงลัก (g)}}$$

3.4.1.2 ความหนืดปรากฏ (Apparent viscosity)

วิเคราะห์ค่าความหนืดปรากฏของกัมจากเมล็ดแมงลักด้วยเครื่องวัดความหนืด โดยใช้หัววัด SC4-27 อัตราเฉือนที่ 34 1/s โดยใช้ความเข้มข้นสารละลายกัมจากเมล็ดแมงลักร้อยละ 1.0 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร ปริมาตร 11 มิลลิลิตร และวัดความหนืดที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส

3.4.1.3 ความสามารถในการอุ้มน้ำ (Water holding capacity: WHC)

นำผงกัมเมล็ดแมงลัก 0.10 กรัม กระจายตัวน้ำกลั่น 20 มิลลิลิตร เป็นเวลา 15 นาที แล้วปั่นเหวี่ยงที่ 10,000xg เป็นเวลา 30 นาที ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส แยกสารละลายส่วนใสที่ได้จากการปั่นเหวี่ยงออก (ดัดแปลงจากสุรินี และคณะ, 2555)

$$WHC = \frac{\text{น้ำหนักเปียกของกัมจากเมล็ดแมงลัก (g)} - \text{น้ำหนักแห้งของกัมจากเมล็ดแมงลัก (g)}}{\text{น้ำหนักแห้งของกัมจากเมล็ดแมงลัก (g)}}$$

3.4.1.4 การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน (AOAC, 1995)

วิเคราะห์หาปริมาณโปรตีนตามภาคผนวก ก-2

3.4.1.5 การวิเคราะห์ทางสถิติ

วิเคราะห์ความแปรปรวนด้วย Analysis of Variance (ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยการวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติแบบ Duncan's new multiple range tests จากนั้นวิเคราะห์หาพื้นที่ผิวตอบสนองด้วยวิธี Response Surface Methodology (RSM) โดยใช้สมการแบบ Polynomial

$$Y = \beta_0 + \sum \beta_i x_i + \sum \beta_{ii} x_i^2 + \sum \sum \beta_{ij} x_i x_j$$

โดยที่ Y คือ ตัวแปรตาม (ร้อยละผลผลิต, ความหนืดปรากฏ, ความสามารถในการอุ้มน้ำ และปริมาณโปรตีน)

β_0 คือ ค่าคงที่

$\beta_i, \beta_{ii}, \beta_{ij}$ คือ Regression coefficients

x_i, x_j คือ ระดับของตัวแปรต้น (อุณหภูมิ และอัตราส่วนของน้ำต่อเมล็ด)

3.4.2 ศึกษาสมบัติของกัมจากเมล็ดแมงลัก

3.4.2.1 ศึกษาความหนืดของการแปรระดับของกัมจากเมล็ดแมงลัก

ศึกษาค่าความหนืดของการแปรระดับของกัมจากเมล็ดแมงลักที่ได้คัดเลือกจากการทดลองที่ 3.4.1 โดยเตรียมสารละลายกัมจากเมล็ดแมงลักจำนวน 4 ระดับ ได้แก่ ความเข้มข้นที่ร้อยละ 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร และวางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) โดยเริ่มจากละลายผงกัมจากเมล็ดแมงลักในน้ำกลั่น ผสมให้เข้ากันโดยใช้เครื่องกวนสารละลายด้วยแท่งแม่เหล็ก เป็นเวลา 30 นาที จากนั้นประเมินความหนืดปรากฏของสารละลายกัมจากเมล็ดแมงลัก

(1) ความหนืดปรากฏ (Apparent viscosity)

วิเคราะห์ค่าความหนืดปรากฏของกัมจากเมล็ดแมงลักด้วยเครื่องวัดความหนืด โดยใช้หัววัด SC4-27 อัตราเฉือนที่ 0-34 1/s ปริมาตร 11 มิลลิลิตร และวัดความหนืดที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส โดยอธิบายค่าความหนืดที่อัตราเฉือน 17 1/s

(2) การวิเคราะห์ทางสถิติ

วิเคราะห์ความแปรปรวนด้วย Analysis of Variance (ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยการวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติแบบ Duncan's new multiple range tests โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป

3.4.2.2 เปรียบเทียบสมบัติของกัมเมล็ดแมงลักกับกัมทางการค้า

ละลายผงกัมจากเมล็ดแมงลักในน้ำกลั่น ผสมให้เข้ากันโดยใช้เครื่องกวนสารละลายด้วยแท่งแม่เหล็ก เป็นเวลา 30 นาที (สุธินี และคณะ, 2555) โดยศึกษากัมจำนวน 4 ชนิด คือ แขนแทนกัม กัวกัม แขนแทนผสมกัวกัม (อัตราส่วน 50:50) และกัมจากเมล็ดแมงลัก ที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.5 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) จากนั้นประเมินความหนืดปรากฏของสารละลายกัม และความสามารถในการอุ้มน้ำ

(1) ความหนืดปรากฏ (Apparent viscosity)

วิเคราะห์ค่าความหนืดปรากฏด้วยเครื่องวัดความหนืดด้วยเครื่องวัดความหนืด โดยใช้สารละลายกัมความเข้มข้นร้อยละ 0.5 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร ใช้หัววัด SC4-21 อัตราเฉือนที่ 0-93 1/s ปริมาตร 8 มิลลิลิตร และวัดความหนืดที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส โดยอธิบายค่าความหนืดที่อัตราเฉือน 93 1/s

(2) ความสามารถในการอุ้มน้ำ

วิเคราะห์ความสามารถในการอุ้มน้ำตามข้อ 3.4.1.3

(3) การวิเคราะห์ทางสถิติ

วิเคราะห์ความแปรปรวนด้วย Analysis of Variance (ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยการวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติแบบ Duncan's new multiple range tests โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป

3.4.3 ศึกษาปริมาณที่เหมาะสมของกัมจากเมล็ดแมงลักในผลิตภัณฑ์เค้กแป้งข้าว

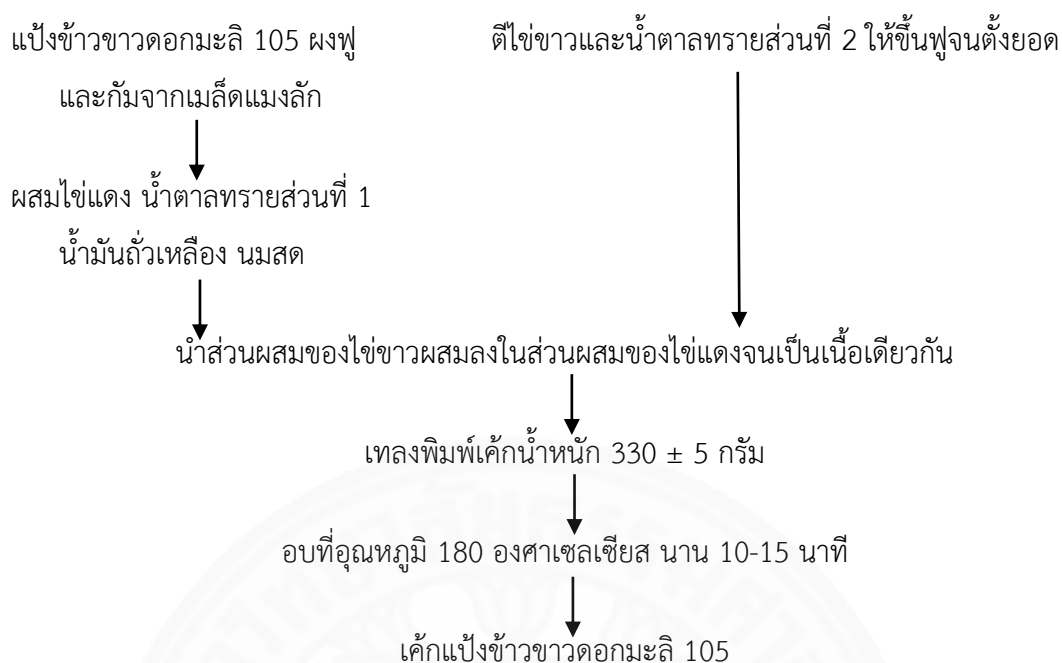
ข้าวดอกมะลิ 105

ผลิตเค้กแป้งข้าวข้าวดอกมะลิ 105 ตามสูตรการผลิตที่แสดงดังตารางที่ 3.1 และกรรมวิธีการผลิตในรูปที่ 3.1 โดยแปรรูปของกัมจากเมล็ดแมงลักจำนวน 5 ระดับ คือ กัมจากเมล็ดแมงลักร้อยละ 0, 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 โดยน้ำหนักแป้งข้าวข้าวดอกมะลิ 105 จากนั้นประเมินคุณภาพของเค้กแป้งข้าวข้าวดอกมะลิ 105 ที่เติมกัมจากเมล็ดแมงลัก โดยวางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD)

ตารางที่ 3.1 สูตรการผลิตเค้กแป้งข้าวข้าวดอกมะลิ 105

ส่วนผสม	ปริมาณ (ร้อยละโดยน้ำหนัก)
แป้งข้าวข้าวดอกมะลิ 105	15.82
ไข่แดงไข่ไก่	13.60
ไข่ขาวไข่ไก่	29.41
นมสด	12.04
น้ำตาลทรายส่วนที่ 1	9.23
น้ำตาลทรายส่วนที่ 2	13.18
น้ำมันถั่วเหลือง	6.06
ผงฟู	0.66

ที่มา: ดัดแปลงจากธารนที (2555)



รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการผลิตเค้กแบ่งข้าวขาวดอกมะลิ 105

ที่มา: ดัดแปลงจากธารนที (2555)

3.4.3.1 ความถ่วงจำเพาะของแบตเตอรี่เค็ก (Specific gravity)

วิเคราะห์ค่าความถ่วงจำเพาะของแบตเตอรี่เค็ก โดยเริ่มจากชั่งน้ำหนักของแบตเตอรี่เค็กแบ่งข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ปริมาตร 1 ถ้วยตวงเทียบกับน้ำหนักของน้ำที่ปริมาตรเดียวกัน ซึ่งคำนวณได้จากอัตราส่วนน้ำหนักของแบตเตอรี่ของเค็กต่อน้ำหนักของน้ำ (Kumari และคณะ, 2011)

3.4.3.2 ความหนืดของแบตเตอรี่เค็ก (Viscosity)

วิเคราะห์ค่าความหนืดของแบตเตอรี่เค็ก วัดค่าความหนืดของแบตเตอรี่
เค็กแบ่งข้าวขาวดอกมะลิ 105 ด้วยเครื่องวัดความหนืด โดยใช้หัวเบอร์ 5 รอบการหมุนที่ 100 รอบ
ต่อนาที ปริมาตรตัวอย่าง 250 มิลลิลิตร ที่อุณหภูมิห้อง (30 ± 3 องศาเซลเซียส)

3.4.3.3 ปริมาตรจำเพาะของเค้ก (Specific volume)

วัดปริมาตรของเค้กแบ่งข้าวขาวดอกมะลิ 105 โดยใช้การแทนที่ด้วย
เมล็ดงาตามวิธีของ AACC method 10-05 (AACC, 2000) และวัดน้ำหนักของเค้ก

$$\text{ปริมาตรจำเพาะ} = \frac{\text{ปริมาตรของเค้ก (มิลลิลิตร)}}{\text{น้ำหนักเค้ก (กรัม)}}$$

3.4.3.4 ค่าสีของเนื้อเค้ก

วิเคราะห์ค่าสีของเนื้อเค้กแบ่งข้าวขาวดอกมะลิ 105 โดยใช้เครื่องวัดสี มีค่ามาตรฐาน White plate คือ ค่าความสว่าง (L^*) = 94.16 ค่าสีแดง (a^*) = -0.81 และค่าสีเหลือง (b^*) = 1.46 โดยตรวจวัดค่าความสว่าง (L^*) ค่าสีแดง (a^*) และค่าสีเหลือง (b^*) จากการตัดตัวอย่าง ขนาด 40 x 40 x 20 มิลลิเมตร และวัดแต่ละตัวอย่างตัวอย่างละ 3 ซ้ำ

3.4.3.5 ลักษณะเนื้อสัมผัส

วิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัสของเค้กแบ่งข้าวขาวดอกมะลิ 105 โดยใช้เครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัสด้วยวิธี Texture Profile Analysis (TPA) ใช้หัววัดทรงกระบอก (Cylindrical probe) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 50 มิลลิเมตร (P/50) ตัดตัวอย่างขนาด 40 x 40 x 20 มิลลิเมตร จำนวน 5 ตัวอย่าง กำหนดให้หัววัดกดบนตัวอย่างด้วยความเร็ว 1.0 มิลลิเมตรต่อวินาที กดที่ระยะร้อยละ 75 ของความสูงของตัวอย่าง จากนั้นหัววัดจะเคลื่อนที่กลับด้วยความเร็ว 5 มิลลิเมตรต่อวินาที แล้วกดตัวอย่างอีกครั้งด้วยความเร็วเท่าเดิม

3.4.3.6 Layer cake template

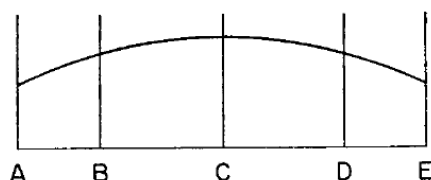
วัดขนาดของเค้กแบ่งข้าวขาวดอกมะลิ 105 เป็นไปตามวิธีการของ AACC method 10-90 (AACC, 2000) โดยใช้พิมพ์เค้กเบอร์ 8 นิ้ว หรือเส้นผ่านศูนย์กลาง 20.3 เซนติเมตร จากนั้นผ่าครึ่งเค้กที่อบแล้วแนบบนกระดาษ วัดความสูงของค่าแต่ละจุดแสดงดังรูปที่ 3.2 แล้วคำนวณหาค่า Volume index Symmetry index Uniformity index และ Shrinkage value ของเค้กดังสูตร ดังนี้

$$\text{Volume index} = B + C + D$$

$$\text{Uniformity index} = |B - D|$$

$$\text{Symmetry index} = 2C - B - D$$

$$\text{Shrinkage value} = 20.3 - AE$$



รูปที่ 3.2 ภาพตัดขวางของเค้กและตำแหน่งการวัดค่า

ที่มา: AACC (2000)

3.4.3.7 การทดสอบทางประสาทสัมผัส

ประเมินการยอมรับทางประสาทสัมผัสที่มีต่อเค้กแบ่งข้าวขาวดอกมะลิ 105 โดยใช้ผู้บริโภคร่วมไปที่ไม่ผ่านการฝึกฝน จำนวน 86 คน เตรียมตัวอย่างให้มีขนาด 20 x 20 x 20 มิลลิเมตร แล้วใส่ถ้วยพลาสติกที่มีฝาปิด กำกับรหัสของตัวอย่างด้วยเลขสุ่ม 3 หลัก เสิร์ฟตัวอย่างที่อุณหภูมิห้อง พร้อมให้ผู้ทดสอบประเมินความชอบตามแบบสอบถาม (ภาคผนวก ข-1) ในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่นรส ความนุ่ม รสชาติ และความชอบโดยรวม โดยใช้วิธี 9-point hedonic scale กำหนดให้คะแนน 1 คือไม่ชอบมากที่สุด คะแนน 9 คือชอบมากที่สุด ร่วมกับวิธีการทดสอบความพอดี (Just about Right: JAR) ในด้านความนุ่ม

3.4.3.8 การวิเคราะห์ทางสถิติ

การทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสใช้การวางแผนการทดลองแบบ Randomized Completely Block Design (RCBD) นำผลการตรวจวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพทางประสาทสัมผัส และการยอมรับของผู้บริโภคมารวบรวมวิเคราะห์องค์ประกอบ (Principal Component Analysis: PCA) และสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ด้วยวิธี PLS ด้วยโปรแกรมวิเคราะห์ทางสถิติ XLSTAT[®] (Free download) โดยผลลัพธ์ที่ได้จะแสดงดังรูปแผนภาพความชอบ (Preference mapping) เพื่อใช้อธิบายความสัมพันธ์ของปัจจัยคุณภาพด้านต่างๆของผลิตภัณฑ์เค้กแบ่งข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่มีการแปรระดับของกัมจากเมล็ดแมงลักที่มีผลต่อความชอบของผู้บริโภค และวิเคราะห์ความแปรปรวนด้วย Analysis of Variance (ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยการวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติแบบ Duncan's new multiple range tests โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป

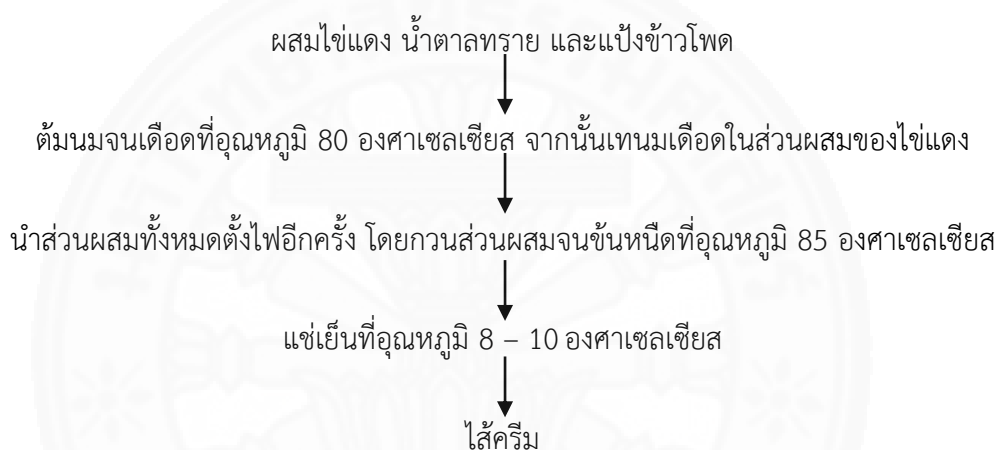
3.4.4 ศึกษาปริมาณที่เหมาะสมของน้ำเสาวรสในครีมเสาวรส

ผลิตครีมเสาวรสตามสูตรการผลิตที่แสดงดังตารางที่ 3.2 และกรรมวิธีการผลิตในรูปที่ 3.2 โดยความเข้มข้นของน้ำเสาวรสจำนวน 2 ระดับ คือ น้ำเสาวรสความเข้มข้นร้อยละ 75 และ 100 และอัตราส่วนของนมต่อน้ำเสาวรสจำนวน 2 ระดับ คือ 70:30 และ 50:50 โดยวางแผนการทดลอง Completely Randomized Design (CRD) ได้ทั้งหมด 4 สูตร จากนั้นประเมินคุณภาพของครีมเสาวรส

ตารางที่ 3.2 สูตรการผลิตไส้ครีม

ส่วนผสม	ปริมาณร้อยละโดยน้ำหนัก
แป้งข้าวโพด	9.14
ไข่แดงไข่ไก่	10.48
นมสด	68.19
น้ำตาลทราย	12.19

ที่มา : ดัดแปลงธารนที (2555)



รูปที่ 3.3 ขั้นตอนการผลิตไส้ครีม

ที่มา : ดัดแปลงจาก ธารนที (2555)

3.4.4.1 ความหนืดของครีมเสาวรส

วิเคราะห์ค่าความหนืดของครีมเสาวรสด้วยเครื่องวัดความหนืด โดยใช้หัววัด SC4-27 อัตราเฉือนที่ 34 1/s ปริมาตร 11 มิลลิลิตร ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส

3.4.4.2 ค่าสีของครีมเสาวรส

วิเคราะห์ค่าสีโดยใช้เครื่องวัดสีตามข้อ 3.4.3.4 โดยใช้ตัวอย่างปริมาตร 20 มิลลิลิตร และวัดตัวอย่าง 3 ซ้ำ

3.4.4.3 ปริมาณน้ำอิสระในครีมเสาวรส (Water activity: a_w)

วัดปริมาณน้ำอิสระ ของครีมเสาวรสด้วยเครื่องวัดปริมาณน้ำอิสระ โดยนำตัวอย่างครีมเสาวรสใส่ในถ้วยตัวอย่างประมาณครึ่งหนึ่งของถ้วย แล้วอ่านค่า a_w จากจอแสดงผล

3.4.4.4 การทดสอบทางประสาทสัมผัส

การประเมินทางด้านประสาทสัมผัสของครีมเสาวรส โดยใช้ผู้บริโภคทั่วไปที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 60 คน เตรียมตัวอย่างน้ำหนัก 8 ± 0.5 กรัม แล้วใส่ถ้วยพลาสติกที่มีฝาปิด พร้อมกำกับรหัสของตัวอย่างด้วยเลขสุ่ม 3 หลัก เสรีพิตัวอย่างที่อุณหภูมิห้อง พร้อมให้ผู้ทดสอบประเมินความชอบตามแบบสอบถาม (ภาคผนวก ข-2) ในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่นเสาวรส รสเปรี้ยว รสหวาน ความสามารถในการทา และความชอบโดยรวม โดยใช้วิธี 9-point hedonic scale กำหนดให้คะแนน 1 คือไม่ชอบมากที่สุด คะแนน 9 คือชอบมากที่สุด ร่วมกับวิธีการทดสอบความพอดี (Just about Right: JAR) ในด้านรสเปรี้ยว รสหวาน และความสามารถในการทา

3.4.4.5 การวิเคราะห์ทางสถิติ

การทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสใช้การวางแผนการทดลองแบบ Randomized Completely Block Design (RCBD) และวิเคราะห์ความแปรปรวนด้วย Analysis of Variance (ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยการวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติแบบ Duncan's new multiple range tests โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป

3.4.5 ศึกษาอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์เค้กแบ่งข้าวขาวดอกมะลิ 105 สอดไส้ครีมเสาวรสที่พัฒนาได้

ทดสอบอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์เค้กแบ่งข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่เดิมกัมจากเมล็ดแมงลักที่ได้รับคะแนนการยอมรับสูงที่สุดจากการทดลองที่ 3.4.3 และไส้ครีมเสาวรสจากการทดลองที่ 3.4.4 แล้วเก็บรักษาภายในถุงพลาสติกชนิดพอลิโพรไพลีน (Polypropylene: PP) ขนาด $50 \times 50 \times 25$ มิลลิเมตร โดยศึกษาอุณหภูมิที่ใช้ในการเก็บรักษาจำนวน 2 ระดับ คือ อุณหภูมิห้อง (30 ± 3 องศาเซลเซียส) และอุณหภูมิแช่เย็น (5 ± 3 องศาเซลเซียส) โดยวางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) จากนั้นประเมินคุณภาพของเค้กแบ่งข้าวขาวดอกมะลิ 105 สอดไส้ครีมเสาวรสที่เวลาการเก็บรักษา 0, 3, 6, 9, 12 และ 15 วัน

3.4.5.1 ค่าสีของเนื้อเค้ก

วิเคราะห์ค่าสีของเนื้อเค้กโดยใช้เครื่องวัดสีตามข้อ 3.4.3.4

3.4.5.2 ค่าสีของครีมเสาวรส

วิเคราะห์ค่าสีโดยใช้เครื่องวัดสีตามข้อ 3.4.3.4

3.4.5.3 ลักษณะเนื้อสัมผัส

วิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัสของเค้กแบ่งข้าวขาวดอกมะลิ 105 สอดไส้ครีมเสาวรสตามวิธีการศึกษาลักษณะเนื้อสัมผัสในข้อ 3.4.3.5

3.4.5.4 ปริมาณน้ำอิสระ (Water activity: a_w)

วัดปริมาณน้ำอิสระของเค้กแบ่งข้าวขาวดอกมะลิ 105 และครีมเสาวรสมตามวิธีการศึกษาในข้อ 3.4.4.3

3.4.5.5 ปริมาณจุลินทรีย์

วิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดและปริมาณยีสต์ รา ของผลิตภัณฑ์เค้กแบ่งข้าวขาวดอกมะลิ 105 สอดไส้ครีมเสาวรสมตามอุณหภูมิและระยะเวลาในการเก็บรักษา (BAM, 2002)

3.4.5.6 การทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสเชิงพรรณนา

การทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสเชิงพรรณนาจะใช้ผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 8-10 คน ซึ่งเป็นนักศึกษาสาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ เพื่อหาคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์เค้กแบ่งข้าวขาวดอกมะลิ 105 สอดไส้ครีมเสาวรสม และกำหนดคำอธิบายคุณลักษณะ วิธีการประเมิน โดยเตรียมตัวอย่างขนาด $20 \times 20 \times 30$ มิลลิเมตร บรรจุในถ้วยพลาสติกที่ปิดฝา กำกับรหัสของตัวอย่างด้วยเลขสุ่ม 3 หลัก เสิร์ฟที่อุณหภูมิห้อง ขั้นตอนสำหรับการทดสอบแบ่งเป็น 3 ขั้นตอน ดังนี้

(1) การพัฒนาคำศัพท์

คำศัพท์ที่ใช้จะอธิบายคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์เค้กแบ่งข้าวขาวดอกมะลิ 105 สอดไส้ครีมเสาวรสมที่สภาวะการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (30 ± 3 องศาเซลเซียส) และอุณหภูมิแช่เย็น (5 ± 3 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 0, 3, 6, 9, 12 และ 15 วัน จะใช้แบบทดสอบ (ภาคผนวก ข-3) สำหรับการอธิบายคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ ผู้ทดสอบจะประเมินตัวอย่าง และคิดคำศัพท์ที่ใช้บรรยายคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส เมื่อประเมินครบตัวอย่าง ผู้ทดสอบจะอภิปรายกลุ่มเพื่อสร้างความหมายของคำศัพท์ วิธีการประเมินตัวอย่าง ระดับความเข้มของตัวอย่างอ้างอิง และประเมินโดยใช้สเกลเส้นตรงที่มีความยาว 15 เซนติเมตร (15-cm line scale)

(2) การฝึกฝนผู้ทดสอบ

เพื่อให้ผู้ทดสอบมีความเข้าใจกับคำศัพท์ร่วมกัน คำนึงเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ พร้อมทั้งให้คะแนนความเข้มของผลิตภัณฑ์ จะต้องฝึกฝนผู้ทดสอบตามแบบทดสอบ (ภาคผนวก ข-4) ผู้ทดสอบแต่ละท่านจะชิมตัวอย่างอ้างอิง และตัวอย่างผลิตภัณฑ์เค้กแบ่งข้าวขาวดอกมะลิ 105 สอดไส้ครีมเสาวรสม แล้วให้คะแนนความเข้มในแต่ละคุณลักษณะ จนกระทั่งผู้ทดสอบสามารถให้คะแนนแต่ละคุณลักษณะไปในทิศทางเดียวกัน

(3) การประเมินตัวอย่าง

ผู้ทดสอบจะประเมินตัวอย่างผลิตภัณฑ์เค้กแบ่งข้าวขาวดอกมะลิ 105 สอดไส้ครีมเสาวรสมที่สภาวะการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (30 ± 3 องศาเซลเซียส) และอุณหภูมิ

แช่เย็น (5 ± 3 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 0, 3, 6, 9, 12 และ 15 วัน ตามแบบทดสอบ ภาคผนวก ข-4 โดยทดสอบทีละหนึ่งตัวอย่าง ตามลำดับการสุ่ม จากนั้นให้คะแนนความเข้มในแต่ละคุณลักษณะทางด้านประสาทสัมผัสตามตารางที่ 3.3 และผู้ทดสอบจะต้องดื่มน้ำเปล่าเพื่อล้างปากขณะประเมินตัวอย่าง

3.4.5.7 การวิเคราะห์ทางสถิติ

การทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสใช้การวางแผนการทดลอง Randomized Completely Block Design (RCBD) และวิเคราะห์ความแปรปรวนด้วย Analysis of Variance (ANOVA) พร้อมทั้งเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยการวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติแบบ Duncan's new multiple range tests โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป

ตารางที่ 3.3 ลักษณะทางประสาทสัมผัส ความหมาย วิธีการประเมิน ตัวอย่างอ้างอิง และคะแนนความเข้มของตัวอย่างอ้างอิง สำหรับการประเมินทางประสาทสัมผัสเชิงพรรณนาของผลิตภัณฑ์เค้กแบ่งขาวชาวดอกมะลิ 105 สอดไส้ครีมเสาวรส

ลักษณะทางประสาทสัมผัส	ความหมายและวิธีการประเมิน	ตัวอย่างอ้างอิง	คะแนนความเข้ม
ลักษณะปรากฏ			
สีเหลืองของเนื้อเค้ก	ระดับของสีเหลืองของเนื้อเค้ก โดยประเมินระดับความเข้มของสีเหลืองด้วยสายตา	1. เลอแปงบานาน่า	2.5
		2. เค้กเนยสด ตรา Kudsan	7
		3. ขนมไข่ ร้านอับดุลเลาะห์	13
ความสม่ำเสมอของรูพรุน	ระดับความสม่ำเสมอของรูพรุนในเนื้อเค้ก โดยประเมินขนาดและการกระจายตัวของรูพรุนภายในเนื้อเค้ก โดยตัดขนาดตัวอย่าง $25 \times 25 \times 20$ มิลลิเมตร	1. เค้กชิฟฟอน ตรา Bake @ Dome	4
		2. เค้กเนยสด ตรา Kudsan	13
เนื้อสัมผัส			
ความแน่นเนื้อ	ระดับความแน่นเนื้อของตัวอย่างเมื่อกัดครั้งแรก ประเมินโดยการกดตัวอย่างด้วยฟันกราม โดยตัดขนาดตัวอย่าง $25 \times 25 \times 20$ มิลลิเมตร	1. เค้กชิฟฟอน ตรา Bake @ Dome	4
		2. เค้กเนยสด ตรา Kudsan	10

ตารางที่ 3.3 (ต่อ) ลักษณะทางประสาทสัมผัส ความหมาย วิธีการประเมิน ตัวอย่างอ้างอิง และ
คะแนนความเข้มของตัวของตัวอย่างอ้างอิง สำหรับการประเมินทางประสาท
สัมผัสเชิงพรรณนาของผลิตภัณฑ์เค้กแบ่งข้าวขาวดอกมะลิ 105 สอดไส้ครีม
เสาวรส

ลักษณะทางประสาทสัมผัส	ความหมายและวิธีการประเมิน	ตัวอย่างอ้างอิง	คะแนนความเข้ม
รสชาติ			
รสหวาน	ระดับรสหวานภายในเนื้อเค้ก โดยประเมินรสหวานในระหว่างการเคี้ยวตัวอย่าง	1. ขนมปังแผ่น ตรา Farmhouse	1
		2. เค้กชิฟฟอน	7
รสเปรี้ยว	ระดับรสเปรี้ยวภายในเนื้อเค้ก โดยประเมินรสหวานในระหว่างการเคี้ยวตัวอย่าง	1. น้ำเสาวรสความเข้มข้นร้อยละ 25	7
		2. น้ำเสาวรสความเข้มข้นร้อยละ 75	13
กลิ่นรส			
กลิ่นรสไข่	กลิ่นรสไข่ที่รู้สึกได้ระหว่างการเคี้ยว โดยประเมินกลิ่นรสในระหว่างการเคี้ยวตัวอย่าง	1. ขนมไข่ ร้านอับดุลเลาะห์	12
กลิ่นรสเสาวรส	กลิ่นรสเสาวรสที่รู้สึกได้ระหว่างการเคี้ยว โดยประเมินกลิ่นรสในระหว่างการเคี้ยวตัวอย่าง	1. น้ำเสาวรสความเข้มข้นร้อยละ 25	5
		2. น้ำเสาวรสความเข้มข้นร้อยละ 75	12
ความรู้สึกตกค้าง			
รสเปรี้ยว	ระดับรสเปรี้ยวหลังการกลืน โดยประเมินรสเปรี้ยวหลังการกลืน	1. น้ำเสาวรสความเข้มข้นร้อยละ 25	6
		2. น้ำเสาวรสความเข้มข้นร้อยละ 75	12
กลิ่นรสไข่	กลิ่นรสไข่ที่รู้สึกได้หลังการกลืน โดยประเมินกลิ่นรสหลังการกลืน	1. ขนมไข่ ร้านอับดุลเลาะห์	9.5
กลิ่นรสเสาวรส	กลิ่นรสเสาวรสที่รู้สึกได้หลังการกลืน โดยประเมินกลิ่นรสหลังการกลืน	1. น้ำเสาวรสความเข้มข้นร้อยละ 25	2
		2. น้ำเสาวรสความเข้มข้นร้อยละ 75	8

3.4.6 ศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์เค้กแบ่งข้าวขาวดอกมะลิ 105

สอตไส้ครีมเสาวรส

ทดสอบการยอมรับผลิตภัณฑ์กับผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์เค้กแบ่งข้าวขาวดอกมะลิ 105 สอตไส้ครีมเสาวรสซึ่งได้รับการคัดเลือกจากการศึกษาที่ 3.4.3 และ 3.4.4 โดยการสุ่มตัวอย่างผู้บริโภคด้วยวิธี Central Location Test (CLT) จำนวน 100 คน จากมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

3.4.6.1 การยอมรับทางประสาทสัมผัส

ประเมินการยอมรับทางประสาทสัมผัสที่มีต่อผลิตภัณฑ์เค้กแบ่งข้าวขาวดอกมะลิ 105 เตรียมตัวอย่างขนาด $25 \times 25 \times 30$ มิลลิเมตร แล้วใส่ถ้วยพลาสติกที่มีฝา กำกับรหัสของตัวอย่างด้วยเลขสุ่ม 3 หลัก เสิร์ฟตัวอย่างที่อุณหภูมิห้อง พร้อมให้ผู้ทดสอบประเมินความชอบตามแบบสอบถาม (ภาคผนวก ข-5) ในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่นรส เนื้อสัมผัส รสชาติ และความชอบโดยรวม โดยใช้วิธี 9-points hedonic scale กำหนดให้คะแนน 1 คือไม่ชอบมากที่สุด คะแนน 9 คือชอบมากที่สุด

3.4.6.2 การตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์ (Purchase intent)

ประเมินการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์ตามแบบสอบถาม (ภาคผนวก ข-5) โดยใช้ 5-point categorical scale กำหนดให้คะแนน 1 คือซื้ออย่างแน่นอน คะแนน 3 คือไม่แน่ใจ และคะแนน 5 คือไม่ซื้ออย่างแน่นอน จากนั้นให้ผู้ทดสอบทราบข้อมูลทางโภชนาการและรายละเอียดของผลิตภัณฑ์ โดยผู้ทดสอบประเมินการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์เค้กแบ่งข้าวขาวดอกมะลิ 105 สอตไส้ครีมเสาวรสในส่วนหลังของแบบสอบถาม

3.4.6.3 การวิเคราะห์ทางสถิติ

สำหรับการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค คำนวณหาค่าเฉลี่ยคะแนนความชอบของตัวอย่าง ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ($\text{Mean} \pm \text{SD}$) ร้อยละของผู้บริโภค แล้วเปรียบเทียบการยอมรับของผู้บริโภคก่อนทราบและหลังจากทราบคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์เค้กแบ่งข้าวขาวดอกมะลิ 105 สอตไส้ครีมเสาวรสแล้วด้วยวิธีแมคเนียร์ (McNemar test) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

สำหรับการทดสอบการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์เค้กแบ่งข้าวขาวดอกมะลิ 105 สอตไส้ครีมเสาวรสของผู้บริโภค โดยคำนวณร้อยละของกลุ่มผู้บริโภคที่ตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์โดยเลือกจากคำตอบซื้ออย่างแน่นอนและอาจจะซื้อ และกลุ่มผู้บริโภคที่ไม่ตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์โดยเลือกจากคำตอบอาจจะซื้อหรือไม่ซื้อ อาจจะไม่ซื้อ และไม่ซื้ออย่างแน่นอน แล้วเปรียบเทียบการตัดสินใจซื้อของผู้บริโภคก่อนทราบและหลังจากทราบคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์ด้วยวิธีแมคเนียร์ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

บทที่ 4

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

4.1 ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดผงกัมจากเมล็ดแมงลัก

4.1.1 ปริมาณร้อยละผลผลิต

จากการวิเคราะห์ปริมาณร้อยละผลผลิตของกัมจากเมล็ดแมงลักที่สกัดได้ โดยจัดสิ่งทดลองแบบ 3x3 factorial in CRD โดยปัจจัยที่ 1 คือ อัตราส่วนของน้ำต่อเมล็ด และปัจจัยที่ 2 คือ อุณหภูมิในการสกัด แสดงดังตารางที่ 4.1 พบว่าไม่มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนของน้ำต่อเมล็ดและอุณหภูมิในการสกัด ($p > 0.05$) แต่เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยของแต่ละปัจจัยในการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดกัมจากเมล็ดแมงลักพบว่าอุณหภูมิที่ใช้ในการสกัดจะส่งผลให้ปริมาณร้อยละผลผลิตแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) แต่อัตราส่วนของน้ำต่อเมล็ดไม่ส่งผลให้ปริมาณร้อยละผลผลิตแตกต่างกัน จะเห็นได้ว่าอุณหภูมิที่ใช้ในการสกัดที่เพิ่มขึ้นจะทำให้ปริมาณร้อยละผลผลิตมีแนวโน้มลดลง โดยการสกัดที่อุณหภูมิ 67 องศาเซลเซียส มีปริมาณร้อยละผลผลิตของกัมจากเมล็ดแมงลักมากที่สุด คือ ร้อยละ 27.18

ตารางที่ 4.1 ปริมาณร้อยละผลผลิตของกัมจากเมล็ดแมงลักที่ระดับการสกัดแตกต่างกัน

อัตราส่วนของ น้ำต่อเมล็ด	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)			ค่าเฉลี่ยของ อัตราส่วนของน้ำ ต่อเมล็ด
	55	67	79	
55:1	26.27 ± 1.27	26.76 ± 0.93	24.69 ± 2.17	25.91 ^A
65:1	26.90 ± 1.59	27.68 ± 1.47	22.70 ± 1.53	25.76 ^A
75:1	27.24 ± 0.49	27.10 ± 1.19	22.30 ± 0.29	25.55 ^A
ค่าเฉลี่ยของ อุณหภูมิ	26.80 ^a	27.18 ^a	23.23 ^b	

^{a,b} ตัวเลขที่มีอักษรกำกับแตกต่างกันจากแถวบนเดียวกันแตกต่างกัน ($p \leq 0.05$)

^A ตัวเลขที่มีอักษรกำกับแตกต่างกันจากแถวตั้งเดียวกันแตกต่างกัน ($p \leq 0.05$)

เนื่องจากน้ำสามารถละลายองค์ประกอบต่างๆ ที่อยู่ในเอนโดสเปิร์ม จึงทำให้สารประกอบต่างๆ ที่สามารถจับน้ำได้ละลายออกมาด้วย โดยทั้งนี้โครงสร้างของกัมประกอบด้วยน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวที่มีหมู่ฟังก์ชันที่สามารถทำอันตรกิริยากับน้ำได้เป็นอย่างดี (สิริการ, 2558) ส่งผลให้กัมสามารถละลายออกมากับน้ำได้ Amid และ Mirhosseini (2012) ได้กล่าวว่าอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้สารพอลิแซ็กคาไรด์ที่สามารถละลายน้ำได้ของเมล็ดทุเรียนเกิดการถ่ายเทมวลสาร (Mass transfer) ได้อย่างรวดเร็ว รวมทั้งการใช้น้ำที่อุณหภูมิสูงจะก่อเกิดความสามารถในการจับน้ำของกัม (Dakia และคณะ, 2008) และการละลายของกัม (Koocheki และคณะ, 2010) ได้เป็นอย่างดี แต่อย่างไรก็ตามจะเห็นว่าการสกัดที่ใช้อุณหภูมิ 79 องศาเซลเซียส กลับทำให้ปริมาณร้อยละผลผลิตลดลง สอดคล้องกับงานวิจัยของ Cai และคณะ (2008) ที่กล่าวว่าปริมาณร้อยละผลผลิตของสารพอลิแซ็กคาไรด์จากแคคตัส (*Opuntia milpa alta*) ลดลง เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นจาก 80 องศาเซลเซียส เป็น 90 องศาเซลเซียส เป็นผลมาจากปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสของสารพอลิแซ็กคาไรด์

4.1.2 ความหนืดปรากฏ

จากการวิเคราะห์ความหนืดปรากฏของกัมจากเมล็ดแมงลักที่สกัดได้ โดยจัดสิ่งทดลองแบบ 3x3 factorial in CRD โดยปัจจัยที่ 1 คือ อัตราส่วนของน้ำต่อเมล็ด และปัจจัยที่ 2 คือ อุณหภูมิในการสกัด แสดงดังตารางที่ 4.2 พบว่ามีปฏิสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนของน้ำต่อเมล็ดและอุณหภูมิในการสกัด ($p \leq 0.05$) โดยอุณหภูมิที่ใช้ในการสกัดและอัตราส่วนของน้ำต่อเมล็ดส่งผลให้ความหนืดปรากฏแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยจะเห็นได้ว่าอุณหภูมิที่ใช้ในการสกัดและอัตราส่วนของน้ำต่อเมล็ดที่เพิ่มขึ้นจะทำให้ความหนืดปรากฏของกัมจากเมล็ดแมงลักมีแนวโน้มลดลง เมื่อพิจารณาการสกัดที่อุณหภูมิ 79 องศาเซลเซียสและอัตราส่วนของน้ำต่อเมล็ด 75:1 มีค่าความหนืดปรากฏน้อยที่สุดคือ 0.74 Pa.s สภาวะสกัดที่ใช้อุณหภูมิสูงส่งผลให้โครงสร้างโมเลกุลของสารพอลิแซ็กคาไรด์เกิดเปลี่ยนแปลงแบบไม่ผันกลับส่งผลให้ความสามารถในการจับน้ำของกัมลดลง (Karazhiyan และคณะ, 2011)

ตารางที่ 4.2 ความหนืดปรากฏ (Pa.s) ของกัมจากเมล็ดแมงลักที่ระดับการสกัดแตกต่างกัน

อัตราส่วนของน้ำ	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)		
ต่อเมล็ด	55	67	79
55:1	1.40 ± 0.45 ^{ab}	1.37 ± 0.26 ^{ab}	1.49 ± 1.15 ^a
65:1	1.43 ± 0.29 ^{ab}	1.16 ± 0.55 ^{de}	1.31 ± 0.75 ^{bc}
75:1	1.21 ± 0.50 ^{cd}	1.06 ± 0.66 ^e	0.74 ± 1.03 ^f

ตัวเลขที่มีอักษรกำกับมีความแตกต่างกัน ($p \leq 0.05$)

4.1.3 ความสามารถในการอุ้มน้ำ

จากการวิเคราะห์ความสามารถในการอุ้มน้ำของกัมจากเมล็ดแมงลักที่สกัดได้ โดยจัดสิ่งทดลองแบบ 3x3 factorial in CRD โดยปัจจัยที่ 1 คือ อัตราส่วนของน้ำต่อเมล็ด และปัจจัยที่ 2 คือ อุณหภูมิในการสกัด แสดงดังตารางที่ 4.3 พบว่าไม่มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนของน้ำต่อเมล็ดและอุณหภูมิในการสกัด ($p > 0.05$) แต่เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยของแต่ละปัจจัยในการศึกษา สภาวะที่เหมาะสมในการสกัดกัมจากเมล็ดแมงลักพบว่าอัตราส่วนของน้ำต่อเมล็ดส่งผลให้ความสามารถในการอุ้มน้ำแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) แต่อุณหภูมิที่ใช้ในการสกัดไม่ส่งผลให้ความสามารถในการอุ้มน้ำแตกต่างกัน ($p > 0.05$) โดยจะเห็นได้ว่าอัตราส่วนของน้ำต่อเมล็ดที่เพิ่มขึ้นจะทำให้ความสามารถในการอุ้มน้ำมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น การสกัดที่อัตราส่วนของน้ำต่อเมล็ด 55:1 มีความสามารถในการอุ้มน้ำมากที่สุด คือ 178.22 เนื่องจากโครงสร้างของสารไฮโดรคอลลอยด์ จะเกิดการรวมตัวและสร้างพันธะเพื่อจะจับกับน้ำจึงก่อให้เกิดการจับน้ำในปริมาณมากยิ่งขึ้น (Amid และ Mirhosseini, 2012) จึงส่งผลให้ความสามารถในการอุ้มน้ำของกัมจากเมล็ดแมงลักเพิ่มขึ้น

ตารางที่ 4.3 ความสามารถในการอุ้มน้ำของกัมจากเมล็ดแมงลักที่ระดับการสกัดแตกต่างกัน

อัตราส่วนของ น้ำต่อเมล็ด	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)			ค่าเฉลี่ยของ อัตราส่วนของน้ำ ต่อเมล็ด
	55	67	79	
55:1	175.46 $\pm$ 4.10	171.11 $\pm$ 2.01	178.46 $\pm$ 1.63	175.01 ^B
65:1	176.17 $\pm$ 3.04	176.84 $\pm$ 1.67	177.83 $\pm$ 1.79	176.95 ^{AB}
75:1	178.31 $\pm$ 1.79	178.19 $\pm$ 1.85	178.16 $\pm$ 1.73	178.22 ^A
ค่าเฉลี่ยของ อุณหภูมิ	176.65 ^a	175.38 ^a	178.15 ^a	

^{a,b} ตัวเลขที่มีอักษรกำกับแตกต่างกันจากแถวบนเดียวกันแตกต่างกัน ($p \leq 0.05$)

^{A,B} ตัวเลขที่มีอักษรกำกับแตกต่างกันจากแถวตั้งเดียวกันแตกต่างกัน ($p \leq 0.05$)

4.1.4 ปริมาณโปรตีน

จากการวิเคราะห์ความหนืดปรากฏของกัมจากเมล็ดแมงลักที่สกัดได้ โดยจัดสิ่งทดลองแบบ 3x3 factorial in CRD โดยปัจจัยที่ 1 คือ อัตราส่วนของน้ำต่อเมล็ด และปัจจัยที่ 2 คือ อุณหภูมิในการสกัด แสดงดังตารางที่ 4.4 พบว่ามีปฏิสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนของน้ำต่อเมล็ดและอุณหภูมิในการสกัด ($p \leq 0.05$) โดยอัตราส่วนของน้ำต่อเมล็ดและอุณหภูมิที่ใช้ในการสกัดจะส่งผลให้

ปริมาณโปรตีนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) จะเห็นได้ว่าอัตราส่วนของน้ำต่อเมล็ดและอุณหภูมิที่ใช้ในการสกัดที่เพิ่มขึ้นจะทำให้ปริมาณโปรตีนมีแนวโน้มลดลง โดยสภาวะในการสกัดที่อัตราส่วนของน้ำต่อเมล็ด 75:1 และอุณหภูมิ 79 องศาเซลเซียส มีค่าปริมาณโปรตีนน้อยที่สุด เท่ากับ 1.85 เนื่องจากโปรตีนเกิดการเสียสภาพทางธรรมชาติด้วยความร้อน (Thermal denaturation) พันธะไฮโดรเจนของโปรตีนถูกทำลายส่งผลให้โครงสร้างของโปรตีนเกิดการเปลี่ยนแปลงและไม่สามารถละลายน้ำ ดังนั้นสภาวะในการสกัดที่อุณหภูมิสูงจะส่งผลให้กัมจากเมล็ดแมงลักมีปริมาณโปรตีนต่ำ จากการรวบรวมข้อมูลของปริมาณโปรตีนของกัมจากเมล็ดพืช พบว่ากัมจากเมล็ดสำโรงมีปริมาณโปรตีนร้อยละ 8.3 (Somboonpanyakul และคณะ, 2006) โลคัสปินกัมมีปริมาณโปรตีนร้อยละ 5 (Dakia และคณะ, 2008) กัมจากเมล็ด Qodume shirazi (*Alyssum homolocarpum*) มีปริมาณโปรตีนร้อยละ 4 (Koocheki และคณะ, 2010) และกัมจากเมล็ดเทียนแดง (Cress seed: *Lepidium sativum*) มีปริมาณโปรตีนร้อยละ 5.4 (Karazhiyan และคณะ, 2011) ปริมาณโปรตีนของกัมจากเมล็ดแมงลักที่สกัดมีปริมาณใกล้เคียงกับกัมจากเมล็ดพืชชนิดต่างๆ จากปริมาณโปรตีนที่วิเคราะห์ได้นั้น โปรตีนเป็นปัจจัยที่สำคัญที่จะบ่งชี้ถึงความสามารถของกัม เป็นผลมาจากการสกัดด้วยน้ำมีความสามารถที่จะละลายโปรตีนและเอนไซม์ต่างๆ ที่อยู่ภายในเมล็ดพืชออกมาได้ จึงส่งผลให้กัมที่สกัดได้มีโปรตีนปนเปื้อนออกมาด้วย (Dakia และคณะ, 2008)

ตารางที่ 4.4 ปริมาณโปรตีน (ร้อยละ) ของกัมจากเมล็ดแมงลักที่ระดับการสกัดแตกต่างกัน

อัตราส่วนของ น้ำต่อเมล็ด	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)		
	55	67	79
55:1	5.95 ± 0.87^{cd}	7.22 ± 0.18^{bc}	5.10 ± 0.40^{de}
65:1	9.73 ± 1.00^a	6.91 ± 0.52^{bc}	4.66 ± 1.12^{de}
75:1	7.68 ± 1.27^b	4.45 ± 0.52^e	1.85 ± 0.31^f

ตัวเลขที่มีอักษรกำกับมีความแตกต่างกัน ($p \leq 0.05$)

4.1.5 สภาวะที่เหมาะสมในการสกัดกัมจากเมล็ดแมงลัก

จากการทดลองที่ศึกษาอิทธิพลของอัตราส่วนของน้ำต่อเมล็ดและอุณหภูมิที่ใช้ในการสกัดต่อสมบัติทางกายภาพและเคมีของกัมจากเมล็ดแมงลัก (ปริมาณร้อยละผลผลิต ความหนืด ปริมาตร ความสามารถในการอุ้มน้ำ และปริมาณโปรตีน) จึงนำข้อมูลมาวิเคราะห์สมการถดถอย (Regression equation) พบว่าความสัมพันธ์ของอัตราส่วนของน้ำต่อเมล็ดกับอุณหภูมิที่ใช้ในการสกัดเป็นไปตามสมการถดถอยแบบไม่เป็นเส้นตรง (Non-linear regression equation) แสดงดัง

ตารางที่ 4.5 จากสมการถดถอยของปริมาณร้อยละผลผลิตและความสามารถในการอุ้มน้ำจะเห็นได้ว่าค่าสัมประสิทธิ์ของอุณหภูมิที่ใช้ในการสกัดก้างสองมากกว่าสัมประสิทธิ์ของอัตราส่วนน้ำต่อเมล็ดยกก้างสอง นั้นแสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิที่ใช้ในการสกัดเป็นปัจจัยที่สำคัญต่อปริมาณร้อยละผลผลิตและความสามารถในการอุ้มน้ำ แต่สำหรับสมการถดถอยของความหนืดปรากฏและปริมาณโปรตีนแสดงให้เห็นว่าค่าสัมประสิทธิ์ของปฏิสัมพันธ์ของอุณหภูมิที่ใช้ในการสกัดกับอัตราส่วนน้ำต่อเมล็ดมีค่ามากซึ่งสอดคล้องกับการวิเคราะห์ความแปรปรวน กล่าวคืออุณหภูมิที่ใช้ในการสกัดและอัตราส่วนของน้ำต่อเมล็ดเป็นปัจจัยที่สำคัญต่อความหนืดปรากฏและปริมาณโปรตีน สำหรับค่าความผันแปรของตัวแปรตอบสนอง (R^2) ของสมการของปริมาณร้อยละผลผลิต ความหนืดปรากฏ ความสามารถในการอุ้มน้ำ และปริมาณโปรตีน สามารถอธิบายได้ร้อยละ 72.7, 87.4, 38.8 และ 85.7 ($p \leq 0.05$) ซึ่งมีความเหมาะสมในการอธิบายความสัมพันธ์ของอัตราส่วนของน้ำต่อเมล็ดกับอุณหภูมิที่ใช้ในการสกัดต่อสมบัติทางกายภาพและเคมีของกัมจากเมล็ดแมงลักได้เป็นอย่างดี

ตารางที่ 4.5 สมการถดถอยแบบที่อธิบายการเปลี่ยนแปลงของกัมจากเมล็ดแมงลัก

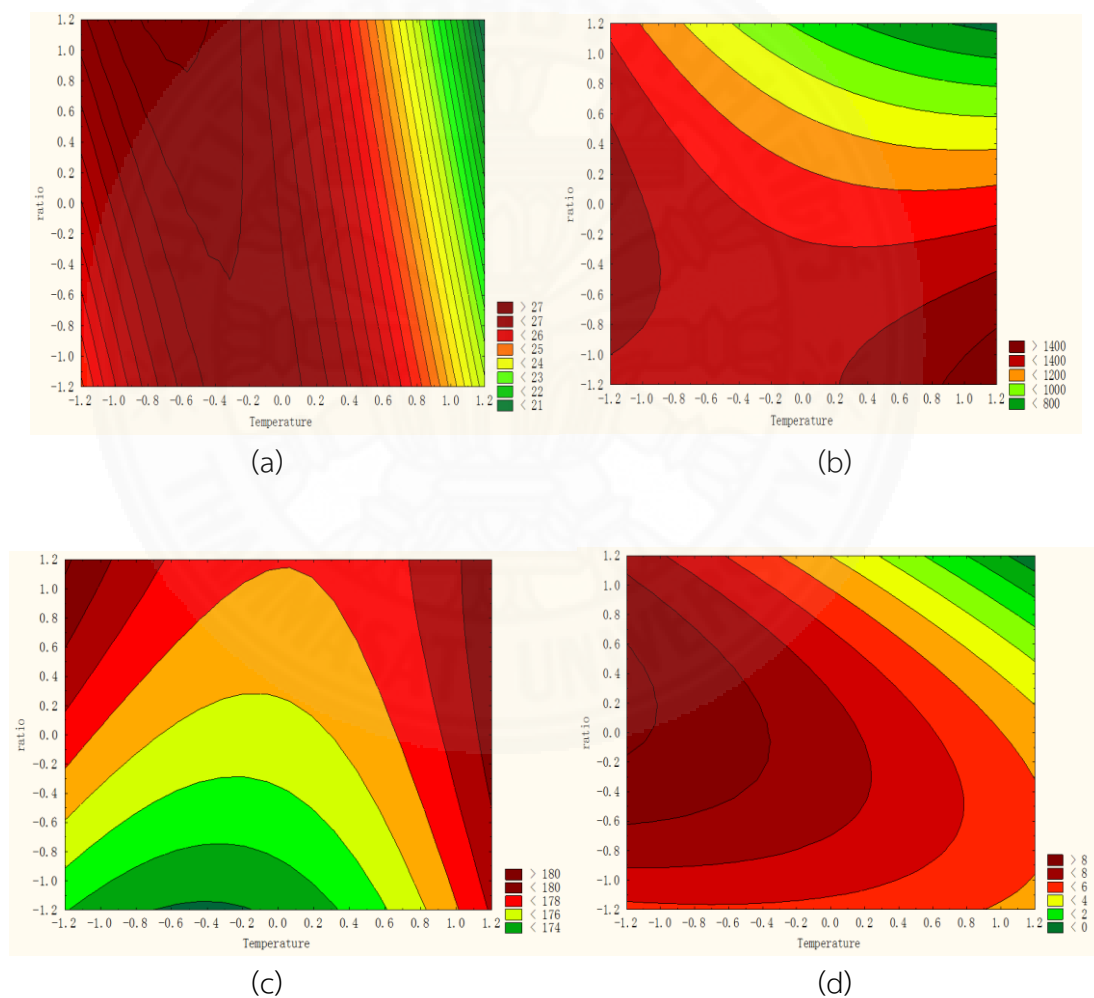
การวัดผล	สมการ	R^2
ปริมาณร้อยละผลผลิต (Y_1)	$Y_1 = 27.20 - 1.79X_1 - 1.80X_2 - 0.84X_1X_2 - 2.16(X_1)^2 - 0.33(X_2)^2$	0.727
ความหนืดปรากฏ (Y_2)	$Y_2 = 1254.59 - 83.02X_1 - 209.12X_2 - 140.44X_1X_2 + 65.56(X_1)^2 - 88.68(X_2)^2$	0.874
ความสามารถในการอุ้มน้ำ (Y_3)	$Y_3 = 175.61 - 0.75X_1 + 1.61X_2 - 0.79X_1X_2 + 2.02(X_1)^2 - 0.34(X_2)^2$	0.388
ปริมาณโปรตีน (Y_4)	$Y_4 = 7.34 - 1.96X_1 - 0.72X_2 - 1.25X_1X_2 - 0.36(X_1)^2 - 1.73(X_2)^2$	0.857

หมายเหตุ X_1 คือ อุณหภูมิที่ใช้ในการสกัด

X_2 คือ อัตราส่วนของน้ำต่อเมล็ด

หลังจากวิเคราะห์การถดถอยแล้วจึงนำข้อมูลมาสร้างแผนภาพพื้นที่ผิวตอบสนอง (Contour plot) แสดงดังรูปที่ 4.1 เพื่อพิจารณาหาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดกัมจากเมล็ดแมงลัก ซึ่งนำไปใช้ในการศึกษาต่อไปโดยจะต้องมีสมบัติทางกายภาพและเคมี เมื่อพิจารณาจากแผนภาพพื้นที่ผิวตอบสนองของปริมาณร้อยละผลผลิต ความหนืดปรากฏ ความสามารถในการอุ้มน้ำ และปริมาณโปรตีน พบว่าพื้นที่ผิวตอบสนองส่วนที่เป็นสีแดงจะแสดงทิศทางของปริมาณร้อยละผลผลิต ความ

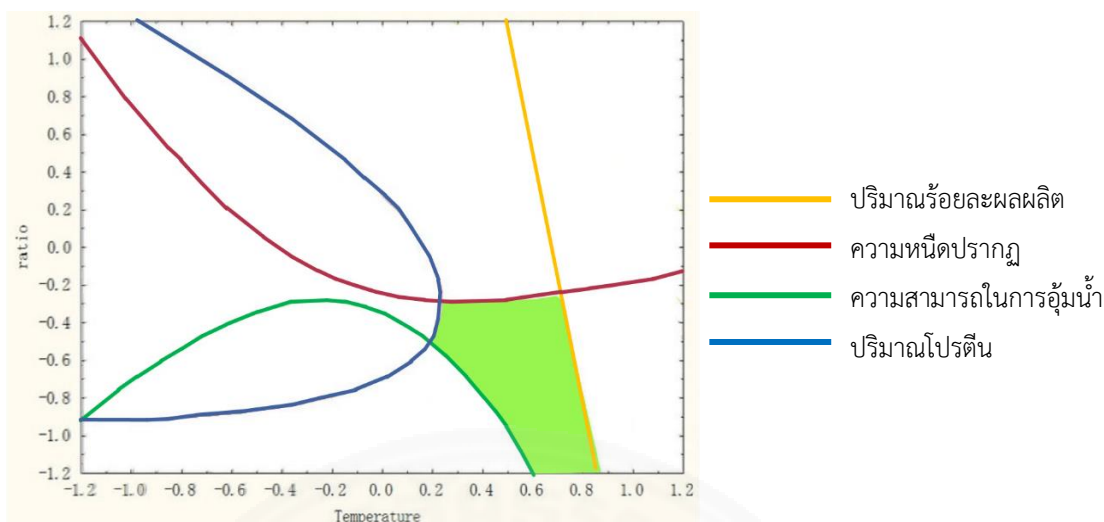
ชนิดปรากฏ ความสามารถในการอุ้มน้ำ และปริมาณโปรตีน ไปในทางที่ได้ค่าตอบสนองในปริมาณที่สูง สำหรับเกณฑ์การพิจารณาสภาวะการสกัดที่เหมาะสมของกัมจากเมล็ดแมงลักจะพิจารณาจากปริมาณร้อยละผลผลิต ความหนืดปรากฏ ความสามารถในการอุ้มน้ำที่มีค่าสูง และปริมาณโปรตีนที่ต่ำ เมื่อนำแผนภาพพื้นที่ผิวตอบสนองทั้ง 4 มาซ้อนทับกัน (รูปที่ 4.2) จะเห็นได้ว่าบริเวณพื้นที่สีเขียวเป็นบริเวณที่แผนภาพทั้ง 4 ซ้อนทับกัน เพราะฉะนั้นช่วงของอัตราส่วนของน้ำต่อเมล็ดที่เหมาะสมคือ 53:1-63:1 และช่วงอุณหภูมิที่ใช้ในการสกัด คือ 69.4-76.6 องศาเซลเซียส ดังนั้นสภาวะในการสกัดที่เหมาะสม คือ อุณหภูมิ 71.5 ± 1.00 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนของน้ำต่อเมล็ด 59:1 ซึ่งลักษณะของกัมจากเมล็ดแมงลักที่สกัดได้แสดงดังรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.1 แผนภาพพื้นที่ผิวตอบสนอง (Contour plot) ของปริมาณร้อยละผลผลิต (a)

ความหนืดปรากฏ (b) ความสามารถในการอุ้มน้ำ (c) และปริมาณโปรตีน (d)

ของกัมจากเมล็ดแมงลักที่สภาวะการสกัดแตกต่างกัน



รูปที่ 4.2 แผนภาพพื้นที่ผิวตอบสนอง (Contour plot) ที่นำมาซ้อนทับกันของสภาวะในการสกัดของกัมจากเมล็ดแมงลักในด้านปริมาณร้อยละผลผลิต ความหนืดปรากฏ ความสามารถในการอุ้มน้ำ และปริมาณโปรตีน

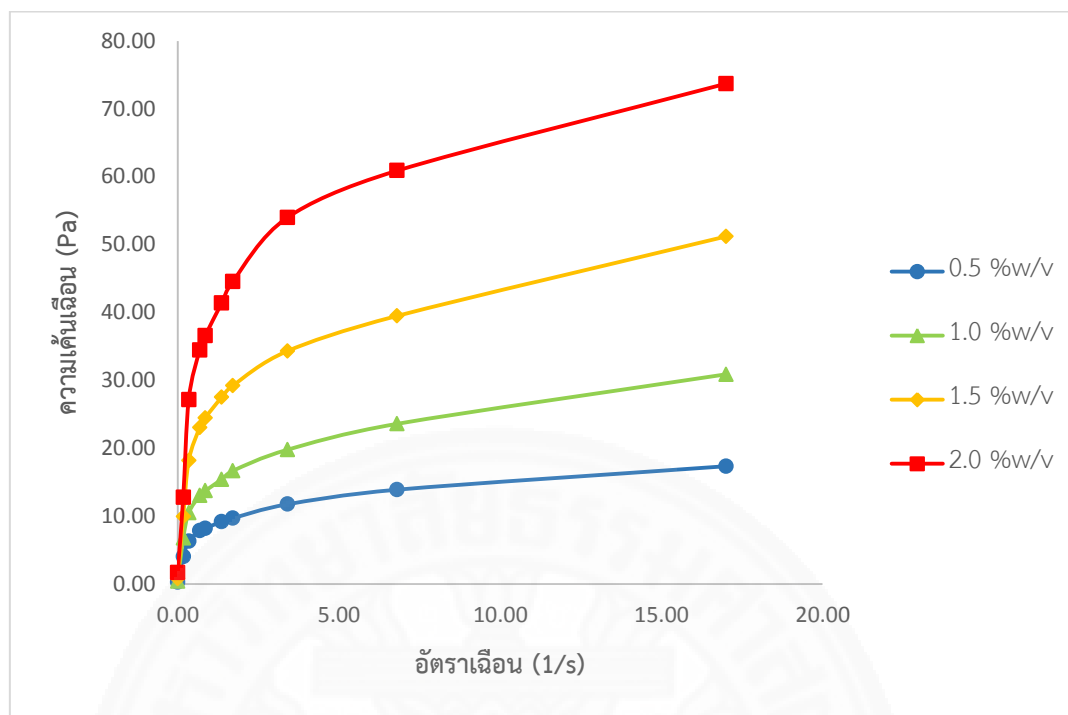


รูปที่ 4.3 ลักษณะของกัมจากเมล็ดแมงลักที่สกัดได้

4.2 ศึกษาสมบัติของกัมจากเมล็ดแมงลัก

4.2.1 ความหนืดของการแปรระดับของกัมจากเมล็ดแมงลัก

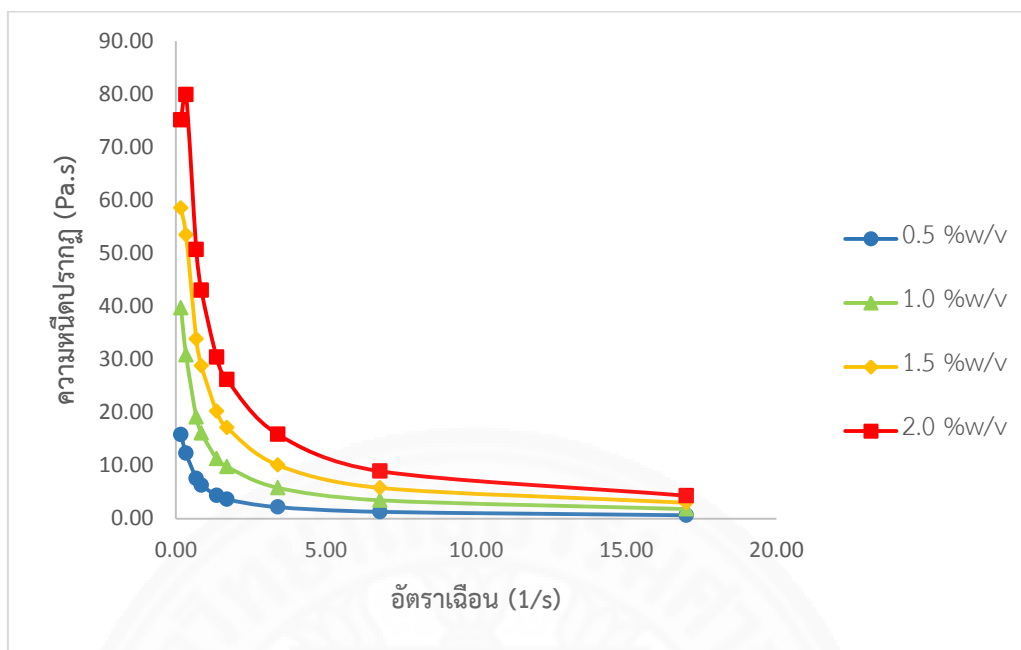
พฤติกรรมการไหลของสารละลายกัมจากเมล็ดแมงลักที่ระดับความเข้มข้นแตกต่างกันที่ระดับอัตราเฉือน 0-34 1/s (รูปที่ 4.4) พบว่าสารละลายกัมจากเมล็ดแมงลักทุกระดับความเข้มข้นมีพฤติกรรมการไหลเป็นแบบซูโดพลาสติก (Pseudoplastic) กล่าวคือ เมื่ออัตราเฉือน (Shear rate) เพิ่มขึ้น ทำให้ความเค้นเฉือน (Shear stress) เพิ่มขึ้นด้วย แต่อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาค่าความเค้นเฉือนของสารละลายกัมจากเมล็ดแมงลักที่ความเข้มข้นทุกระดับ พบว่าสารละลายกัมจากเมล็ดแมงลักร้อยละ 2.0 โดยน้ำหนักต่อปริมาตรมีความเค้นเฉือนมากที่สุด



รูปที่ 4.4 ลักษณะพฤติกรรมการณ์ไหลของกัมจากเมล็ดแมงลักที่ระดับความเข้มข้นแตกต่างกัน

จากงานวิจัยของ Hosseini-Parvar และคณะ (2010) ที่ศึกษาพฤติกรรมการณ์ไหลของกัมจากเมล็ดแมงลักและกัมทางการค้า (แซนแทนกัม กัวร์กัม และบุก) พบว่ากัมจากเมล็ดแมงลักแสดงพฤติกรรมการณ์ไหลเป็นแบบซูโดพลาสติก (Pseudoplastic) เหมือนกับกัมทางการค้า ซึ่งสอดคล้องกับ Marcotte และคณะ (2001) ได้กล่าวว่าสารไฮโดรคอลลอยด์ (แซนแทนกัม เพคติน และคาราจีแนน) จะแสดงพฤติกรรมการณ์ไหลแบบซูโดพลาสติก และเมื่อความเข้มข้นของสารไฮโดรคอลลอยด์มากขึ้นจะแสดงพฤติกรรมการณ์ไหลแบบซูโดพลาสติกมากขึ้น โดยเฉพาะแซนแทนกัมจะแสดงพฤติกรรมการณ์ไหลแบบซูโดพลาสติกเด่นชัดที่สุด

เมื่อพิจารณาความหนืดปรากฏของสารละลายกัมจากเมล็ดแมงลักที่ระดับความเข้มข้นของสารละลายกัมจากเมล็ดแมงลักแตกต่างกันในช่วงอัตราเฉือน 0-34 1/s แสดงดังรูปที่ 4.5 พบว่าเมื่ออัตราเฉือนเพิ่มขึ้น ความหนืดปรากฏของสารละลายกัมจากเมล็ดแมงลักที่ความเข้มข้นทุกระดับมีค่าความหนืดลดลง แต่อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบความหนืดปรากฏของสารละลายกัมจากเมล็ดแมงลักที่อัตราเฉือนระดับเดียวกัน (17 1/s) ค่าความหนืดปรากฏของสารละลายกัมจากเมล็ดแมงลักที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 โดยน้ำหนักต่อปริมาตรมีค่าเท่ากับ 6.48, 18.17, 30.12 และ 43.36 Pa.s โดยที่ความหนืดปรากฏของสารละลายกัมจากเมล็ดแมงลักร้อยละ 2.0 โดยน้ำหนักต่อปริมาตรมีค่ามากที่สุด



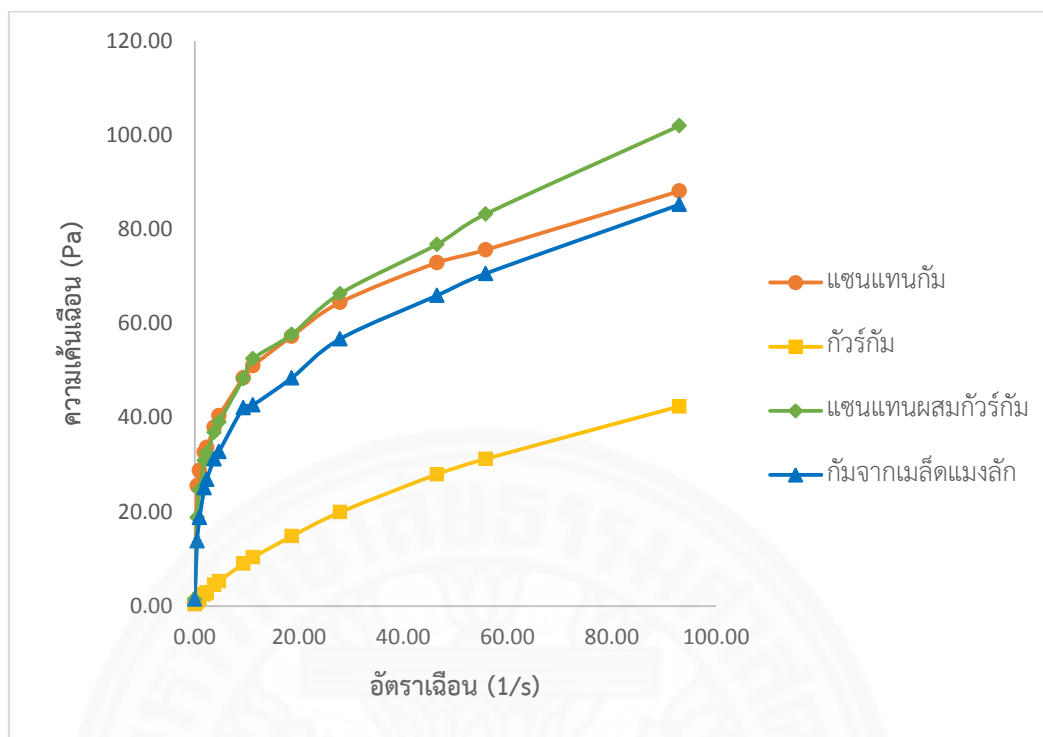
รูปที่ 4.5 ความหนืดปรากฏของกัมจากเมล็ดแมงลักที่ระดับความเข้มข้นแตกต่างกัน

จากทฤษฎีที่กล่าวไว้ว่าอัตราเฉือนที่เพิ่มขึ้น สามารถทำลายการเกี่ยวพันของสาร (Entanglement) ได้มากขึ้น ส่งผลให้ความหนืดปรากฏของสารละลายลดลง (Williams และ Phillips, 2005; คณาจารย์ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์, 2555) ประกอบกับโมเลกุลของพอลิแซ็กคาไรด์อาจอยู่ในแนวเดียวกับอัตราเฉือน ทำให้โมเลกุลของพอลิแซ็กคาไรด์ในสายโซ่หลักทำอันตรกิริยากันได้ลดลง สอดคล้องกับงานวิจัยของ Hosseini-Parvar และคณะ (2010) ได้กล่าวว่าความเข้มข้นของกัมจากเมล็ดแมงลักที่เพิ่มขึ้น ส่งผลให้กัมจากเมล็ดแมงลักมีความหนืดเพิ่มขึ้นด้วย ดังนั้นสารละลายกัมจากเมล็ดแมงลักทุกระดับความเข้มข้นจะมีความหนืดปรากฏลดลงเมื่ออัตราเฉือนเพิ่มขึ้น

4.2.2 การเปรียบเทียบสมบัติของกัมเมล็ดแมงลักกับกัมทางการค้า

4.2.2.1 ความหนืดปรากฏ

จากการประเมินทางด้านพฤติกรรมกาวไหลของสารละลายกัมแต่ละชนิดที่ระดับความเข้มข้นต่างกัน (รูปที่ 4.6) พบว่าสารละลายกัมแต่ละชนิดที่ทุกระดับความเข้มข้นแสดงพฤติกรรมกาวไหลของสารละลายกัมเป็นแบบซูโดพลาสติก กล่าวคือเมื่อมีอัตราเฉือนเพิ่มขึ้น ความเค้นเฉือนของสารละลายกัมจะมีค่าเพิ่มขึ้นด้วย แต่อย่างไรก็ตามความหนืดปรากฏของสารละลายกัมจะลดลง เมื่อพิจารณาระดับความเข้มข้นของสารละลายกัมที่ร้อยละ 0.5 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร พบว่าสารละลายแซนแทนกัม สารละลายแซนแทนผสมกัวร์กัม และสารละลายกัมจากเมล็ดแมงลักแสดงพฤติกรรมกาวไหลใกล้เคียงกัน



รูปที่ 4.6 พฤติกรรมการไหลของสารละลายกัมแต่ละชนิดที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.5 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร

เมื่อพิจารณาถึงความหนืดปรากฏของสารละลายกัมจากเมล็ดแมงลัก ที่ระดับความเข้มข้นสารละลายกัมร้อยละ 0.5 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร (ตารางที่ 4.6) ที่ระดับอัตราเฉือน 93 1/s พบว่าชนิดของกัมจะส่งผลให้ค่าความหนืดปรากฏของสารละลายกัมมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) เมื่อพิจารณาความหนืดปรากฏของสารละลายกัมจะพบว่าสารละลายแชนแทนกัม สารละลายแชนแทนผสมกัวร์กัม และสารละลายกัมจากเมล็ดแมงลักมีความหนืดปรากฏไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$) โดยความหนืดปรากฏของสารละลายกัวร์กัมมีค่าน้อยที่สุด สอดคล้องกับงานวิจัยของ Hosseini-Parvar และคณะ (2010) ที่กล่าวถึงความหนืดปรากฏของกัมจากเมล็ดแมงลักมีค่าใกล้เคียงกับแชนแทนกัมและกัมจากเมล็ดแมงลักสามารถคงทนต่ออุณหภูมิที่ใช้ในการแปรรูปผลิตภัณฑ์อาหาร ได้แก่ อุณหภูมิฆ่าเชื้อที่ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 16 นาที และอุณหภูมิแช่แข็งที่ -18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

ตารางที่ 4.6 ความหนืดปรากฏของกัมแต่ละชนิดที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.5 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร ที่อัตราเฉือน 93 1/s

ชนิดของกัม	ความหนืดปรากฏ (Pa.s)
แซนแทนกัม	0.95 ± 0.10^a
กัวร์กัม	0.46 ± 0.08^b
แซนแทนผสมกัวร์กัม	1.10 ± 0.13^a
กัมจากเมล็ดแมงลัก	0.92 ± 0.08^a

^{a,b} ตัวเลขที่มีอักษรกำกับแตกต่างกันจากแถวตั้งเดียวกันแตกต่างกัน ($p \leq 0.05$)

4.2.2.2 ความสามารถในการอุ้มน้ำ

เมื่อพิจารณาค่าความสามารถในการอุ้มน้ำของกัมทางการค้าและกัมจากเมล็ดแมงลัก แสดงดังตารางที่ 4.7 พบว่าชนิดของกัมจะส่งผลให้ค่าความสามารถในการอุ้มน้ำของแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยจะเห็นได้ว่าแซนแทนกัมและแซนแทนผสมกัวร์กัมมีค่าความสามารถในการอุ้มน้ำไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$) เนื่องจากแซนแทนกัมสามารถเกิดอันตรกิริยากับกัวร์กัมได้อย่างแข็งแรงตรงบริเวณสายโซ่หลักของกัวร์กัม (Nussinovitch, 1997) จึงก่อให้เกิดความสามารถในการอุ้มน้ำได้ดียิ่งขึ้น สำหรับกัมจากเมล็ดแมงลักมีค่าความสามารถในการอุ้มน้ำรองจากแซนแทนกัม และแซนแทนผสมกัวร์กัม ซึ่งเป็นผลจากการที่กัมประกอบไปด้วยน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวที่มีหมู่ชอบน้ำจำนวนมากจึงสามารถเกิดอันตรกิริยากับน้ำได้เป็นอย่างดีสอดคล้องกับการศึกษาในหัวข้อ 4.1.3

ตารางที่ 4.7 ความสามารถในการอุ้มน้ำของกัมแต่ละชนิด

ชนิดกัม	ความสามารถในการอุ้มน้ำ (กรัมของน้ำ/กรัมน้ำหนักแห้ง)
แซนแทนกัม	280.69 ± 2.43^a
กัวร์กัม	210.84 ± 9.20^c
แซนแทนผสมกัวร์กัม	285.16 ± 5.10^a
กัมจากเมล็ดแมงลัก	269.04 ± 3.41^b

^{a,b,c} ตัวเลขที่มีอักษรกำกับแตกต่างกันจากแถวตั้งเดียวกันแตกต่างกัน ($p \leq 0.05$)

4.3 ศึกษาปริมาณที่เหมาะสมของกัมจากเมล็ดแมงลักในผลิตภัณฑ์เค้กแป้งข้าวขาวดอกมะลิ 105

4.3.1 ความถ่วงจำเพาะของแบตเตอรี่เค้ก

เมื่อพิจารณาความถ่วงจำเพาะของแบตเตอรี่เค้กแป้งข้าวขาวดอกมะลิ 105 (ตารางที่ 4.8) จะได้ว่ากัมจากเมล็ดแมงลักส่งผลให้ค่าความถ่วงจำเพาะของเค้กแป้งข้าวขาวดอกมะลิ 105 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) แต่จะเห็นได้ว่าปริมาณของกัมจากเมล็ดแมงลักที่เพิ่มขึ้นจะส่งผลให้ค่าความถ่วงจำเพาะของเค้กแป้งข้าวขาวดอกมะลิ 105 มีแนวโน้มลดลง โดยที่ค่าความถ่วงจำเพาะของเค้กแป้งข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่เติมกัมจากเมล็ดแมงลักร้อยละ 0.5 โดยน้ำหนักของแป้งข้าวขาวดอกมะลิ 105 มีค่าความถ่วงจำเพาะน้อยที่สุด

Ashwini และคณะ (2009) ได้กล่าวค่าความถ่วงจำเพาะของแบตเตอรี่เค้กเป็นคุณลักษณะสำคัญที่บ่งชี้ถึงการเก็บอากาศของแบตเตอรี่ในระหว่างการตีผสม โดยค่าความถ่วงจำเพาะมีค่าน้อย หมายถึง ความสามารถในการเก็บอากาศภายในแบตเตอรี่ได้เป็นอย่างดีเหมาะสมจะส่งผลให้เค้กขึ้นฟูได้เป็นอย่างดี เมื่อพิจารณาผลิตภัณฑ์เค้กแป้งข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่เติมกัมจากเมล็ดแมงลักร้อยละ 0.5 โดยน้ำหนักของแป้งข้าวขาวดอกมะลิ 105 พบว่ามีค่าความถ่วงจำเพาะน้อยที่สุดนั้นแสดงว่าแบตเตอรี่ของเค้กแป้งข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่เติมกัมจากเมล็ดแมงลักร้อยละ 0.5 โดยน้ำหนักของแป้งข้าวขาวดอกมะลิ 105 สามารถเก็บรักษาอากาศภายในแบตเตอรี่ได้มากกว่าเค้กแป้งข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่เติมกัมจากเมล็ดแมงลักระดับแตกต่างกัน

ตารางที่ 4.8 ความถ่วงจำเพาะของแบตเตอรี่เค้กแป้งข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ระดับของกัมจากเมล็ดแมงลักแตกต่างกัน

ระดับของกัมจากเมล็ดแมงลัก (ร้อยละ)	ความถ่วงจำเพาะ
0.0	0.361 ± 0.02^a
0.5	0.321 ± 0.01^b
1.0	0.359 ± 0.03^a
1.5	0.364 ± 0.01^a
2.0	0.345 ± 0.02^{ab}

^{a,b} ตัวเลขที่มีอักษรกำกับแตกต่างกันจากแถวตั้งเดียวกันแตกต่างกัน ($p \leq 0.05$)

4.3.2 ความหนืดของแบคทีเรีย

จากการประเมินคุณภาพทางกายภาพของแบคทีเรีย โดยการวัดความหนืดของแบคทีเรียของเค้กแป้งข้าวขาวดอกมะลิ 105 (ตารางที่ 4.9) พบว่ากัมจากเมล็ดแมงลักส่งผลให้ความหนืดของแบคทีเรียของเค้กมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยปริมาณของกัมจากเมล็ดที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้ความหนืดของแบคทีเรียของเค้กแป้งข้าวขาวดอกมะลิ 105 เพิ่มขึ้น เนื่องจากกัมจากเมล็ดแมงลักจัดเป็นไฮโดรคอลลอยด์ชนิดหนึ่ง โดยตามทฤษฎีได้กล่าวไว้ว่าสารไฮโดรคอลลอยด์หรือสารพอลิแซ็กคาไรด์ประกอบไปด้วยหมู่ที่ชอบน้ำ (Hydrophilic group) ซึ่งจะสามารถทำอันตรกิริยากับน้ำและเก็บน้ำไว้ในโครงสร้างได้เป็นอย่างดี เพราะฉะนั้นกัมจากเมล็ดจึงสามารถเก็บน้ำไว้ผลิตภัณฑ์และส่งผลให้ความหนืดของแบคทีเรียของเค้กเพิ่มขึ้น (Anton และคณะ, 2008; Sanha และคณะ, 2010; Poonnakasem และคณะ, 2015) ซึ่งสอดคล้องกับกับงานวิจัยของ Ashwini และคณะ, 2009; Poonnakasem และคณะ, 2015 ที่กล่าวว่าผลผลิตกัมที่เติมสารไฮโดรคอลลอยด์จะมีค่าความหนืดของแบคทีเรียเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับสูตรควบคุม ความหนืดของแบคทีเรียของเค้กจะสัมพันธ์กับความถ่วงจำเพาะของแบคทีเรียของเค้ก เมื่อความหนืดของแบคทีเรียของเค้กเพิ่มขึ้นจะส่งผลให้ความถ่วงจำเพาะของแบคทีเรียของเค้กลดลง นั่นแสดงว่าแบคทีเรียของเค้กสามารถกักเก็บอากาศไว้ภายในได้เป็นอย่างดีในระหว่างการตีผสม ซึ่งจะส่งผลให้ปริมาตรจำเพาะของเค้กเพิ่มขึ้นด้วย

ตารางที่ 4.9 ความหนืดของแบคทีเรียของเค้กแป้งข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ระดับของกัมจากเมล็ดแมงลักแตกต่างกัน

ระดับของกัมจากเมล็ดแมงลัก (ร้อยละ)	ความหนืด (เซนติพอยส์)
0.0	6,107.04 ± 1105.18 ^c
0.5	7,150.15 ± 1112.43 ^c
1.0	7,521.48 ± 373.50 ^{bc}
1.5	8,840.00 ± 628.48 ^{ab}
2.0	9,237.03 ± 474.48 ^a

^{a,b,c} ตัวเลขที่มีอักษรกำกับแตกต่างกันจากแถวตั้งเดียวกันแตกต่างกัน ($p \leq 0.05$)

4.3.3 ปริมาตรจำเพาะของเค้ก

เมื่อพิจารณาค่าปริมาตรจำเพาะของเค้กแป้งข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่เติมกัมจากเมล็ดที่ระดับแตกต่างกัน พบว่าการเติมกัมจากเมล็ดแมงลักไม่ส่งผลให้ค่าปริมาตรจำเพาะของเค้กแป้ง

ข้าวขาวดอกมะลิ 105 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) แต่จะเห็นได้ว่าปริมาณของกัมจากเมล็ดแมงลักเพิ่มขึ้นจะทำให้ค่าปริมาตรจำเพาะของเค้กแป้งข้าวขาวดอกมะลิ 105 มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น โดยที่เค้กแป้งข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่เติมกัมจากเมล็ดแมงลักร้อยละ 0.5 โดยน้ำหนักของแป้งข้าวขาวดอกมะลิ 105 มีค่าปริมาตรจำเพาะของเค้กมากที่สุด เป็นเช่นเดียวกับ Preichardt และคณะ (2011) ได้กล่าวว่าการเติมแทนแทนกัมส่งผลให้ปริมาตรจำเพาะของสปันจ์เค้กเพิ่มขึ้น รวมทั้งการเติมสารไฮโดรคอลลอยด์ส่งผลให้ปริมาตรของเลย์เออร์เค้กเพิ่มขึ้นด้วย (Go'mez และคณะ, 2007)

ตารางที่ 4.10 ปริมาตรจำเพาะของเค้กแป้งข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ระดับของกัมจากเมล็ดแมงลักแตกต่างกัน

ระดับของกัมจากเมล็ดแมงลัก (ร้อยละ)	ปริมาตรจำเพาะของเค้ก (มิลลิลิตรต่อกรัม)
0.0	2.40 ± 0.07^a
0.5	2.64 ± 0.03^a
1.0	2.57 ± 0.08^a
1.5	2.49 ± 0.16^a
2.0	2.48 ± 0.05^a

^{a,b} ตัวเลขที่มีอักษรกำกับแตกต่างกันจากแถวตั้งเดียวกันแตกต่างกัน ($p \leq 0.05$)

จากผลการวิเคราะห์ค่าปริมาตรจำเพาะของเค้กแป้งข้าวขาวดอกมะลิ 105 นั้น สอดคล้องกับผลการทดลองทางด้านความหนืดและความถ่วงจำเพาะของแบคเตอร์ของเค้กแป้งข้าวขาวดอกมะลิ 105 แสดงดังตารางที่ 4.8 และ 4.9 ที่พบว่าความหนืดของแบคเตอร์เค้กเพิ่มขึ้น และความถ่วงจำเพาะของแบคเตอร์เค้กลดลง จะส่งผลให้ปริมาตรจำเพาะของเค้กแป้งข้าวขาวดอกมะลิ 105 เพิ่มขึ้นด้วย เนื่องจากความหนืดของแบคเตอร์ที่เพิ่มขึ้นจะสามารถขัดขวางการรวมตัวกันของอากาศภายในแบคเตอร์ในระหว่างการผสมและก่อนการอบ (Go'mez และคณะ, 2007) สำหรับผลิตภัณฑ์เค้กที่ความหนืดของแบคเตอร์เค้กต่ำ เป็นผลมาจากอากาศหรือแก๊สคาร์บอนไดร็อกไซด์และไอน้ำซึ่งเกิดการขยายตัวไม่ถูกกักเก็บไว้ภายในระหว่างการอบได้จึงส่งผลให้ต่อการขึ้นฟูของเค้ก ปริมาตรของเค้กจึงลดลง (Ashwini และคณะ, 2009) เฉพาะฉะนั้นแบคเตอร์เค้กที่ดีจะต้องมีความหนืดที่เพียงพอที่จะป้องกันอากาศภายในแบคเตอร์รวมตัวกันและป้องกันการสูญเสียอากาศในช่วงเริ่มต้นการอบด้วย (Mau และคณะ, 2015)

4.3.4 ค่าสีของเนื้อเค้ก

จากการประเมินทางด้านกายภาพของเค้กแบ่งข้าวขาวดอกมะลิ 105 โดยการวัดค่าสี แสดงดังตารางที่ 4.11 จะได้พบว่าการเติมกัมจากเมล็ดแมงลักส่งผลให้ค่าความสว่างของเค้กแบ่งข้าวขาวดอกมะลิ 105 แตกต่างกัน ($p \leq 0.05$) แต่จะไม่ส่งผลให้ค่าสีแดงและค่าสีเหลืองแตกต่างกัน ($p > 0.05$) โดยค่าความสว่างของเค้กแบ่งข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่เติมกัมจากเมล็ดแมงลักร้อยละ 0.5 และ 1.0 โดยน้ำหนักของแบ่งข้าวขาวดอกมะลิ 105 ไม่แตกต่างกัน และค่าความสว่างของเค้กแบ่งข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่เติมกัมจากเมล็ดแมงลักร้อยละ 1.5 และ 2.0 โดยน้ำหนักของแบ่งข้าวขาวดอกมะลิ 105 ไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$) จะเห็นได้ว่าการเติมกัมจากเมล็ดแมงลักที่เพิ่มมากขึ้นจะส่งผลให้ค่าความสว่างของเค้กแบ่งข้าวขาวดอกมะลิ 105 ลดลง เนื่องมาจากกัมจากเมล็ดแมงลักที่สกัดได้มีสีน้ำตาลปนดำ ซึ่งค่าสีของกัมจากเมล็ดแมงลัก คือ ค่าความสว่าง เท่ากับ 57.57 ค่าสีแดง เท่ากับ 4.05 และค่าสีเหลืองเท่ากับ 14.84 จึงส่งผลให้เค้กแบ่งข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่เติมจากเมล็ดแมงลักมีค่าความสว่างลดลง

ตารางที่ 4.11 ค่าสีของเนื้อเค้กของเค้กแบ่งข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ระดับของกัมจากเมล็ดแมงลักแตกต่างกัน

ระดับของกัมจากเมล็ดแมงลัก (ร้อยละ)	ความสว่าง (L*)	ค่าสีแดง (a*)	ค่าสีเหลือง (b*)
0.0	82.20 ± 0.35 ^a	3.63 ± 1.47 ^a	26.22 ± 3.18 ^a
0.5	80.40 ± 0.82 ^b	4.37 ± 1.30 ^a	28.01 ± 4.46 ^a
1.0	79.73 ± 0.71 ^b	3.30 ± 0.70 ^a	28.31 ± 4.58 ^a
1.5	76.95 ± 1.16 ^c	3.58 ± 0.50 ^a	28.41 ± 4.52 ^a
2.0	76.03 ± 0.95 ^c	3.67 ± 0.71 ^a	28.70 ± 4.96 ^a

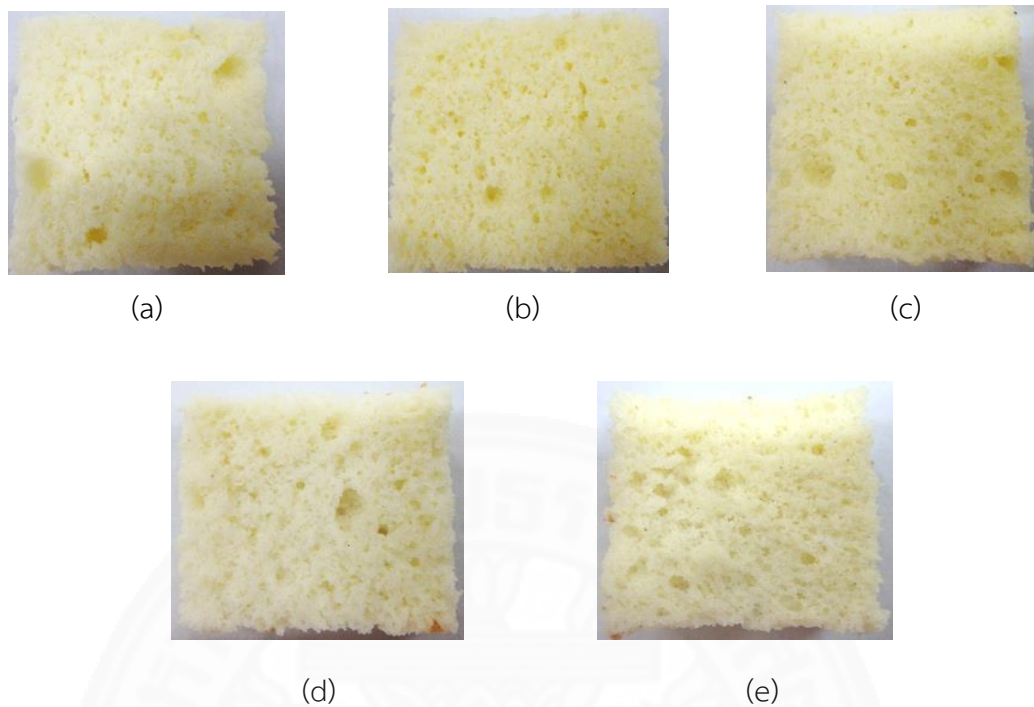
a,b,c ตัวเลขที่มีอักษรกำกับแตกต่างกันจากแถวตั้งเดียวกันแตกต่างกัน ($p \leq 0.05$)

4.3.5 ลักษณะเนื้อสัมผัส

จากการประเมินลักษณะเนื้อสัมผัสของเค้กแบ่งข้าวขาวดอกมะลิ 105 ด้วยวิธี Texture Profile Analysis (TPA) แสดงดังตารางที่ 4.12 พบว่าการเติมกัมจากเมล็ดแมงลักจะส่งผลให้ค่าการรวมตัวกันภายในของอาหาร (Cohesiveness) แรงที่ใช้เคี้ยว (Chewiness) และอัตราส่วนของพลังงานการคืนตัว (Resilience) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) แต่ไม่ส่งผลให้ค่าความแข็ง (Hardness) และการกลับคืนตัว (Springiness) แตกต่างกัน ($p > 0.05$) โดยปริมาณของกัมจากเมล็ดแมงลักเพิ่มมากขึ้นส่งผลให้ค่าความแข็งและความยืดหยุ่นมีแนวโน้มลดลง นั่นแสดงว่าเค้กแบ่ง

ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่เติมกัมจากเมล็ดแมงลักจะมีความนุ่มเพิ่มขึ้นแต่สามารถกลับคืนสู่สภาพเดิมได้ลดลง สอดคล้องกับงานวิจัยของ Sumnu และคณะ (2010) ได้กล่าวว่าการเติมไฮโดรคอลลอยด์ (เช่น แชนแทนกัมและกัวร์กัม) ในผลิตภัณฑ์เค้กแป้งข้าวจะส่งผลให้ความแข็งแรงของเค้กจากแป้งข้าวลดลง นอกจากนี้เค้กแป้งข้าวที่เติมแชนแทนกัมจะมีค่าความแข็งแรงและการกลับคืนตัวลดลงด้วย (Preichardt และคณะ, 2011) สำหรับค่าการรวมตัวกันภายในของอาหารและแรงที่ใช้เคี้ยวมีแนวโน้มลดลง โดยค่าการรวมตัวกันภายในของอาหารและแรงที่ใช้เคี้ยวที่มีความสัมพันธ์กัน กล่าวคือ ค่าการรวมตัวกันภายในของอาหารที่มีค่ามาก หมายถึง ตัวอย่างอาหารสามารถเกาะตัวกันได้อย่างดีส่งผลให้ต้องใช้พลังงานหรือแรงที่ใช้เคี้ยวอย่างมาก จากผลการทดลองจะเห็นว่าค่าการรวมตัวกันภายในของอาหารและแรงที่ใช้เคี้ยวมีแนวโน้มลดลง นั้นแสดงว่าโครงสร้างของเค้กแป้งข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่เติมกัมจากเมล็ดแมงลักมีการรวมตัวกันแบบหลวมๆ พร้อมทั้งแรงที่ใช้เคี้ยวหรือการบดเคี้ยวอาหารจึงต้องใช้พลังงานน้อยในการทำลายตัวอย่างให้แยกออกจากกัน เป็นผลมาจากเศษเปลือกของเมล็ดแมงลักที่ติดมากับกัมจากเมล็ดแมงลักนั้นขัดขวางการเกาะรวมตัวของเค้ก จึงส่งผลให้ค่าการรวมตัวกันภายในของอาหารลดลง สำหรับค่าอัตราส่วนของพลังงานการเคี้ยวตัวมีแนวโน้มลดลงซึ่งสอดคล้องกับการกลับคืนตัวของเค้กแป้งข้าวขาวดอกมะลิ 105

ลักษณะของรูพรุนภายในเนื้อเค้กแป้งข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่เติมกัมจากเมล็ดแมงลักระดับแตกต่างกัน แสดงดังรูปที่ 4.7 พบว่าเค้กแป้งข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่เติมกัมจากเมล็ดแมงลักร้อยละ 0.5 โดยน้ำหนักของแป้งข้าวขาวดอกมะลิ 105 มีขนาดรูพรุนที่มีขนาดเล็กและกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอมากกว่าเค้กแป้งข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ไม่เติมกัมจากเมล็ดแมงลัก (สูตรควบคุม) เนื่องจากกัมจากเมล็ดแมงลักทำให้ความหนืดของแบตเตอร์เพิ่มขึ้นและขัดขวางการรวมตัวกันของอากาศภายในแบตเตอร์ได้ แต่อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาเค้กแป้งข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่เติมกัมจากเมล็ดแมงลักร้อยละ 1.0, 1.5 และ 2.0 โดยน้ำหนักของแป้งข้าวขาวดอกมะลิ 105 จะเห็นได้ว่าลักษณะของรูพรุนมีขนาดใหญ่ขึ้น เป็นผลมาจากในระหว่างการอบอากาศภายในแบตเตอร์เกิดการรวมกันก่อนที่กัมจากเมล็ดแมงลักจะสร้างพันธะกันเองเพื่อที่จะจับอากาศไว้ภายในแบตเตอร์ จึงทำให้อากาศรวมตัวกันเป็นโพรงอากาศขนาดใหญ่ ดังนั้นผลิตภัณฑ์เค้กแป้งข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่เติมกัมจากเมล็ดแมงลักเพิ่มขึ้นจึงมีลักษณะของรูพรุนที่มีขนาดใหญ่นั้นเอง



รูปที่ 4.7 ภาพตัดขวางลักษณะเนื้อสัมผัสของเค้กแป้งข้าวตอกมะลิ 105 ที่เติมจากเมล็ดแมงลักที่ ร้อยละ 0.0 (a) ร้อยละ 0.5 (b) ร้อยละ 1.0 (c) ร้อยละ 1.5 (d) และร้อยละ 2.0 (e) โดยน้ำหนักของแป้งข้าวตอกมะลิ 105

ตารางที่ 4.12 ลักษณะเนื้อสัมผัสของเค้กแบ่งข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ระดับของกัมจากเมล็ดแมงลักแตกต่างกัน

ระดับของกัมจากเมล็ดแมงลัก (ร้อยละ)	ความแข็ง (กรัม)	การกลบคืนตัว	การรวมตัว	แรงที่ใช้เคี้ยว (กรัม)	อัตราส่วนของ พลังงานการคืนตัว
0.0	5632.73 ± 1026.92 ^a	0.77 ± 0.01 ^a	0.64 ± 0.02 ^a	2786.55 ± 584.29 ^a	0.19 ± 0.01 ^a
0.5	5144.55 ± 164.05 ^a	0.72 ± 0.03 ^a	0.55 ± 0.02 ^b	2039.08 ± 98.99 ^b	0.12 ± 0.02 ^b
1.0	5443.69 ± 491.80 ^a	0.71 ± 0.05 ^a	0.56 ± 0.03 ^b	2180.08 ± 352.87 ^{ab}	0.13 ± 0.01 ^b
1.5	5458.80 ± 303.31 ^a	0.73 ± 0.05 ^a	0.58 ± 0.01 ^b	2330.91 ± 209.64 ^{ab}	0.14 ± 0.01 ^b
2.0	5846.65 ± 420.76 ^a	0.71 ± 0.02 ^a	0.54 ± 0.03 ^b	2270.96 ± 244.30 ^{ab}	0.12 ± 0.02 ^b

^{a,b,c} ตัวเลขที่มีอักษรกำกับแตกต่างกันจากแถวตั้งเดียวกันแตกต่างกัน ($p \leq 0.05$)

4.3.6 Layer cake template

เมื่อพิจารณาค่า Layer cake template ของผลิตภัณฑ์เค้กแบ่งข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่เติมกัมจากเมล็ดแมงลักที่ระดับต่างกัน แสดงดังตารางที่ 4.13 พบว่าการเติมกัมจากเมล็ดแมงลักไม่ส่งผลให้ Volume index, Symmetry index, Uniformity index และ Shrinkage value แตกต่างกัน ($p > 0.05$) แต่อย่างไรก็ตามจะเห็นได้ว่าการเติมกัมจากเมล็ดแมงลักส่งผลให้ Volume index มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ซึ่งเค้กแบ่งข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่เติมกัมจากเมล็ดแมงลักร้อยละ 0.5 โดยน้ำหนักของแบ่งข้าวขาวดอกมะลิ 105 มี Volume index มากที่สุดโดยมีความสัมพันธ์สอดคล้องไปในทิศทางเดียวกับปริมาตรจำเพาะของเค้กแบ่งข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ศึกษาในหัวข้อ 4.3.3

ตารางที่ 4.13 Layer cake template ของเค้กแบ่งข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ระดับของกัมจากเมล็ดแมงลักแตกต่างกัน

ระดับของกัมจาก เมล็ดแมงลัก (ร้อยละ)	Volume index	Symmetry index	Uniformity index	Shrinkage value
0	89.98 ± 2.00^a	-3.15 ± 3.22^a	2.45 ± 0.59^a	18.82 ± 2.31^a
0.5	91.14 ± 4.06^a	-0.84 ± 1.51^a	2.03 ± 0.32^a	17.52 ± 3.56^a
1.0	90.92 ± 1.27^a	-1.30 ± 0.88^a	2.50 ± 0.20^a	22.64 ± 3.34^a
1.5	87.90 ± 2.32^a	-1.20 ± 2.77^a	1.34 ± 0.80^a	20.32 ± 0.84^a
2.0	88.74 ± 0.11^a	-2.16 ± 5.08^a	2.38 ± 1.10^a	15.69 ± 2.69^a

^{a,b} ตัวเลขที่มีอักษรกำกับแตกต่างกันจากแถวตั้งเดียวกันแตกต่างกัน ($p \leq 0.05$)

Symmetry index เป็นค่าที่บ่งบอกถึงการพองตัวหรือการยุบตัวของเค้ก โดยค่าที่เป็นบวกแสดงถึงจุดศูนย์กลางของเค้กเกิดการพองตัว แต่ค่าที่เป็นลบแสดงว่าจุดศูนย์กลางของเค้กเกิดการยุบตัว จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าค่า Symmetry index ของเค้กที่เติมกัมจากเมล็ดแมงลักร้อยละ 0.5 โดยน้ำหนักของแบ่งข้าวขาวดอกมะลิ 105 มีค่ามากที่สุด นั่นแสดงให้เห็นว่าจุดศูนย์กลางของเค้กเกิดการพองตัวมากกว่าเค้กที่เติมกัมจากเมล็ดแมงลักร้อยละ 0.0 โดยน้ำหนักของแบ่งข้าวขาวดอกมะลิ 105 สำหรับค่า Uniformity index เป็นค่าที่บอกความแตกต่างระหว่างขอบด้านข้างของเค้ก ค่าที่เป็นบวกและลบแสดงถึงขอบด้านใดด้านหนึ่งของเค้กสูงกว่า ถ้าค่าเป็นศูนย์จะแสดงถึงขอบด้านข้างของเค้กมีความเท่ากันหรือเค้กมีความสมดุล สำหรับค่า Shrinkage value หมายถึง การหดตัวของเค้ก ค่า Shrinkage value มีค่ามากนั้นแสดงว่าเค้กเกิดการหดตัวอย่างมาก

จากการทดลองจะเห็นได้ว่าเค้กที่เติมกัมจากเมล็ดแมงลักร้อยละ 0.5 และ 2.0 โดยน้ำหนักของแป้งข้าวขาวดอกมะลิ 105 มีค่า Shrinkage value น้อยกว่าเค้กที่เติมกัมจากเมล็ดแมงลักร้อยละ 0.0, 1.0 และ 1.5 โดยน้ำหนักของแป้งข้าวขาวดอกมะลิ 105 นั้นแสดงว่าเค้กเกิดการหดตัวน้อยกว่าเค้กแป้งข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่เติมกัมจากเมล็ดแมงลักร้อยละ 0, 1 และ 1.5 โดยน้ำหนักของแป้งข้าวขาวดอกมะลิ 105

4.3.7 การทดสอบทางประสาทสัมผัส

การทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสของผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 86 คน โดยทำการเก็บรวบรวมข้อมูล ทั้งการทดสอบความพอใจ (5-point scale) และการประเมินความชอบของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ (9-point hedonic scale)

4.3.7.1 การทดสอบความพอใจ

การทดสอบความพอใจของผลิตภัณฑ์เค้กแป้งข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่เติมกัมจากเมล็ดแมงลักที่ระดับแตกต่างกันในด้านความนุ่ม ด้วยวิธี Just about right (JAR) การทดสอบความพอใจจะพิจารณาจากค่า Net score ของผลิตภัณฑ์ โดยที่ค่า Net score น้อยกว่าหรือเท่ากับ 20 นั้นแสดงว่าลักษณะของผลิตภัณฑ์มีความพอใจแล้ว จากตารางที่ 4.14 จะเห็นได้ว่าค่า Net score เค้กแป้งข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่เติมกัมจากเมล็ดแมงลักมีค่าน้อยกว่า 20 กล่าวได้ว่าผลิตภัณฑ์เค้กแป้งข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่เติมกัมจากเมล็ดแมงลักมีลักษณะความนุ่มที่พอใจแล้ว

ตารางที่ 4.14 ทิศทางของลักษณะความนุ่มของผลิตภัณฑ์เค้กแป้งข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่เติมกัมจากเมล็ดแมงลักที่ระดับต่างกันจากการทดสอบความพอใจ

ระดับของกัมจาก เมล็ดแมงลัก (ร้อยละ)	จำนวนผู้บริโภค (ร้อยละ)			Net score
	น้อยเกินไป	พอดี	มากเกินไป	
0.0	12.79	61.63	25.58	12.79
0.5	10.47	61.63	27.90	17.43
1.0	23.26	66.12	10.47	12.79
1.5	26.74	60.47	12.79	13.95
2.0	29.07	52.33	18.60	10.47

4.3.7.2 การประเมินความชอบ

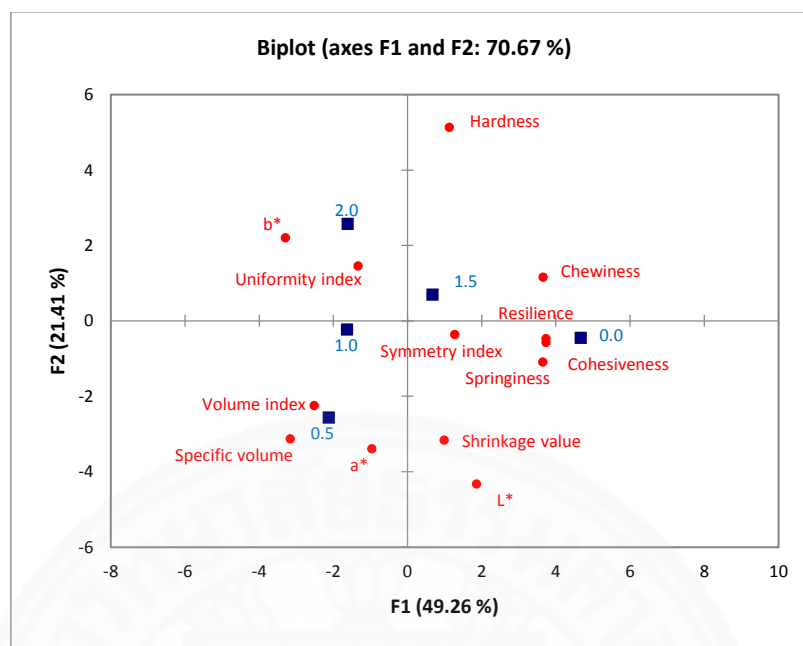
จากการทดสอบความชอบของผู้บริโภคต่อลักษณะทางด้านประสาทสัมผัสด้านความชอบของผลิตภัณฑ์เค้กแป้งข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่เติมกัมจากเมล็ดแมงลักระดับ

แตกต่างกัน ด้วยวิธี 9-point hedonic scale (ตารางที่ 4.15) พบว่าคะแนนความชอบของเค้กแบ่งข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่เติมกัมจากเมล็ดแมงลักร้อยละ 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 โดยน้ำหนักของแป้งข้าวขาวดอกมะลิ 105 แตกต่างจากเค้กแบ่งข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่เติมจากเมล็ดแมงลักร้อยละ 0.0 โดยน้ำหนักของแป้งข้าวขาวดอกมะลิ 105 (สูตรควบคุม) ในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่นรส ความนุ่ม รสชาติ และความชอบโดยรวม ($p \leq 0.05$) แต่จะเห็นว่าคะแนนความชอบในด้านสี กลิ่นรส ความนุ่ม รสชาติ และความชอบโดยรวมของเค้กแบ่งข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่เติมกัมจากเมล็ดแมงลักร้อยละ 0.0 และร้อยละ 0.5 โดยน้ำหนักของแป้งข้าวขาวดอกมะลิ 105 ไม่แตกต่างกันอย่างกัน ($p > 0.05$) เพราะฉะนั้นการเติมกัมจากเมล็ดแมงลักที่เพิ่มมากขึ้นจะส่งผลให้คะแนนความชอบในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่นรส ความนุ่ม รสชาติ และความชอบโดยรวมลดลง แต่เมื่อพิจารณาคุณภาพทางกายภาพของเบตเตอร์ และคุณภาพทางกายภาพของเค้กแบ่งข้าวขาวดอกมะลิ 105 จะพบว่าเค้กแบ่งข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่เติมกัมจากเมล็ดแมงลักร้อยละ 0.5 โดยน้ำหนักของแป้งข้าวขาวดอกมะลิ 105 มีค่าความถ่วงจำเพาะของเบตเตอร์เค้กเพิ่มขึ้น ความหนืดของเบตเตอร์เค้กลดลง ปริมาตรจำเพาะของเค้กเพิ่มขึ้น และลักษณะความแข็งของผลิตภัณฑ์เค้กแบ่งข้าวขาวดอกมะลิลดลงอีกด้วย ด้วยคุณลักษณะเหล่านี้ล้วนเป็นลักษณะที่ดีของผลิตภัณฑ์เค้ก รวมทั้งการทดสอบความพองดีด้านความนุ่มที่ผู้โภคส่วนใหญ่ก็เห็นว่าผลิตภัณฑ์เค้กนั้นพองดีแล้ว เพราะฉะนั้นผลิตภัณฑ์เค้กแบ่งข้าวขาวดอกมะลิ 105 สามารถเติมกัมจากเมล็ดแมงลักได้ที่ร้อยละ 0.5 โดยน้ำหนักของแป้งข้าวขาวดอกมะลิ 105

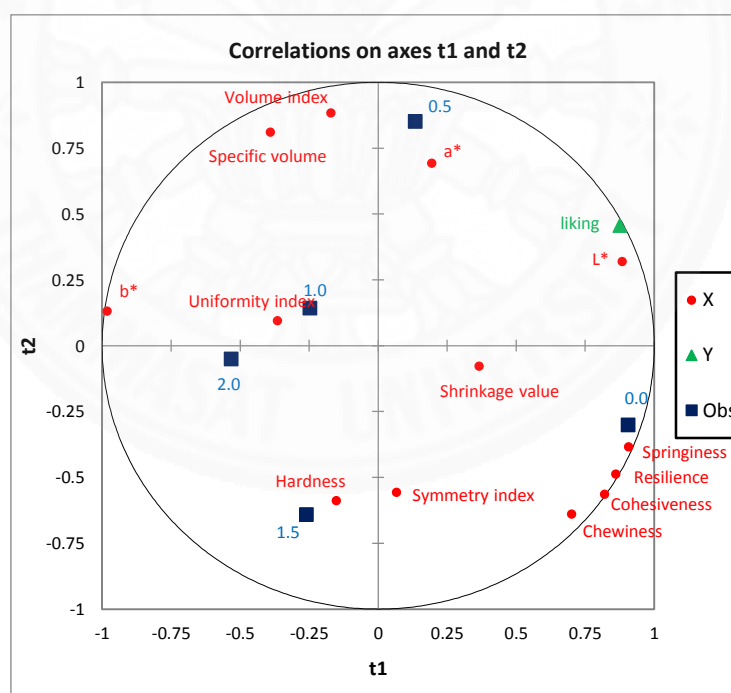
ตารางที่ 4.15 คะแนนทางด้านประสาทสัมผัสของเค้กแป้งข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ระดับของกัมจากเมล็ดแมงลักแตกต่างกัน

ระดับของกัมจากเมล็ดแมงลัก (ร้อยละ)	ลักษณะปรากฏ	สี	กลิ่นรส	ความนุ่ม	รสชาติ	ความชอบโดยรวม
0.0	7.15 ± 1.11 ^a	7.20 ± 1.09 ^a	6.60 ± 1.11 ^a	6.87 ± 1.25 ^a	6.78 ± 1.12 ^a	6.99 ± 1.08 ^a
0.5	6.79 ± 1.08 ^b	7.02 ± 1.03 ^a	6.62 ± 1.21 ^a	6.79 ± 1.29 ^a	6.69 ± 1.34 ^a	6.86 ± 1.06 ^a
1.0	6.34 ± 1.34 ^c	6.52 ± 1.22 ^b	6.23 ± 1.31 ^b	6.20 ± 1.45 ^b	6.20 ± 1.33 ^b	6.33 ± 1.00 ^b
1.5	5.66 ± 1.51 ^d	5.84 ± 1.36 ^a	6.09 ± 1.31 ^b	6.23 ± 1.30 ^b	6.12 ± 1.18 ^b	6.12 ± 1.09 ^b
2.0	5.71 ± 1.43 ^d	5.73 ± 1.39 ^a	6.27 ± 1.18 ^b	6.26 ± 1.34 ^b	6.38 ± 1.16 ^b	6.26 ± 1.15 ^b

a,b,c,d ตัวเลขที่มีอักษรกำกับแตกต่างกันจากแถวตั้งเดียวกันแตกต่างกัน ($p \leq 0.05$)



(a)



(b)

รูปที่ 4.8 แผนภาพ Biplot (a) และแผนผังความชอบของผู้บริโภค (b) ของข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ทางกายภาพ (●) และผลิตภัณฑ์เค้กแป้งข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่เติมกัมจากเมล็ดแมงลัก (■) และคะแนนความชอบ (▲)

จากการวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพและทางด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์เค้กแบ่งข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่เติมกัมจากเมล็ดแมงลักที่ระดับต่างๆ สามารถนำมาวิเคราะห์ตัวประกอบหลัก (Principal Component Analysis: PCA) ตามรูปที่ 4.8a เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ของลักษณะทางกายภาพของผลิตภัณฑ์เค้กแบ่งข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่เติมกัมจากเมล็ดแมงลัก พบว่าทั้ง 2 แกนองค์ประกอบสามารถอธิบายความแปรปรวนได้ร้อยละ 70.67 โดยแกน F1 อธิบายได้ร้อยละ 49.26 แกน F2 อธิบายได้ร้อยละ 21.41 จะเห็นได้ว่าผลิตภัณฑ์เค้กแบ่งข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่เติมกัมจากเมล็ดแมงลักร้อยละ 0.0 โดยน้ำหนักของแบ่งข้าวขาวดอกมะลิ 105 มีความสัมพันธ์สอดคล้องไปในทางเดียวกับการกลับคืนตัว (Springiness) ค่าการรวมตัวกันภายในอาหาร (Cohesiveness) แรงที่ใช้ในการเคี้ยว (Chewiness) และอัตราส่วนของพลังงานการคืนตัว (Resilience) แต่จะเห็นว่าผลิตภัณฑ์เค้กแบ่งข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่เติมกัมจากเมล็ดแมงลักร้อยละ 0.5 โดยน้ำหนักของแบ่งข้าวขาวดอกมะลิ 105 มีความสัมพันธ์สอดคล้องไปในทิศทางเดียวกันกับปริมาตรจำเพาะ (Specific volume) Volume index และค่าสีแดง (a^*) แต่กลับมีความสัมพันธ์สอดคล้องไปในทิศทางตรงข้ามกับความแข็ง (Hardness) นั้นแสดงให้เห็นว่าผลิตภัณฑ์เค้กแบ่งข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่เติมกัมจากเมล็ดแมงลักร้อยละ 0.5 โดยน้ำหนักของแบ่งข้าวขาวดอกมะลิ 105 มีปริมาตรจำเพาะเพิ่มขึ้นส่งผลให้ความแข็งของเนื้อเค้กลดลง สำหรับผลิตภัณฑ์เค้กแบ่งข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่เติมกัมจากเมล็ดแมงลักร้อยละ 1.0, 1.5 และ 2.0 โดยน้ำหนักของแบ่งข้าวขาวดอกมะลิ 105 มีความสัมพันธ์สอดคล้องไปในทิศทางเดียวกันกับค่าสีเหลือง (b^*) ความแข็ง และ Uniformity index นั้นแสดงว่าผลิตภัณฑ์เค้กแบ่งข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่เติมกัมจากเมล็ดแมงลักร้อยละ 1.0, 1.5 และ 2.0 โดยน้ำหนักของแบ่งข้าวขาวดอกมะลิ 105 มีค่าสีเหลืองและความแข็งเพิ่มขึ้น

จากการวิเคราะห์แผนผังความชอบของผู้บริโภค (รูปที่ 4.8b) ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะทางกายภาพและคะแนนความชอบทางด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์เค้กแบ่งข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่เติมกัมจากเมล็ดแมงลักที่ระดับแตกต่างกัน พบว่าคุณลักษณะด้านความสว่าง (L^*) เป็นปัจจัยที่สำคัญที่มีอิทธิพลต่อความชอบของผลิตภัณฑ์เค้กแบ่งข้าวขาวดอกมะลิ 105 โดยผลิตภัณฑ์เค้กแบ่งข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่เติมกัมจากเมล็ดแมงลักร้อยละ 0.0 โดยน้ำหนักของแบ่งข้าวขาวดอกมะลิ 105 มีความสัมพันธ์สอดคล้องไปในทิศทางเดียวกับความสว่าง แต่ผลิตภัณฑ์เค้กแบ่งข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่เติมกัมจากเมล็ดแมงลักร้อยละ 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 โดยน้ำหนักของแบ่งข้าวขาวดอกมะลิ 105 มีทิศทางตรงกันข้ามกับความสว่าง (L^*) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาที่ 4.3.4 และคะแนนความชอบด้านสีของผลิตภัณฑ์ที่ผู้บริโภคให้คะแนนความชอบของผลิตภัณฑ์เค้กแบ่งข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่เติมกัมจากเมล็ดแมงลักร้อยละ 0.0 โดยน้ำหนักของแบ่งข้าวขาวดอกมะลิ 105 มากที่สุด นั้นแสดงให้เห็นว่าการเติมกัมจากเมล็ดแมงลักจะส่งผลให้ผลิตภัณฑ์เค้กแบ่งข้าวขาวดอกมะลิ 105 มีค่าความสว่างลดลง สำหรับผลิตภัณฑ์เค้กแบ่งข้าว

ขาวดอกมะลิ 105 ที่เติมกัมจากเมล็ดแมงลักร้อยละ 0.5 โดยน้ำหนักของแป้งข้าวขาวดอกมะลิ 105 มีความสัมพันธ์สอดคล้องไปในทิศทางเดียวกันกับปริมาตรจำเพาะ Volume index และค่าสีแดง (a^*) สำหรับผลิตภัณฑ์เค้กแป้งข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่เติมกัมจากเมล็ดแมงลักร้อยละ 1.0 และ 2.0 โดยน้ำหนักของแป้งข้าวขาวดอกมะลิ 105 มีความสัมพันธ์สอดคล้องไปในทิศทางเดียวกับค่าสีเหลือง (b^*) และ Uniformity index สำหรับผลิตภัณฑ์เค้กแป้งข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่เติมกัมจากเมล็ดแมงลักร้อยละ 1.5 โดยน้ำหนักของแป้งข้าวขาวดอกมะลิ 105 มีความสัมพันธ์สอดคล้องไปในทิศทางเดียวกับความแข็ง และ Symmetry index ดังนั้นลักษณะที่เป็นปัจจัยสำคัญที่มีอิทธิพลต่อทัศนคติหรือความชอบของผู้บริโภคของผลิตภัณฑ์เค้กแป้งข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่เติมกัมจากเมล็ดแมงลัก คือ ความสว่าง

จากการประเมินทางคุณภาพของเบตเตอร์ คุณภาพทางกายภาพและลักษณะทางด้านประสาทสัมผัสสามารถกล่าวได้ว่าผลิตภัณฑ์เค้กแป้งข้าวขาวดอกมะลิ 105 สามารถเติมกัมจากเมล็ดแมงลักที่ระดับร้อยละ 0.5 โดยน้ำหนักของแป้งข้าวขาวดอกมะลิ 105 ซึ่งสูตรเค้กแป้งข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่พัฒนาได้แสดงดังตารางที่ 4.16

ตารางที่ 4.16 สูตรเค้กแป้งข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่พัฒนาได้

ส่วนผสม	ปริมาณ (ร้อยละโดยน้ำหนัก)
แป้งข้าวขาวดอกมะลิ 105	15.02
กัมจากเมล็ดแมงลัก	0.08
ไข่แดงไข่ไก่	13.60
ไข่ขาวไข่ไก่	29.41
นมสด	12.04
น้ำตาลทรายส่วนที่ 1	9.23
น้ำตาลทรายส่วนที่ 2	13.18
น้ำมันถั่วเหลือง	6.06
ผงฟู	0.66

4.4 ศึกษาปริมาณที่เหมาะสมของน้ำเสาวรสในครีมเสาวรส

4.4.1 ความหนืดของครีมเสาวรส

จากการประเมินค่าความหนืดของครีมเสาวรสที่ระดับต่างกัน (ตารางที่ 4.17) พบว่าความเข้มข้นของน้ำเสาวรสและอัตราส่วนของนมต่อน้ำเสาวรสไม่ส่งผลให้ความหนืดของครีม

เสาวรสแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) แต่จะเห็นได้ว่าเมื่ออัตราส่วนของนมต่อน้ำเสาวรสลดลง (ปริมาณน้ำเสาวรสเพิ่มขึ้น) ส่งผลให้ความหนืดของครีมเสาวรสเพิ่มขึ้น เนื่องมาจากปริมาณของแข็งที่ละลายในน้ำเสาวรสที่ความเข้มข้นร้อยละ 100 และน้ำเสาวรสความเข้มข้นร้อยละ 75 เท่ากับ 13.87 และ 10.07°Brix ซึ่งปริมาณของของแข็งที่ละลายน้ำได้มีปริมาณมากจะช่วยเพิ่มความสามารถในการจับน้ำได้เพิ่มมากขึ้นด้วย จึงส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีความหนืดเพิ่มขึ้น เพราะฉะนั้นครีมเสาวรสที่เติมน้ำเสาวรสในความเข้มข้นสูงจึงมีความหนืดที่เพิ่มขึ้น ประกอบกับอุณหภูมิสูง (85 องศาเซลเซียส) ที่ใช้ในกระบวนการผลิตครีมเสาวรสส่งผลให้น้ำเกิดการระเหยออก เป็นเช่นเดียวกับ Fernandes และคณะ (2011) ที่กล่าวว่าน้ำเสาวรสที่ผ่านกระบวนการพาสเจอร์ไรส์ (90 องศาเซลเซียส เวลา 60 วินาที) จะมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้เพิ่มขึ้นจาก 11.17°Brix เป็น 12.73°Brix ซึ่งอาจจะส่งผลให้ความหนืดของครีมเสาวรสเพิ่มขึ้นได้

ตารางที่ 4.17 ความหนืดของครีมเสาวรสที่ระดับต่างกัน

ความเข้มข้นน้ำเสาวรส (ร้อยละ)	อัตราส่วนของนมต่อน้ำเสาวรส	ความหนืด (Pa.s)
75	70:30	81.67 ± 17.41 ^a
75	50:50	97.17 ± 29.00 ^a
100	70:30	75.92 ± 11.41 ^a
100	50:50	103.33 ± 39.58 ^a

^{a,b} ตัวเลขที่มีอักษรกำกับแตกต่างกัน ($p \leq 0.05$)

4.4.2 ค่าสีของครีมเสาวรส

จากการประเมินทางด้านกายภาพของครีมเสาวรส โดยวัดค่าความสว่าง (L^*) ค่าสีแดง (a^*) และค่าสีเหลือง (b^*) (ตารางที่ 4.18) จะพบว่าความเข้มข้นของน้ำเสาวรสและอัตราส่วนของนมต่อน้ำเสาวรสส่งผลให้ค่าความสว่างของครีมเสาวรสแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยจะเห็นได้ว่าความเข้มข้นของน้ำเสาวรสและปริมาณน้ำเสาวรส (อัตราส่วนของนมต่อน้ำเสาวรสที่ 70:30 และ 50:50) ที่เพิ่มขึ้นจะส่งผลให้ความสว่างมีแนวโน้มลดลง เนื่องมาจากการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล (Maillard reaction) ระหว่างน้ำตาลรีดิวซ์ (Reducing sugar) และกรดอะมิโนภายในนมจึงส่งผลให้ความสว่างของผลิตภัณฑ์ครีมเสาวรสลดลง

เมื่อพิจารณาค่าสีเหลืองของครีมเสาวรสจะพบได้ว่าความเข้มข้นของน้ำเสาวรสและอัตราส่วนของนมต่อน้ำเสาวรส จะส่งผลให้ค่าสีเหลืองของครีมเสาวรสแตกต่างกันอย่างมี

นัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยจะเห็นได้ว่าความเข้มข้นของน้ำเสาวรและปริมาณน้ำเสาวร (อัตราส่วนของนมต่อน้ำเสาวรที่ 70:30 และ 50:50) ที่เพิ่มขึ้นจะส่งผลให้ค่าสีเหลืองมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเนื่องจากค่าสีเหลืองของน้ำเสาวรที่ความเข้มข้นร้อยละ 100 และน้ำเสาวรความเข้มข้นร้อยละ 75 มีค่าเท่ากับ 62.69 และ 58.60 ตามลำดับ เพราะฉะนั้นความเข้มข้นและปริมาณน้ำเสาวรที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้ค่าสีเหลืองของครีมเสาวรเพิ่มขึ้นด้วย สำหรับค่าสีแดงของครีมเสาวรจะพบว่าความเข้มข้นของน้ำเสาวรและอัตราส่วนของนมต่อน้ำเสาวรไม่ได้ส่งผลให้ค่าสีแดงของครีมเสาวรแตกต่างกัน ($p > 0.05$)

ตารางที่ 4.18 ค่าสีของครีมเสาวรที่ระดับต่างกัน

ความเข้มข้นน้ำ เสาวร (ร้อยละ)	อัตราส่วนของนม ต่อน้ำเสาวร	ความสว่าง (L^*)	ค่าสีแดง (a^*)	ค่าสีเหลือง (b^*)
75	70:30	77.57 ± 0.62^a	6.75 ± 1.62^a	38.56 ± 2.23^c
75	50:50	76.01 ± 0.42^{ab}	7.59 ± 0.46^a	42.80 ± 1.06^{ab}
100	70:30	76.80 ± 1.02^a	7.58 ± 1.12^a	40.70 ± 2.01^{bc}
100	50:50	74.49 ± 1.20^b	8.06 ± 0.95^a	46.43 ± 2.45^a

^{a,b} ตัวเลขที่มีอักษรกำกับแตกต่างกันจากแถวตั้งเดียวกันแตกต่างกัน ($p \leq 0.05$)

4.4.3 ปริมาณน้ำอิสระ (a_w) ในครีมเสาวร

เมื่อพิจารณาการประเมินปริมาณน้ำอิสระในครีมเสาวร แสดงดังตารางที่ 4.19 พบว่าความเข้มข้นของน้ำเสาวรและอัตราส่วนของนมต่อน้ำเสาวรไม่ส่งผลให้ปริมาณน้ำอิสระของครีมเสาวรแตกต่างกัน ($p > 0.05$) แต่อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาที่อัตราส่วนของนมต่อน้ำเสาวรที่ระดับ 50:50 ในครีมเสาวรที่ความเข้มข้นร้อยละ 100 และ 75 จะพบว่าปริมาณน้ำอิสระของครีมเสาวรมีแนวโน้มลดลง เนื่องจากน้ำเสาวรประกอบด้วยน้ำตาลทั้งหมด (น้ำตาลนอนรีดิวิซ์ และน้ำตาลรีดิวิซ์) ในปริมาณที่สูง โดยน้ำตาลเหล่านี้สามารถสร้างพันธะกับน้ำอิสระในผลิตภัณฑ์ได้ จึงส่งผลให้ปริมาณน้ำอิสระในผลิตภัณฑ์ครีมเสาวรมีค่าลดลง สอดคล้องกับงานวิจัยของ Chaiwanichsiri และคณะ (2011) ที่ศึกษาการเติมน้ำตาลฟรักโตสในผลิตภัณฑ์ครีมคัสตาร์ด พบว่าปริมาณน้ำตาลฟรักโตสที่เพิ่มขึ้น (ร้อยละ 3-6 โดยน้ำหนัก) ส่งผลให้ปริมาณน้ำอิสระ (a_w) ของครีมคัสตาร์ดลดลง

ตารางที่ 4.19 ปริมาณน้ำอิสระ (a_w) ของครีมเสาวรสที่ระดับต่างกัน

ความเข้มข้นน้ำเสาวรส (ร้อยละ)	อัตราส่วนของนมต่อน้ำเสาวรส	ปริมาณน้ำอิสระ (a_w)
75	70:30	0.962 ± 0.002^a
75	50:50	0.960 ± 0.003^a
100	70:30	0.960 ± 0.003^a
100	50:50	0.958 ± 0.004^a

^{a,b} ตัวเลขที่มีอักษรกำกับจากแถวตั้งเดียวกันแตกต่างกัน ($p \leq 0.05$)

4.4.4 การทดสอบทางประสาทสัมผัส

การทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ครีมเสาวรสของผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 60 คน โดยทำการเก็บรวบรวมข้อมูล ทั้งการทดสอบความพอใจ (5-point scale) และการประเมินความชอบของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ (9-point hedonic scale)

4.4.4.1 การทดสอบความพอใจ

การทดสอบความพอใจของผลิตภัณฑ์ครีมเสาวรสที่ระดับต่างกันในด้านรสเปรี้ยว รสหวาน และความสามารถในการทา โดยผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 60 คน แสดงดังตารางที่ 4.20 ถึง 4.22 ตามลำดับ พบว่าค่า Net score ทางด้านรสเปรี้ยวของครีมเสาวรสที่ความเข้มข้นน้ำเสาวรสร้อยละ 75 และอัตราส่วนของน้ำเสาวรส 50:50 มีค่า Net score น้อยกว่า 20 นั้น แสดงว่ารสเปรี้ยวของครีมเสาวรสมีความพอใจแล้ว ในด้านรสหวานพบว่าค่า Net score ของครีมเสาวรสที่ความเข้มข้นน้ำเสาวรสร้อยละ 75 อัตราส่วนของน้ำเสาวรส 70:30 และ 50:50 และครีมเสาวรสที่ความเข้มข้นน้ำเสาวรสร้อยละ 100 อัตราส่วนของน้ำเสาวรส 70:30 มีค่า Net score น้อยกว่า 20 นั้นแสดงว่ารสหวานของครีมเสาวรสมีความพอใจแล้ว และเมื่อพิจารณาค่า Net score ทางด้านความสามารถในการทาของครีมเสาวรสทุกระดับ พบว่าค่า Net score น้อยกว่า 20 นั้นหมายความว่าความสามารถในการทาของครีมเสาวรสมีความพอใจแล้ว

ตารางที่ 4.20 ทิศทางของลักษณะทางด้านรสเปรี้ยวของครีมเสาวรสที่ระดับต่างกัน จากการทดสอบ
ความพอดี

ความเข้มข้นของ น้ำเสาวรส (ร้อยละ)	อัตราส่วนของนม ต่อน้ำเสาวรส	จำนวนผู้บริโภคร (ร้อยละ)			Net score
		น้อยเกินไป	พอดี	มากเกินไป	
75	70:30	56.67	38.33	5.00	51.67
75	50:50	33.33	61.67	25.00	18.33
100	70:30	46.67	41.67	11.66	35.01
100	50:50	16.67	40.00	43.33	26.66

ตารางที่ 4.21 ทิศทางของลักษณะทางด้านรสหวานของครีมเสาวรสที่ระดับต่างกัน จากการทดสอบ
ความพอดี

ความเข้มข้น ของน้ำเสาวรส (ร้อยละ)	อัตราส่วนของ นมต่อน้ำเสาวรส	จำนวนผู้บริโภคร (ร้อยละ)			Net score
		น้อยเกินไป	พอดี	มากเกินไป	
75	70:30	23.33	50.00	26.67	3.34
75	50:50	28.33	60.00	11.67	14.66
100	70:30	20.00	61.67	28.33	8.33
100	50:50	33.33	55.00	11.67	21.66

ตารางที่ 4.22 ทิศทางของลักษณะทางด้านความสามารถในการหาของครีมเสาวรสที่ระดับต่างกัน
จากการทดสอบความพอดี

ความเข้มข้น ของน้ำเสาวรส (ร้อยละ)	อัตราส่วนของ นมต่อน้ำ เสาวรส	จำนวนผู้บริโภคร (ร้อยละ)			Net score
		น้อยเกินไป	พอดี	มากเกินไป	
75	70:30	21.67	56.67	21.66	0.01
75	50:50	23.33	55.00	21.67	1.66
100	70:30	18.33	66.67	15.00	3.33
100	50:50	18.33	58.33	23.34	5.01

4.4.4.2 การประเมินความชอบ

จากการประเมินทางด้านประสาทสัมผัสด้านความชอบของผู้บริโภคจำนวน 60 คน ด้วยวิธี 9-point hedonic scale แสดงดังตารางที่ 4.23 พบว่าในด้านสี กลิ่นรส เสาวรส รสเปรี้ยว รสหวาน และความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์ครีมเสาวรสแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) แต่จะเห็นว่าสีและความสามารถในการหาของผลิตภัณฑ์ครีมเสาวรสไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$) สำหรับผลิตภัณฑ์ครีมเสาวรสที่อัตราส่วนของนมต่อน้ำเสาวรส 70:30 และความเข้มข้นน้ำของเสาวรสร้อยละ 100 และ 75 ไม่แตกต่างกันในคุณลักษณะรสเปรี้ยว รสหวาน และความชอบโดยรวม ($p \leq 0.05$) เป็นเช่นเดียวกันกับสำหรับผลิตภัณฑ์ครีมเสาวรสที่อัตราส่วนของนมต่อน้ำเสาวรส 50:50 และความเข้มข้นน้ำเสาวรสร้อยละ 100 และ 75 และยังมีคะแนนความชอบในด้านรสเปรี้ยว รสหวาน และความชอบโดยรวมน้อยกว่าผลิตภัณฑ์ครีมเสาวรสที่อัตราส่วนของนมต่อน้ำเสาวรส 50:50 และความเข้มข้นน้ำเสาวรสร้อยละ 100 และ 75 ดังนั้นผลิตภัณฑ์ครีมเสาวรสที่ความเข้มข้นน้ำเสาวรสเพิ่มขึ้นและอัตราส่วนของนมต่อน้ำเสาวรสลดลง ส่งผลให้คะแนนความชอบด้านรสเปรี้ยว รสหวาน และความชอบโดยรวมมากกว่าผลิตภัณฑ์ครีมเสาวรสที่อัตราส่วนของนมต่อน้ำเสาวรส 70:30 และความเข้มข้นน้ำเสาวรสร้อยละ 100 และ 75 แต่อย่างไรก็ตามผู้บริโภคให้การยอมรับผลิตภัณฑ์ครีมเสาวรส โดยคะแนนความชอบอยู่ในช่วงชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง ดังนั้นครีมเสาวรสที่ผู้บริโภคให้การยอมรับคือ ครีมเสาวรสที่น้ำเสาวรสความเข้มข้นร้อยละ 75 อัตราส่วนของนมต่อเสาวรส 50:50 ซึ่งสูตรเสาวรสที่พัฒนาได้แสดงดังตารางที่ 4.24

ตารางที่ 4.23 คะแนนทางด้านประสาทสัมผัสจากการประเมินความชอบของผู้บริโภคที่มีต่อครีมเสาวรสที่ระดับความเข้มข้นต่างกัน

ความเข้มข้น น้ำเสาวร (ร้อยละ)	อัตราส่วนของ นมต่อน้ำเสาวร	สี	กลิ่นรสเสาวร	รสเปรี้ยว	รสหวาน	ความสามารถใน การทา	ความชอบโดยรวม
75	70:30	6.43 ± 1.39 ^a	5.67 ± 1.40 ^c	5.32 ± 1.65 ^b	5.55 ± 1.63 ^b	6.27 ± 1.66 ^a	5.98 ± 1.48 ^b
	50:50	6.77 ± 1.31 ^a	6.70 ± 1.31 ^a	6.38 ± 1.39 ^a	6.18 ± 1.14 ^a	6.48 ± 1.42 ^a	6.75 ± 1.26 ^a
100	70:30	6.58 ± 1.42 ^a	6.00 ± 1.43 ^{bc}	5.73 ± 1.44 ^b	5.62 ± 1.45 ^b	6.50 ± 1.55 ^a	6.33 ± 1.43 ^{ab}
	50:50	6.55 ± 1.50 ^a	6.35 ± 1.54 ^{ab}	6.38 ± 1.56 ^a	6.30 ± 1.52 ^a	6.63 ± 1.31 ^a	6.72 ± 1.40 ^a

^{a,b,c} ตัวเลขที่มีอักษรกำกับแตกต่างกันจากแถวตั้งเดียวกันแตกต่างกัน ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.24 สูตรครีมเสาวรสีที่พัฒนาได้

ส่วนผสม	ปริมาณร้อยละโดยน้ำหนัก
แป้งข้าวโพด	9.140
ไข่แดงไข่ไก่	10.480
นมสด	34.095
น้ำเสาวรสีความเข้มข้นร้อยละ 75	34.095
น้ำตาลทราย	12.190

4.5 ศึกษาอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์เค้กแป้งข้าวขาวดอกมะลิ 105 สดใสครีมเสาวรสีที่พัฒนาได้

4.5.1 การเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง

4.5.1.1 ค่าสีของเนื้อเค้ก

จากการศึกษาอายุการเก็บรักษาของเค้กแป้งข้าวขาวดอกมะลิ 105 สดใสครีมเสาวรสีที่อุณหภูมิห้องโดยการวัดค่าสี แสดงดังตารางที่ 4.25 พบว่าระยะเวลาในการเก็บรักษาส่งผลให้ค่าความสว่าง (L^*) ของเนื้อเค้กแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) แต่ไม่ส่งผลให้ค่าสีแดงและค่าสีเหลืองแตกต่างกัน ($p > 0.05$) โดยจะเห็นว่าระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นจะส่งผลให้ค่าความสว่าง (L^*) ของเนื้อเค้กมีแนวโน้มลดลง Lin และ Lee (2005) ได้กล่าวช่วงระหว่างการเก็บรักษา ผลิตภัณฑ์เค้กที่มีส่วนประกอบของน้ำตาลรีดิวซ์ (Reducing sugar) จะสามารถทำปฏิกิริยากับกรดอะมิโนภายในเนื้อเค้ก จึงทำให้ความสว่างของเนื้อเค้กลดลง

ตารางที่ 4.25 ค่าสีของเนื้อเค้กแป้งข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่สภาวะการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง

ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)	ความสว่าง (L^*)	ค่าสีแดง (a^*)	ค่าสีเหลือง (b^*)
0	80.05 ± 0.93^a	4.52 ± 2.04^a	30.53 ± 3.01^a
1	79.78 ± 0.92^a	5.22 ± 0.97^a	30.54 ± 2.67^a
2	78.76 ± 0.27^{ab}	4.61 ± 1.93^a	32.63 ± 2.26^a
3	77.17 ± 1.33^b	5.29 ± 2.42^a	32.09 ± 4.12^a

^{a,b,c} ตัวเลขที่มีอักษรกำกับแตกต่างกันจากแถวตั้งเดียวกันแตกต่างกัน ($p \leq 0.05$)

4.5.1.2 ค่าสีของครีมเสาวรสี

จากการศึกษาอายุการเก็บรักษาของเค้กแบ่งข้าวขาวดอกมะลิ 105 สอดไส้ครีมเสาวรสีที่อุณหภูมิห้องโดยการวัดค่าสี แสดงดังตารางที่ 4.26 พบว่าระยะเวลาในการเก็บรักษาส่งผลให้ค่าความสว่าง (L^*) ของครีมเสาวรสีแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) แต่ไม่ส่งผลให้ค่าสีแดง และค่าสีเหลืองแตกต่างกัน ($p > 0.05$) โดยจะเห็นได้ว่าระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นจะส่งผลให้ค่าความสว่าง (L^*) ของเนื้อเค้กมีแนวโน้มลดลง เนื่องจากอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นในระหว่างการเก็บรักษาจะเร่งการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล (Maillard reaction) ของผลิตภัณฑ์ครีมเสาวรสีให้เกิดเร็วยิ่งขึ้น ประกอบกับปริมาณน้ำอิสระของครีมเสาวรสีมีปริมาณลดลงด้วยซึ่งอยู่ในช่วง 0.60-0.95 ที่ก่อให้เกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลมากขึ้นด้วย (Sewald และ Devries, 2017) ดังนั้นในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง ความสว่างและค่าสีเหลืองของครีมเสาวรสีมีค่าลดลง

ตารางที่ 4.26 ค่าสีของครีมเสาวรสีที่สภาวะการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง

ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)	ความสว่าง (L^*)	ค่าสีแดง (a^*)	ค่าสีเหลือง (b^*)
0	73.06 $\pm$ 1.85 ^a	6.52 $\pm$ 1.83 ^a	47.51 $\pm$ 1.91 ^b
1	67.24 $\pm$ 1.16 ^b	5.99 $\pm$ 1.07 ^a	41.01 $\pm$ 1.58 ^a
2	67.27 $\pm$ 0.75 ^b	7.05 $\pm$ 1.88 ^a	41.85 $\pm$ 3.46 ^a
3	65.80 $\pm$ 0.79 ^b	7.11 $\pm$ 1.75 ^a	39.59 $\pm$ 3.01 ^a

^{a,b,c,d} ตัวเลขที่มีอักษรกำกับแตกต่างกันจากแถวตั้งเดียวกันแตกต่างกัน ($p \leq 0.05$)

4.5.1.3 ลักษณะเนื้อสัมผัส

จากการวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์เค้กแบ่งข้าวขาวดอกมะลิ 105 สอดไส้ครีมเสาวรสี ในสภาวะการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นระยะเวลา 3 วัน แสดงดังตารางที่ 4.27 พบว่าระยะเวลาในการเก็บรักษาจะส่งผลให้ค่าความแข็ง การรวมตัวภายในอาหาร ความเหนียว แรงที่ใช้เคี้ยว และอัตราส่วนของพลังงานการคินตัวของเค้กแบ่งข้าวขาวดอกมะลิ 105 สอดไส้ครีมเสาวรสีแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) แต่ไม่ส่งผลให้ค่าการกลับคืนตัวของเค้กแบ่งข้าวขาวดอกมะลิ 105 สอดไส้ครีมเสาวรสีแตกต่างกัน ($p > 0.05$) โดยจะเห็นได้ว่าระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ค่าความแข็ง การรวมตัวภายในอาหาร ความเหนียว แรงที่ใช้เคี้ยว และอัตราส่วนของพลังงานการคินตัวของผลิตภัณฑ์เค้กแบ่งข้าวขาวดอกมะลิ 105 สอดไส้ครีมเสาวรสีลดลงด้วย จากการสังเกตของผู้วิจัยพบว่าลักษณะของผลิตภัณฑ์เค้กแบ่งข้าวขาวดอกมะลิ 105 สอด

ใส่ครีมเสาวรสีในช่วงระหว่างการเก็บรักษามีลักษณะที่รวมตัวกัน เหนียวและแฉะ ซึ่งเกิดจากการถ่ายเทมวลของน้ำจากครีมเสาวรสีเนื้อเค้ก ประกอบกับแป้งข้าวขาวดอกมะลิ 105 เกิดการคืนตัวจึงส่งผลให้ในระยะการเก็บรักษาเป็นเวลา 1 วันที่ค่าความแข็งเพิ่มขึ้น



ตารางที่ 4.27 ลักษณะเนื้อสัมผัสของเค้กแบ่งข้าวขาวดอกมะลิ 105 สอดไส้ครีมเสาวรสที่สภาวะการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง

ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)	ความแข็ง (กรัม)	การกลับคืนตัว	การรวมตัวกัน	ความเหนียว (กรัม)	แรงที่ใช้เคี้ยว (กรัม)	อัตราส่วนของพลังงานการคืนตัว
0	5120.98 ± 1703.83 ^{ab}	0.66 ± 0.17 ^a	0.55 ± 0.08 ^a	2714.02 ± 601.04 ^a	1858.79 ± 794.73 ^a	0.16 ± 0.05 ^a
1	6570.73 ± 215.01 ^b	0.72 ± 0.06 ^a	0.53 ± 0.05 ^a	3398.42 ± 150.91 ^a	2443.19 ± 105.60 ^a	0.14 ± 0.02 ^a
2	4188.86 ± 168.53 ^a	0.54 ± 0.04 ^a	0.43 ± 0.18 ^{ab}	1781.75 ± 745.68 ^b	927.52 ± 319.09 ^a	0.10 ± 0.06 ^{ab}
3	4191.77 ± 281.23 ^a	0.61 ± 0.06 ^a	0.28 ± 0.05 ^b	1172.17 ± 167.26 ^b	696.51 ± 105.93 ^a	0.04 ± 0.02 ^b

^{a,b} ตัวเลขที่มีอักษรกำกับแตกต่างกันจากแถวตั้งเดียวกันแตกต่างกัน ($p \leq 0.05$)

4.5.1.4 ปริมาณน้ำอิสระ (a_w)

เมื่อพิจารณาปริมาณน้ำอิสระ (a_w) ในผลิตภัณฑ์เค้กแบ่งข้าวขาวดอกมะลิ 105 สอดไส้ครีมเสาวรสที่สภาวะการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง แสดงดังตารางที่ 4.28 พบว่าระยะเวลาในการเก็บรักษาไม่ส่งผลให้ปริมาณน้ำอิสระของเนื้อเค้กแตกต่างกัน ($p > 0.05$) แต่ส่งผลให้ปริมาณน้ำอิสระของครีมเสาวรสแตกต่างกัน ($p \leq 0.05$) แต่จะเห็นได้ว่าระยะเวลาในการเก็บรักษาจะส่งผลให้ปริมาณน้ำอิสระของเนื้อเค้ก (a_w) มีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้น ส่วนปริมาณน้ำอิสระ (a_w) ของครีมเสาวรสมิแนวโน้มลดลง เนื่องจากปริมาณอิสระของเนื้อเค้กและครีมเสาวรสในวันแรก (0 วัน) มีความแตกต่างกัน ซึ่งปริมาณน้ำอิสระของครีมเสาวรส (a_w) มีค่ามากกว่าปริมาณอิสระของเนื้อเค้ก จึงก่อให้เกิดการถ่ายเทมวลของน้ำเพื่อให้สภาวะสมดุล

ตารางที่ 4.28 ปริมาณน้ำอิสระ (a_w) ของเนื้อเค้กแบ่งข้าวขาวดอกมะลิ 105 และครีมเสาวรสที่สภาวะการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง

ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)	ปริมาณน้ำอิสระ (a_w)	
	เนื้อเค้ก	ครีมเสาวรส
0	0.933 ± 0.008^a	0.953 ± 0.005^b
1	0.942 ± 0.007^a	0.938 ± 0.011^a
2	0.941 ± 0.005^a	0.935 ± 0.009^a
3	0.941 ± 0.002^a	0.928 ± 0.005^a

^{a,b} ตัวเลขที่มีอักษรกำกับแตกต่างกันจากแถวตั้งเดียวกันแตกต่างกัน ($p \leq 0.05$)

4.5.1.5 ปริมาณจุลินทรีย์

(1) ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด

เมื่อพิจารณาปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดในผลิตภัณฑ์เค้กแบ่งข้าวขาวดอกมะลิ 105 สอดไส้ครีมเสาวรสที่สภาวะการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นระยะเวลา 3 วัน แสดงดังตารางที่ 4.29 พบว่าระยะเวลาในการเก็บรักษาส่งผลให้ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น โดยจะเห็นได้ว่าในระยะเวลาการเก็บรักษา 2 และ 3 วัน ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดของเค้กแบ่งข้าวขาวดอกมะลิ 105 สอดไส้ครีมเสาวรสมิค่าเท่ากับ 15.8×10^6 และ 4.0×10^6 โคโลนีต่อกรัม ตามลำดับ ซึ่งข้อกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนที่ 459/2555 ระบุว่าปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดในผลิตภัณฑ์เค้กต้องน้อยกว่า 1×10^6 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม นั้นแสดงว่าปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดของผลิตภัณฑ์เค้กแบ่งข้าวขาวดอกมะลิ 105 สอดไส้ครีมเสาวรสที่เก็บรักษาเป็นเวลา 2 และ 3 วัน

เกินข้อกำหนดตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ดังนั้นผลิตภัณฑ์เค้กแบ่งข้าวขาวดอกมะลิ 105 สอดไส้ครีมเสาวรสมืออายุการเก็บรักษาเพียง 1 วันที่สภาวะเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง

ตารางที่ 4.29 การวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดของเค้กแบ่งข้าวขาวดอกมะลิ 105 สอดไส้ครีมเสาวรสที่สภาวะการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง

ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)	ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (CFU/กรัม)
0	< 100
1	2.2×10^4
2	15.8×10^6
3	4.0×10^6

(2) ปริมาณยีสต์และรา

เมื่อพิจารณาปริมาณยีสต์และราในผลิตภัณฑ์เค้กแบ่งข้าวขาวดอกมะลิ 105 สอดไส้ครีมเสาวรสที่สภาวะการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง แสดงดังตารางที่ 4.30 พบว่าระยะเวลาในการเก็บรักษาส่งผลให้ปริมาณยีสต์และรามีแนวโน้มเพิ่มขึ้น จะเห็นได้ว่าในระยะเวลาการเก็บรักษา 2 และ 3 วัน ปริมาณยีสต์และราของเค้กแบ่งข้าวขาวดอกมะลิ 105 สอดไส้ครีมเสาวรสเท่ากับ 2.4×10^4 และ 7.5×10^4 โคโลนีต่อกรัม ตามลำดับ ซึ่งข้อกำหนดตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนที่ 459/2555 ระบุว่าปริมาณยีสต์และราในผลิตภัณฑ์เค้กต้องน้อยกว่า 100 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม นั้นแสดงว่าปริมาณยีสต์และราของผลิตภัณฑ์เค้กแบ่งข้าวขาวดอกมะลิ 105 สอดไส้ครีมเสาวรสที่เก็บรักษาเป็นเวลา 2 และ 3 วัน เกินข้อกำหนดตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ดังนั้นผลิตภัณฑ์เค้กแบ่งข้าวขาวดอกมะลิ 105 สอดไส้ครีมเสาวรสมืออายุการเก็บรักษาเพียง 1 วันที่สภาวะเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง

ตารางที่ 4.30 การวิเคราะห์ปริมาณยีสต์ ราของเค้กแบ่งข้าวขาวดอกมะลิ 105 สอดไส้ครีมเสาวรสที่
สภาวะการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง

ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)	ปริมาณยีสต์ รา (CFU/กรัม)
0	< 100
1	< 100
2	2.4×10^4
3	7.5×10^4

4.5.1.6 การทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสเชิงพรรณนา

จากการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสเชิงพรรณนาของผลิตภัณฑ์เค้กแบ่งข้าวขาวดอกมะลิ 105 สอดไส้ครีมเสาวรส ในระยะเวลาการเก็บรักษาเป็นเวลา 3 วัน ที่สภาวะการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง แสดงดังตารางที่ 4.31 ทำให้ได้ลักษณะทางด้านประสาทสัมผัส ได้แก่ สีเหลืองของเนื้อเค้ก ความสม่ำเสมอของรูพรุน ความแน่นเนื้อ รสหวาน รสเปรี้ยว กลิ่นรสไข่ กลิ่นรสเสาวรส ความรู้สึกตกค้างด้านกลิ่นรสไข่ ความรู้สึกตกค้างด้านกลิ่นรสเสาวรส และความรู้สึกตกค้างด้านรสเปรี้ยว เมื่อพิจารณาผลิตภัณฑ์เค้กแบ่งข้าวขาวดอกมะลิ 105 สอดไส้ครีมเสาวรสที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 3 วัน จะพบว่าคุณลักษณะในด้านสีเหลืองของเนื้อเค้ก ความสม่ำเสมอของรูพรุน ความแน่นเนื้อ รสหวาน รสเปรี้ยว กลิ่นรสไข่ ความรู้สึกตกค้างด้านกลิ่นรสไข่ ความรู้สึกตกค้างด้านกลิ่นรสเสาวรสไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$) แต่จะเห็นได้ว่าระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ลักษณะสีเหลืองของเนื้อเค้กมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นซึ่งสอดคล้องกับผลวิจัยด้านสีของเนื้อเค้ก ในด้านกลิ่นรสเสาวรส และความรู้สึกตกค้างด้านรสเปรี้ยวผลิตภัณฑ์เค้กแบ่งข้าวขาวดอกมะลิ 105 สอดไส้ครีมเสาวรสที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 0 และ 1 วันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \geq 0.05$) โดยระยะเวลาการเก็บรักษา 1 วันมีคะแนนความเข้มของกลิ่นรสเสาวรส และความรู้สึกตกค้างด้านรสเปรี้ยวลดลง ดังนั้นระยะเวลาการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้นจะส่งผลให้ลักษณะด้านกลิ่นรสเสาวรส และความรู้สึกตกค้างด้านรสเปรี้ยวลดลง

ตารางที่ 4.31 คะแนนความเข้มทางด้านประสาทสัมผัสของเค้กแบ่งข้าวขาวดอกมะลิ 105 สอดไส้
ครีมเสาวรสที่สภาวะการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง

คุณลักษณะ	ระยะเวลาเก็บรักษา (วัน)			
	0	1	2	3
สีเหลืองของเนื้อเค้ก	6.59 ± 0.69 ^a	6.60 ± 0.64 ^a	6.91 ± 0.88 ^a	7.53 ± 0.83 ^a
ความสม่ำเสมอของรูพรุน	8.16 ± 1.15 ^a	8.19 ± 0.80 ^a	8.50 ± 0.56 ^a	8.59 ± 0.61 ^a
ความแน่นเนื้อ	6.93 ± 0.59 ^a	6.63 ± 0.14 ^a	*	*
รสหวาน	6.89 ± 0.64 ^a	6.89 ± 0.29 ^a	*	*
รสเปรี้ยว	6.04 ± 1.39 ^a	5.02 ± 1.70 ^a	*	*
กลิ่นรสไข่	5.96 ± 0.56 ^a	5.6 ± 0.64 ^a	*	*
กลิ่นรสเสาวรส	5.00 ± 1.01 ^b	3.95 ± 0.67 ^a	*	*
ความตลกค้ำด้านรสเปรี้ยว	3.52 ± 0.85 ^b	2.75 ± 1.13 ^a	*	*
ความตลกค้ำด้านกลิ่นรสไข่	3.48 ± 0.35 ^a	3.41 ± 0.27 ^a	*	*
ความตลกค้ำด้านกลิ่นรส เสาวรส	2.74 ± 0.51 ^a	2.34 ± 0.62 ^a	*	*

^{a,b} ตัวเลขที่มีอักษรกำกับแตกต่างกันจากแถวตั้งเดียวกันแตกต่างกัน ($p \leq 0.05$)

* คือ ไม่ประเมินตัวอย่าง เนื่องจากปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดและยีสต์ รา เกินตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์
ชุมชน 459/255

4.5.2 การเก็บรักษาที่อุณหภูมิแช่เย็น

4.5.2.1 ค่าสีของเนื้อเค้ก

จากการศึกษาอายุการเก็บรักษาของเค้กแบ่งข้าวขาวดอกมะลิ 105 สอดไส้ครีมเสาวรสที่อุณหภูมิแช่เย็นเป็นระยะเวลา 15 วัน โดยการวัดค่าสีแสดงดังตารางที่ 4.32 พบว่าระยะเวลาในการเก็บรักษาไม่ส่งผลให้ค่าความสว่าง (L^*) ค่าสีแดง (a^*) และค่าสีเหลือง (b^*) ของเนื้อเค้กไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$) เนื่องจากอุณหภูมิแช่เย็นสามารถชะลอการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล (Maillard reaction) จึงส่งผลให้ค่าสีของผลิตภัณฑ์ไม่เกิดการเปลี่ยนแปลง แต่อย่างไรก็ตาม จะเห็นได้ว่าระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นจะส่งผลให้ค่าความสว่าง (L^*) และค่าสีแดง (a^*) ของเนื้อเค้กมีแนวโน้มลดลง แต่ค่าสีเหลือง (b^*) ของเนื้อเค้กมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นด้วย

ตารางที่ 4.32 ค่าสีของเนื้อเค้กแบ่งขาวขาวดอกมะลิ 105 ที่สภาวะการเก็บรักษาที่อุณหภูมิแช่เย็น

ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)	ความสว่าง (L^*)	ค่าสีแดง (a^*)	ค่าสีเหลือง (b^*)
0	80.05 ± 0.93^a	4.52 ± 2.04^a	30.53 ± 3.01^a
3	79.15 ± 0.41^a	4.72 ± 0.92^a	31.35 ± 2.79^a
6	79.28 ± 0.80^a	4.66 ± 2.27^a	30.34 ± 3.17^a
9	79.68 ± 0.79^a	4.09 ± 1.56^a	31.36 ± 3.54^a
12	79.50 ± 1.00^a	4.66 ± 2.71^a	29.98 ± 3.77^a
15	79.26 ± 1.23^a	3.82 ± 1.40^a	33.82 ± 1.11^a

^{a,b} ตัวเลขที่มีอักษรกำกับแตกต่างกันจากแถวตั้งเดียวกันแตกต่างกัน ($p \leq 0.05$)

4.5.2.2 ค่าสีของครีมเสาวรส

จากการศึกษาอายุการเก็บรักษาของเค้กแบ่งขาวขาวดอกมะลิ 105 สอดใส่ครีมเสาวรสที่อุณหภูมิแช่เย็นในระยะเวลาการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 15 วัน โดยการวัดค่าสีแสดงดังตารางที่ 4.33 พบว่าระยะเวลาในการเก็บรักษาส่งผลให้ค่าความสว่าง (L^*) และค่าสีเหลือง (b^*) ของครีมเสาวรสแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) แต่ไม่ส่งผลให้ค่าสีแดง (a^*) แตกต่าง ($p > 0.05$) โดยจะเห็นได้ว่าระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นจะส่งผลให้ค่าความสว่าง (L^*) ค่าสีแดง (a^*) และค่าสีเหลือง (b^*) ของครีมเสาวรสมิแนวโน้มลดลง ในด้านความสว่างของเนื้อครีมที่ระยะเวลาการเก็บรักษา 3, 6 และ 9 วัน ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) และในด้านค่าสีเหลืองของครีมเสาวรสที่ระยะเวลาการเก็บรักษาตั้งแต่วันที่ 3 ถึงวันที่ 15 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) แต่แตกต่างจากครีมเสาวรสที่วันที่ 0 ของการเก็บรักษา

ตารางที่ 4.33 ค่าสีของครีมเสาวรสีที่สภาวะการเก็บรักษาที่อุณหภูมิแช่เย็น

ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)	ความสว่าง (L^*)	ค่าสีแดง (a^*)	ค่าสีเหลือง (b^*)
0	73.06 ± 1.85^a	6.52 ± 1.83^a	47.51 ± 1.91^a
3	68.39 ± 0.30^{bc}	8.27 ± 0.71^a	42.28 ± 1.39^b
6	69.33 ± 0.89^b	8.20 ± 0.33^a	40.39 ± 0.85^b
9	68.05 ± 0.25^{bc}	8.48 ± 0.60^a	41.79 ± 2.09^b
12	67.40 ± 0.92^c	7.77 ± 1.36^a	40.71 ± 2.47^b
15	67.24 ± 0.74^c	7.88 ± 0.88^a	41.73 ± 1.14^b

a,b,c ตัวเลขที่มีอักษรกำกับแตกต่างกันจากแถวตั้งเดียวกันแตกต่างกัน ($p \leq 0.05$)

4.5.2.3 ลักษณะเนื้อสัมผัส

จากการวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์เค้กแบ่งข้าวขาวดอกมะลิ 105 สอดไส้ครีมเสาวรสี ในสภาวะการเก็บรักษาที่อุณหภูมิแช่เย็นเป็นระยะเวลา 15 วัน แสดงดังตารางที่ 4.34 พบว่าระยะเวลาในการเก็บรักษาจะส่งผลให้ค่าความแข็งของเค้กแบ่งข้าวขาวดอกมะลิ 105 สอดไส้ครีมเสาวรสีแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) แต่ไม่ส่งผลให้ค่าความยืดหยุ่น การรวมตัวกันภายในอาหาร ความเหนียว แรงที่ใช้เคี้ยว และอัตราส่วนของพลังงานการคินตัวแตกต่างกัน ($p > 0.05$) โดยจะเห็นได้ว่าระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ค่าความแข็งของเค้กแบ่งข้าวขาวดอกมะลิ 105 สอดไส้ครีมเสาวรสีเพิ่มขึ้นด้วย ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิแช่เย็น การเปลี่ยนแปลงทางด้านลักษณะเนื้อสัมผัส เป็นผลมาจากการสูญเสียความชื้นของเนื้อเค้กและการคินตัวของแบ่ง (Strach retrogradation) หรือการแพร่กระจายของน้ำภายในเนื้อเค้ก จึงส่งผลให้ความแข็งของเค้กเพิ่มขึ้น (Lee และ Lin, 2005; Lin และ Lee, 2008)

ตารางที่ 4.34 ลักษณะเนื้อสัมผัสของเค้กแบ่งข้าวขาวดอกมะลิ 105 สอดไส้ครีมเสาวรสที่สภาวะการเก็บรักษาที่อุณหภูมิแช่เย็น

ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)	ความแข็ง (กรัม)	การกลับคืนตัว	การรวมตัวกัน	ความเหนียว (กรัม)	แรงที่ใช้เคี้ยว (กรัม)	อัตราส่วนของพลังงานการคืนตัว
0	5120.98 ± 1703.83 ^b	0.66 ± 0.17 ^a	0.55 ± 0.08 ^c	2714.02 ± 601.04 ^a	1858.79 ± 794.73 ^a	0.16 ± 0.06 ^a
3	7395.12 ± 603.53 ^a	0.71 ± 0.02 ^a	0.42 ± 0.02 ^b	3131.79 ± 277.40 ^a	2226.45 ± 155.26 ^a	0.11 ± 0.01 ^a
6	8252.12 ± 980.39 ^a	0.71 ± 0.02 ^a	0.38 ± 0.04 ^{ab}	3174.94 ± 476.16 ^a	2263.39 ± 389.98 ^a	0.10 ± 0.01 ^a
9	9129.57 ± 1443.40 ^a	0.69 ± 0.03 ^a	0.39 ± 0.02 ^{ab}	3542.37 ± 734.28 ^a	2452.71 ± 605.92 ^a	0.11 ± 0.01 ^a
12	8333.94 ± 899.68 ^a	0.68 ± 0.03 ^a	0.33 ± 0.04 ^a	2792.13 ± 505.98 ^a	1897.07 ± 416.16 ^a	0.09 ± 0.02 ^a
15	8325.61 ± 609.60 ^a	0.68 ± 0.02 ^a	0.34 ± 0.03 ^a	2821.93 ± 116.39 ^a	1923.37 ± 119.37 ^a	0.09 ± 0.01 ^a

^{a,b,c} ตัวเลขที่มีอักษรกำกับแตกต่างกันจากแถวตั้งเดียวกันแตกต่างกัน ($p \leq 0.05$)

4.5.2.4 ปริมาณน้ำอิสระ (a_w)

เมื่อพิจารณาปริมาณน้ำอิสระ (a_w) ในผลิตภัณฑ์เค้กแบ่งข้าวขาวดอกมะลิ 105 สอดไส้ครีมเสาวรสที่สภาวะการเก็บรักษาที่อุณหภูมิแช่เย็นในระยะเวลาการเก็บรักษาเป็นเวลา 15 วัน (ตารางที่ 4.35) พบว่าระยะเวลาในการเก็บรักษาส่งผลให้ปริมาณน้ำอิสระของเนื้อเค้กและปริมาณน้ำอิสระของครีมเสาวรสแตกต่างกัน ($p \leq 0.05$) โดยจะเห็นได้ว่าระยะเวลาในการเก็บรักษาจะส่งผลให้ปริมาณน้ำอิสระของเนื้อเค้กมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้น และปริมาณน้ำอิสระของครีมเสาวรสมิแนวโน้มลดลง เนื่องจากปริมาณน้ำอิสระของเนื้อเค้กและครีมเสาวรสในวันแรก (0 วัน) มีความแตกต่างกัน ซึ่งปริมาณน้ำอิสระของครีมเสาวรส (a_w) มีค่ามากกว่าปริมาณน้ำอิสระของเนื้อเค้ก จึงก่อให้เกิดการถ่ายเทมวลของน้ำเพื่อให้ปริมาณน้ำภายในผลิตภัณฑ์อยู่ในสภาวะสมดุล

ตารางที่ 4.35 ปริมาณน้ำอิสระ (a_w) ของเนื้อเค้กแบ่งข้าวขาวดอกมะลิ 105 และครีมเสาวรสที่สภาวะการเก็บรักษาที่อุณหภูมิแช่เย็น

ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)	ปริมาณน้ำอิสระ (a_w)	
	เนื้อเค้ก	ครีมเสาวรส
0	0.933 ± 0.008^b	0.953 ± 0.005^a
3	0.945 ± 0.001^a	0.928 ± 0.008^b
6	0.949 ± 0.002^a	0.930 ± 0.006^b
9	0.952 ± 0.002^a	0.932 ± 0.006^b
12	0.952 ± 0.001^a	0.940 ± 0.008^b
15	0.947 ± 0.004^a	0.934 ± 0.006^b

^{a,b} ตัวเลขที่มีอักษรกำกับแตกต่างกันจากแถวตั้งเดียวกันแตกต่างกัน ($p \leq 0.05$)

4.5.2.5 ปริมาณจุลินทรีย์

(1) ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด

เมื่อพิจารณาปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดในผลิตภัณฑ์เค้กแบ่งข้าวขาวดอกมะลิ 105 สอดไส้ครีมเสาวรสที่สภาวะการเก็บรักษาที่อุณหภูมิแช่เย็นเป็นระยะเวลา 15 วัน แสดงดังตารางที่ 4.36 พบว่าระยะเวลาในการเก็บรักษาส่งผลให้ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น จะเห็นได้ว่าในระยะเวลาการเก็บรักษาเป็นเวลา 15 วัน ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดของเค้กแบ่งข้าวขาวดอกมะลิ 105 สอดไส้ครีมเสาวรสประมาณ 100-24,000 โคโลนีต่อกรัม ซึ่งข้อกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช.) ที่ 459/2555 ระบุว่าปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดในผลิตภัณฑ์เค้กต้อง

น้อยกว่า 1×10^6 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม นั้นแสดงว่าปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดของผลิตภัณฑ์เค้กแบ่งข้าวขาวดอกมะลิ 105 สอดไส้ครีมเสาวรสีที่เก็บรักษาเป็นเวลา 15 วัน ไม่เกินข้อกำหนดตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ดังนั้นผลิตภัณฑ์เค้กแบ่งข้าวขาวดอกมะลิ 105 สอดไส้ครีมเสาวรสีมีอายุการเก็บรักษา 15 วันที่สภาวะเก็บรักษาที่อุณหภูมิแช่เย็น

ตารางที่ 4.36 การวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดของเค้กแบ่งข้าวขาวดอกมะลิ 105 สอดไส้ครีมเสาวรสีที่สภาวะการเก็บรักษาที่อุณหภูมิแช่เย็น

ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)	ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (CFU/กรัม)
0	< 100
3	1.9×10^4
6	< 100
9	< 100
12	2.4×10^4
15	0.4×10^4

(2) ปริมาณยีสต์และรา

เมื่อพิจารณาปริมาณยีสต์และราในผลิตภัณฑ์เค้กแบ่งข้าวขาวดอกมะลิ 105 สอดไส้ครีมเสาวรสีที่สภาวะการเก็บรักษาที่อุณหภูมิแช่เย็น ในระยะเวลาการเก็บรักษาเป็นเวลา 15 วัน แสดงดังตารางที่ 4.37 พบว่า ระยะเวลาในการเก็บรักษาส่งผลให้ปริมาณยีสต์และรามีแนวโน้มเพิ่มขึ้น จะเห็นได้ว่าในระยะเวลาการเก็บรักษา 12 และ 15 วัน ปริมาณยีสต์และราของเค้กแบ่งข้าวขาวดอกมะลิ 105 สอดไส้ครีมเสาวรสีเท่ากับ 5.3×10^2 และ 4.7×10^3 โคโลนีต่อกรัม ตามลำดับ ซึ่งข้อกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช.) ที่ 459/2555 ระบุว่าปริมาณยีสต์และราในผลิตภัณฑ์เค้กต้องน้อยกว่า 100 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม นั้นแสดงว่าปริมาณยีสต์และราของผลิตภัณฑ์เค้กแบ่งข้าวขาวดอกมะลิ 105 สอดไส้ครีมเสาวรสีที่เก็บรักษาเป็นเวลา 12 และ 15 วัน เกินข้อกำหนดตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน เมื่อพิจารณาปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดและปริมาณยีสต์และราในผลิตภัณฑ์เค้กแบ่งข้าวขาวดอกมะลิ 105 สอดไส้ครีมเสาวรสี พบว่าปริมาณยีสต์และราของผลิตภัณฑ์เก็บรักษาเป็นเวลา 12 และ 15 วัน เกินข้อกำหนดตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน เมื่อพิจารณาปริมาณจุลินทรีย์ทั้งรวมกับปริมาณยีสต์และราของผลิตภัณฑ์เค้กแบ่งข้าวขาวดอกมะลิ 105 สอดไส้ครีมเสาวรสีที่สภาวะการเก็บรักษาที่อุณหภูมิแช่เย็น ในระยะเวลาการเก็บรักษาเป็นเวลา 15

วัน จะได้ว่าผลิตภัณฑ์เค้กแบ่งข้าวขาวดอกมะลิ 105 สอดไส้ครีมเสาวรสมียอายุการเก็บรักษาเพียง 9 วัน ดังนั้นผลิตภัณฑ์เค้กแบ่งข้าวขาวดอกมะลิ 105 สอดไส้ครีมเสาวรสจึงมีอายุการเก็บรักษาเพียง 9 วันที่สภาวะเก็บรักษาที่อุณหภูมิแช่เย็น

ตารางที่ 4.37 การวิเคราะห์ปริมาณยีสต์ ราของเค้กแบ่งข้าวขาวดอกมะลิ 105 สอดไส้ครีมเสาวรสที่สภาวะการเก็บรักษาที่อุณหภูมิแช่เย็น

ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)	ปริมาณยีสต์ รา (CFU/กรัม)
0	< 100
3	< 100
6	< 100
9	< 100
12	5.3×10^2
15	4.7×10^2

4.5.2.6 การทดสอบทางประสาทสัมผัสเชิงพรรณนา

จากการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสเชิงพรรณนาของผลิตภัณฑ์เค้กแบ่งข้าวขาวดอกมะลิ 105 สอดไส้ครีมเสาวรส ในระยะเวลาการเก็บรักษาเป็นเวลา 15 วัน ที่สภาวะการเก็บรักษาที่อุณหภูมิแช่เย็น แสดงดังตารางที่ 4.38 ทำให้ได้ลักษณะทางด้านประสาทสัมผัส ได้แก่ สีเหลืองของเนื้อเค้ก ความสม่ำเสมอของรูพรุน ความแน่นเนื้อ รสหวาน รสเปรี้ยว กลิ่นรสไข่ กลิ่นรสเสาวรส ความรู้สึกตกค้างด้านกลิ่นรสไข่ ความรู้สึกตกค้างด้านกลิ่นรสเสาวรส และความรู้สึกตกค้างด้านรสเปรี้ยว โดยจะเห็นได้ว่าผลิตภัณฑ์เค้กแบ่งข้าวขาวดอกมะลิ 105 สอดไส้ครีมเสาวรสที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 15 วัน มีคุณลักษณะในด้านสีเหลืองของเนื้อเค้ก ความสม่ำเสมอของรูพรุน ความแน่นเนื้อ รสหวาน กลิ่นรสไข่ ความรู้สึกตกค้างด้านกลิ่นรสไข่ไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$) แต่จะพบว่าระยะเวลาการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้นจะส่งผลให้ลักษณะด้านรสเปรี้ยว กลิ่นรสเสาวรส ความรู้สึกตกค้างด้านรสเปรี้ยว และความรู้สึกตกค้างด้านกลิ่นรสเสาวรสแตกต่างกัน ($p \leq 0.05$) โดยระยะเวลาการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้น จะทำให้คะแนนความเข้มในคุณลักษณะด้านรสเปรี้ยว กลิ่นรสเสาวรส ความรู้สึกตกค้างด้านรสเปรี้ยว และความรู้สึกตกค้างด้านกลิ่นรสเสาวรสมีนแนวโน้มลดลง ดังนั้นผลิตภัณฑ์เค้กแบ่งข้าวขาวดอกมะลิ 105 สอดไส้ครีมเสาวรสที่เก็บรักษาในสภาวะอุณหภูมิแช่เย็นเป็น

ระยะเวลา 15 วัน คุณลักษณะในด้านรสเปรี้ยว กลิ่นรสเสาวรส ความรู้สึกตกค้างด้านรสเปรี้ยว และ ความรู้สึกตกค้างด้านกลิ่นรสเสาวรสน้อยลง

ตารางที่ 4.38 คะแนนความเข้มทางด้านประสาทสัมผัสของเค้กแบ่งข้าวขาวดอกมะลิ 105 สอดไส้ครีมเสาวรสที่สภาวะการเก็บรักษาที่อุณหภูมิเย็น

คุณลักษณะ	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)			
	0	3	6	9
สีเหลืองของเนื้อเค้ก	6.59 ± 0.67 ^a	6.21 ± 0.90 ^a	6.99 ± 0.37 ^a	6.93 ± 0.65 ^a
ความสม่ำเสมอของรูพรุน	8.16 ± 1.15 ^a	8.39 ± 0.32 ^a	8.50 ± 0.33 ^a	8.70 ± 0.51 ^a
ความแน่นเนื้อ	6.93 ± 0.59 ^a	6.20 ± 0.70 ^a	6.48 ± 0.37 ^a	6.68 ± 0.52 ^a
รสหวาน	6.89 ± 0.64 ^a	7.45 ± 0.28 ^a	7.34 ± 0.58 ^a	7.18 ± 0.29 ^a
รสเปรี้ยว	6.04 ± 1.39 ^a	4.98 ± 0.84 ^b	5.11 ± 1.04 ^b	3.79 ± 0.93 ^c
กลิ่นรสไข่	5.96 ± 0.56 ^a	5.52 ± 0.17 ^a	5.80 ± 0.21 ^a	5.59 ± 0.31 ^a
กลิ่นรสเสาวรส	5.00 ± 1.01 ^a	4.09 ± 0.38 ^b	4.11 ± 0.91 ^b	3.13 ± 0.94 ^b
ความตกค้างด้านรสเปรี้ยว	3.52 ± 0.85 ^a	3.36 ± 0.90 ^a	2.97 ± 0.80 ^a	1.83 ± 0.63 ^b
ความตกค้างด้านกลิ่นรสไข่	3.48 ± 0.35 ^a	3.89 ± 0.52 ^a	3.63 ± 0.40 ^a	3.17 ± 0.34 ^a
ความตกค้างด้านกลิ่นรสเสาวรส	2.74 ± 0.51 ^a	2.50 ± 0.43 ^a	2.15 ± 0.73 ^{ab}	1.72 ± 0.66 ^b

^{a,b,c} ตัวเลขที่มีอักษรกำกับแตกต่างกันจากแถวบนเดียวกันแตกต่างกัน ($p \leq 0.05$)

4.6 ศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์เค้กแบ่งข้าวขาวดอกมะลิ 105 สอดไส้ครีมเสาวรส

เมื่อนำผลิตภัณฑ์เค้กแบ่งข้าวขาวดอกมะลิ 105 สอดไส้ครีมเสาวรสมาทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคจำนวน 100 คน ผลการทดสอบแสดงดังตารางที่ 4.39 ถึง 4.44 เมื่อพิจารณาข้อมูลลักษณะทางประชากรศาสตร์ (ตารางที่ 4.39) พบว่าผู้บริโภคที่เข้าร่วมทดสอบเป็นเพศหญิง ร้อยละ 73 และเพศชาย ร้อยละ 27 ผู้บริโภคส่วนใหญ่มีอายุอยู่ในช่วง 21-25 ปี คิดเป็นร้อยละ 49 รองลงมาคืออายุต่ำกว่า 20 ปี ร้อยละ 38 อายุระหว่าง 26-35 ปี ร้อยละ 11 ตามลำดับ สำหรับระดับการศึกษาของผู้บริโภคที่เข้าร่วมทดสอบ พบว่าผู้บริโภคส่วนใหญ่มีการศึกษาอยู่ในระดับปริญญาตรี ร้อยละ 79 รองลงมาคือการศึกษาในระดับปริญญาโท ร้อยละ 17 การศึกษาระดับปริญญาเอก ร้อยละ 2 ตามลำดับ อาชีพส่วนใหญ่ของผู้บริโภคส่วนใหญ่ คือนักเรียนและนักศึกษา ร้อยละ 88 รองลงมาคือ

พนักงานบริษัท ร้อยละ 9 และรายได้ต่อเดือนของผู้บริโภคส่วนใหญ่ คือ 5,000-10,000 บาทต่อเดือน ร้อยละ 89 รองลงมา คือ รายได้ต่อเดือนต่ำกว่า 5,000 บาท และ 10,001-15,000 บาทต่อเดือน จำนวนร้อยละ 2 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.39 ลักษณะทางประชากรศาสตร์ของผู้บริโภคที่เข้าร่วมการทดสอบการยอมรับผลิตภัณฑ์ เค้กแบ่งข้าวขาวดอกมะลิ 105 สอดไส้ครีมเสาวรส

ลักษณะทางประชากรศาสตร์	จำนวนคน (ร้อยละ)
เพศ	
ชาย	27
หญิง	73
อายุ	
ต่ำกว่า 20 ปี	38
21 – 25 ปี	49
26 – 35 ปี	11
36 – 40 ปี	2
ระดับการศึกษา	
อนุปริญญา	2
ปริญญาตรี	79
ปริญญาโท	17
ปริญญาเอก	2
อาชีพ	
นักเรียน/นักศึกษา	88
ข้าราชการ/รัฐวิสาหกิจ	2
พนักงานบริษัท	9
ธุรกิจส่วนตัว	1

**ตารางที่ 4.39 (ต่อ) ลักษณะทางประชากรศาสตร์ของผู้บริโภคที่เข้าร่วมการทดสอบการยอมรับ
ผลิตภัณฑ์เค้กแบ่งข้าวขาวดอกมะลิ 105 สอดไส้ครีมเสาวรส**

ลักษณะทางประชากรศาสตร์	จำนวนคน (ร้อยละ)
รายได้ต่อเดือน	
ต่ำกว่า 5,000 บาท	16
5,001 – 10,000 บาท	54
10,001 – 15,000 บาท	16
15,001 – 20,000 บาท	8
20,001 – 25,000 บาท	2
25,001 – 30,000 บาท	3
30,001 บาทขึ้นไป	1

จากการพิจารณาข้อมูลด้านพฤติกรรมการบริโภคผลิตภัณฑ์ขนมเค้กของผู้บริโภคพบว่า สถานที่ที่ผู้บริโภคส่วนใหญ่ซื้อผลิตภัณฑ์เค้ก คือ ร้านเบเกอรี่ ร้อยละ 60 รองลงมาคือร้านสะดวกซื้อ ร้อยละ 34 ความถี่ในการบริโภคผลิตภัณฑ์เค้กของผู้บริโภคส่วนใหญ่ คือ 1-2 ครั้งต่อสัปดาห์ ร้อยละ 16 รองลงมาคือ 3-4 ครั้งต่อสัปดาห์ เครื่องดื่มที่ผู้บริโภคส่วนใหญ่เลือกรับประทานคู่กับผลิตภัณฑ์เค้ก คือ นม ร้อยละ 49 รองลงมาคือชา ร้อยละ 21 และเหตุผลที่ผู้บริโภคส่วนใหญ่เลือกซื้อผลิตภัณฑ์เค้ก คือ รสชาติ ร้อยละ 93 รองลงมาคือบรรจุภัณฑ์ ร้อยละ 5 และยี่ห้อ ร้อยละ 1 ตามลำดับ จากข้อมูลด้านพฤติกรรมการบริโภคผลิตภัณฑ์ขนมเค้กทำให้ทราบว่าคุณภาพด้านรสชาติของผลิตภัณฑ์เค้กเป็นปัจจัยสำคัญที่ผู้บริโภคเลือกซื้อ รวมทั้งลักษณะบรรจุภัณฑ์ที่สวยงาม และความสะอาดจะเป็นสิ่งที่ช่วยดึงดูดให้ผู้บริโภคตัดสินใจเลือกซื้อผลิตภัณฑ์อีกด้วย

ตารางที่ 4.40 ข้อมูลด้านพฤติกรรมผู้บริโภคผลิตภัณฑ์เค้กของผู้บริโภคที่เข้าร่วมทดสอบผลิตภัณฑ์
เค้กแบ่งขาวชาดอกมะลิ 105 สอดไส้ครีมเสาวรส

พฤติกรรมผู้บริโภค	จำนวนคน (ร้อยละ)
สถานที่ที่ซื้อผลิตภัณฑ์เค้ก	
ซูเปอร์มาร์เกต	5
ร้านสะดวกซื้อ	34
ร้านเบเกอรี่	60
ตลาด	1
ความถี่ในการบริโภคผลิตภัณฑ์เค้ก	
1 - 2 ครั้งต่อสัปดาห์	64
3 - 4 ครั้งต่อสัปดาห์	16
มากกว่า 4 ครั้งต่อสัปดาห์	4
1 เดือนต่อครั้ง	16
เครื่องดื่มที่รับประทานคู่กับผลิตภัณฑ์เค้ก	
ชา	21
กาแฟ	19
นม	45
น้ำผลไม้	9
เครื่องดื่มอื่นๆ เช่น เครื่องดื่มช็อกโกแลต	6
เหตุผลสำคัญที่เลือกซื้อผลิตภัณฑ์เค้ก	
รสชาติ	93
บรรจุภัณฑ์	5
ยี่ห้อ	1
ราคา	1

เมื่อพิจารณาคะแนนความชอบเฉลี่ยของผลิตภัณฑ์เค้กแบ่งขาวชาดอกมะลิ 105 สอดไส้ครีมเสาวรสในด้านลักษณะปรากฏ สี ลักษณะเนื้อสัมผัส กลิ่นรส รสชาติ และความชอบโดยรวม แสดงดังตารางที่ 4.41 พบว่าคะแนนชอบเฉลี่ยด้านลักษณะปรากฏเท่ากับ 6.69 คะแนนชอบเฉลี่ยด้านสีเท่ากับ 7.19 คะแนนชอบเฉลี่ยด้านลักษณะเนื้อสัมผัสเท่ากับ 6.90 คะแนนชอบเฉลี่ยด้านกลิ่นรสเท่ากับ 6.62 คะแนนชอบเฉลี่ยด้านรสชาติเท่ากับ 6.69 และคะแนนชอบเฉลี่ยด้านความชอบ

โดยรวมเท่ากับ 6.69 แสดงให้เห็นว่าผู้บริโภคที่เข้าร่วมทดสอบให้คะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏ ลักษณะเนื้อสัมผัส กลิ่นรส รสชาติ และความชอบโดยรวมอยู่ในเกณฑ์ชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง แต่คะแนนความชอบด้านสีอยู่ในเกณฑ์ชอบปานกลางถึงชอบมาก

ตารางที่ 4.41 คะแนนเฉลี่ยความชอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์เค้กแบ่งข้าวขาวดอกมะลิ 105 สอดไส้ครีมเสาวรส

ลักษณะทางประสาทสัมผัส	คะแนนความชอบเฉลี่ย
ลักษณะปรากฏ	6.69 ± 1.10
สี	7.19 ± 1.00
เนื้อสัมผัส	6.90 ± 1.28
กลิ่นรส	6.62 ± 1.59
รสชาติ	6.69 ± 1.69
ความชอบโดยรวม	6.87 ± 1.28

สำหรับการทดสอบการยอมรับและการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์ของผู้บริโภคต่อเค้กแบ่งข้าวขาวมะลิ 105 สอดไส้ครีมเสาวรส จะทดสอบโดยวิธีแมคนีมาร์ โดยจะศึกษาการยอมรับและการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์ของผู้บริโภคก่อนและหลังการให้ข้อมูลเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ ข้อมูลที่ผู้บริโภคจะได้รับทราบมีดังนี้

“ผลิตภัณฑ์เค้กแบ่งข้าวขาวดอกมะลิ 105 สอดไส้ครีมเสาวรสที่ทดสอบไปแล้วนั้น เป็นผลิตภัณฑ์เค้กที่ผลิตจากแบ่งข้าวขาวดอกมะลิ 105 ทั้งชิ้น หอมอร่อยเต็มคำ ซึ่งข้าวขาวดอกมะลิ 105 เป็นธัญพืชที่ปราศจากกลูเตน จึงเหมาะสำหรับผู้ป่วยที่แพ้กลูเตน เนื่องจากผู้ป่วยโรคนี้ไม่สามารถรับประทานอาหารที่มีส่วนผสมจากข้าวสาลี ข้าวบาร์เลย์และข้าวไรซ์ได้ ไม่เพียงแต่เหมาะสมสำหรับผู้บริโภคที่แพ้กลูเตนเท่านั้น ผู้บริโภคที่ใส่ใจสุขภาพสามารถรับประทานผลิตภัณฑ์นี้ได้ นอกจากนี้ผลิตภัณฑ์มีส่วนประกอบของครีมเสาวรสที่มีเนื้อสัมผัสเนียนนุ่มและมีกลิ่นหอมหวาน ซึ่งเสาวรสเป็นผลไม้ที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูงและมีประโยชน์ต่อร่างกาย เช่น วิตามินเอ วิตามินซี เบต้าแคโรทีน โพแทสเซียม และสารต้านอนุมูลอิสระ พร้อมทั้งบรรจุในบรรจุภัณฑ์ที่ทันสมัย พกพาง่าย และสะดวกต่อการรับประทานอีกด้วย”



รูปที่ 4.9 บรรจุภัณฑ์ของเค้กแบ่งข้าวขาวดอกมะลิ 105 สอดไส้ครีมเสาวรส

จากการพิจารณาการยอมรับผลิตภัณฑ์เค้กแบ่งข้าวขาวดอกมะลิ 105 สอดไส้ครีมเสาวรสของผู้บริโภคก่อนและหลังรับทราบข้อมูลเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ (ตารางที่ 4.42) พบว่าก่อนการรับทราบข้อมูลเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ ผู้บริโภคให้การยอมรับผลิตภัณฑ์เค้กแบ่งข้าวขาวดอกมะลิ 105 สอดไส้ครีมเสาวรสจำนวนร้อยละ 89 ในขณะที่ผู้บริภกร้อยละ 11 ไม่ยอมรับผลิตภัณฑ์ เมื่อผู้บริโภคได้รับทราบข้อมูลเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์แล้ว พบว่าผู้บริโภคให้การยอมรับผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้นจากร้อยละ 89 เป็นร้อยละ 99 แต่ผู้บริภกร้อยละ 1 ไม่ยอมรับผลิตภัณฑ์ อาจเกิดจากผู้บริโภคบางท่านไม่ชอบรับประทานผลิตภัณฑ์ที่ทำจากเสาวรส แม้ว่าจะเสาวรสจะมีคุณค่าทางโภชนาการสูงและมีประโยชน์ต่อร่างกายก็ตาม

ตารางที่ 4.42 การยอมรับผลิตภัณฑ์เค้กแบ่งข้าวขาวดอกมะลิ 105 สอดไส้ครีมเสาวรสของผู้บริโภค ก่อนและหลังได้รับทราบข้อมูลเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์

การให้ข้อมูลเกี่ยวกับ ผลิตภัณฑ์	จำนวนผู้บริโภค (ร้อยละ)	
	ยอมรับ ^{ns}	ไม่ยอมรับ ^{ns}
ก่อนทราบข้อมูล	89	11
หลังทราบข้อมูล	99	1

^{ns} ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

ตารางที่ 4.43 การตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์เค้กแบ่งข้าวขาวดอกมะลิ 105 สอดไส้ครีมเสาวรสของผู้บริโภคก่อนและหลังได้รับทราบข้อมูลเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์

การให้ข้อมูลเกี่ยวกับ ผลิตภัณฑ์	จำนวนผู้บริโภค (ร้อยละ)	
	ซื้อ	ไม่ซื้อ
ก่อนทราบข้อมูล	64 ^b	36 ^a
หลังทราบข้อมูล	85 ^a	15 ^b

^{a,b} ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันจากแถวแนวตั้งอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

เมื่อพิจารณาการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์เค้กแบ่งข้าวขาวดอกมะลิ 105 สอดไส้ครีมเสาวรสก่อนและหลังได้รับทราบข้อมูลเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ (ตารางที่ 4.43) พบว่าก่อนการรับทราบข้อมูลเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ ผู้บริโภคตัดสินใจผลิตภัณฑ์เค้กแบ่งข้าวขาวดอกมะลิ 105 สอดไส้ครีมเสาวรสจำนวนร้อยละ 64 แต่เมื่อผู้บริโภคได้รับทราบข้อมูลเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์แล้ว พบว่าจำนวนผู้บริโภคที่ตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์นั้นเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) จากร้อยละ 64 เป็นร้อยละ 85 ดังนั้นสามารถกล่าวได้ว่าข้อมูลเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์เค้กแบ่งข้าวขาวดอกมะลิ 105 สอดไส้ครีมเสาวรส

ตารางที่ 4.44 ความคิดเห็นของผู้บริโภคที่มีต่อราคาของผลิตภัณฑ์เค้กแบ่งข้าวขาวดอกมะลิ 105 สอดไส้ครีมเสาวรส

ความคิดเห็นของผู้บริโภค	จำนวนคน (ร้อยละ)
ราคาดีน้อยกว่าคุณภาพ	6
ราคาเหมาะสมกว่าคุณภาพ	70
ราคาสูงกว่าคุณภาพ	24

จากกาพิจารณาความคิดเห็นของผู้บริโภคที่มีต่อความเหมาะสมของราคาของผลิตภัณฑ์เค้กแบ่งข้าวขาวดอกมะลิ 105 สอดไส้ครีมเสาวรสที่กำหนดราคาขาย 89 บาท (จำนวน 8 ชิ้น) (ตารางที่ 4.44) พบว่าผู้บริโภคจำนวนร้อยละ 70 มีความคิดเห็นว่าราคาเหมาะสมกับคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ในขณะที่ผู้บริโภคจำนวนร้อยละ 6 คิดว่าราคาต่ำกว่าคุณภาพของผลิตภัณฑ์ และผู้บริโภคจำนวนร้อยละ 24 คิดเห็นว่าราคาสูงกว่าคุณภาพของผลิตภัณฑ์ เมื่อพิจารณาข้อมูลลักษณะทางประชากรศาสตร์ คะแนนความชอบของผลิตภัณฑ์ การยอมรับและการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์ และ

ความเหมาะสมของราคาผลิตภัณฑ์สามารถกล่าวได้ว่า หากผลิตภัณฑ์เค้กแบ่งข้าวขาวดอกมะลิ 105 สอดไส้ครีมเสาวรสวางจำหน่ายที่ราคา 89 บาท จำนวน 8 ชิ้น ผู้บริโภคจะให้การยอมรับผลิตภัณฑ์เค้กแบ่งข้าวขาวดอกมะลิ 105 สอดไส้ครีมเสาวรส



บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 บทสรุป

5.1.1 ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดกัมจากเมล็ดแมงลัก

จากการศึกษาอุณหภูมิที่ใช้ในการสกัดและอัตราส่วนของน้ำต่อเมล็ดต่อสมบัติทางกายภาพและทางเคมี พบว่าอุณหภูมิที่ใช้ในการสกัดที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้ปริมาณร้อยละผลผลิตความหนืดปรากฏ และปริมาณโปรตีนลดลง สำหรับอัตราส่วนของน้ำต่อเมล็ดที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้ความหนืดปรากฏและปริมาณโปรตีนลดลง แต่ความสามารถในการอุ้มน้ำเพิ่ม จากการการศึกษาแผนภาพพื้นที่ผิวตอบสนองของสมบัติทางกายภาพและเคมี เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดกัมจากเมล็ดแมงลัก พบว่า สภาวะที่เหมาะสมในการสกัดกัมจากเมล็ดแมงลัก คือ อุณหภูมิที่ใช้ในการสกัดเท่ากับ 71.5 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนของน้ำต่อเมล็ดเท่ากับ 59:1

5.1.2 ศึกษาสมบัติของกัมจากเมล็ดแมงลัก

5.1.2.1 ความหนืดของการแปรระดับของกัมจากเมล็ดแมงลักที่

จากการศึกษาความหนืดปรากฏของสารละลายกัมจากเมล็ดแมงลักที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร พบว่าสารละลายกัมจากเมล็ดแมงลักแสดงพฤติกรรมการไหลแบบซูโพลาสติก (Pseudoplastic) และเมื่อเปรียบเทียบที่ระดับอัตราเฉือนคงที่ สารละลายกัมจากเมล็ดแมงลักที่ความเข้มข้นร้อยละ 2.0 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร มีความหนืดปรากฏเท่ากับ 43.36 Pa.s ซึ่งมีความหนืดมากที่สุด

5.1.2.2 เปรียบเทียบสมบัติของกัมเมล็ดแมงลักกับกัมทางการค้า

จากการศึกษาความหนืดปรากฏของสารละลายกัมแต่ละชนิดที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.5 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร พบว่าสารละลายกัมทางการค้าและกัมจากเมล็ดแมงลักแสดงพฤติกรรมการไหลแบบซูโพลาสติก (Pseudoplastic) และเมื่อความเข้มข้นของสารละลายกัมเพิ่มขึ้น กวักกัมและกัมจากเมล็ดแมงลักจะมีความหนืดปรากฏเพิ่มขึ้น

5.1.3 ศึกษาปริมาณที่เหมาะสมของกัมจากเมล็ดแมงลักในผลิตภัณฑ์เค้กแบ่งขาว

ขาวดอกมะลิ 105

จากการศึกษาการเติมกัมจากเมล็ดแมงลักที่ระดับร้อยละ 0.0, 0.5, 1.0 และ 2.0 โดยน้ำหนักของแบ่งขาวขาวดอกมะลิ 105 พบว่าการเติมกัมจากเมล็ดแมงลักส่งผลที่เพิ่มขึ้นจะส่งผลให้ความหนืดของเบตเตอร์เค้กเพิ่มขึ้น ความถ่วงจำเพาะของเบตเตอร์เค้กลดลง ปริมาตรจำเพาะของเค้กลดลง ค่าสีของเนื้อเค้กมีสีคล้ำขึ้น ด้านเนื้อสัมผัสทำให้เค้กแบ่งขาวขาวดอกมะลิ 105 มีลักษณะ

นุ่มมากขึ้น โดยปริมาณของกัมจากเมล็ดแมงลักที่ระดับร้อยละ 0.5 โดยน้ำหนักของแป้งข้าวขาวดอกมะลิ 105 ทำให้คุณภาพของผลิตภัณฑ์เค้กแป้งข้าวขาวดอกมะลิ 105 มีคุณลักษณะที่ดีและตรงตามความต้องการของผู้บริโภค ซึ่งคะแนนความชอบโดยรวมอยู่ในช่วงชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง และคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่มีอิทธิพลต่อความชอบของผู้บริโภค คือ ความสว่างของเนื้อเค้กแป้งข้าวขาวดอกมะลิ 105

5.1.4 ศึกษาปริมาณที่เหมาะสมของน้ำเสาวรสในครีมเสาวรส

จากการศึกษาความเข้มข้นของน้ำเสาวรสและอัตราส่วนของนมต่อน้ำเสาวรส พบว่าความเข้มข้นของน้ำเสาวรสและอัตราส่วนของนมต่อน้ำเสาวรสส่งผลให้ความสว่างของครีมเสาวรสลดลง แต่ค่าสีเหลืองครีมเสาวรสนั้นเพิ่มขึ้น โดยที่ผลิตภัณฑ์ครีมเสาวรสที่ใช้น้ำเสาวรสความเข้มข้นร้อยละ 75 และอัตราส่วนของนมต่อน้ำเสาวรส 50:50 เป็นสูตรที่เหมาะสมและตรงตามความต้องการของผู้บริโภค ซึ่งคะแนนความชอบโดยรวมอยู่ในช่วงชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง

5.1.5 ศึกษาอายุการเก็บรักษาสลัดครีมเค้กแป้งข้าวขาวดอกมะลิ 105 สดใสครีมเสาวรสที่พัฒนาได้

จากการศึกษาเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นระยะเวลา 3 วัน พบว่าผลิตภัณฑ์เค้กแป้งข้าวขาวดอกมะลิ 105 สดใสครีมเสาวรสมีค่าสีของเนื้อเค้กและครีมเสาวรสและความแข็งลดลง ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และราเกินมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช.) 459/2555 จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 9 คน พบว่าคะแนนความเข้มของลักษณะด้านรสเปรี้ยว กลิ่นรสเสาวรสลดลง ดังนั้นอายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องสามารถเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 1 วัน สำหรับการศึกษาเก็บรักษาที่อุณหภูมิแช่เย็นเป็นระยะเวลา 15 วัน พบว่าผลิตภัณฑ์เค้กแป้งข้าวขาวดอกมะลิ 105 สดใสครีมเสาวรสมีความแข็งเพิ่มขึ้น ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และราไม่เกินมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช.) 459/2555 จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 9 คน พบว่าคะแนนความเข้มของลักษณะด้านรสเปรี้ยว กลิ่นรสเสาวรส ความรู้สึกตกค้างด้านรสเปรี้ยวและกลิ่นรสเสาวรสลดลง ดังนั้นอายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิแช่เย็นสามารถเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 9 วัน

5.1.6 ศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์เค้กแป้งข้าวขาวดอกมะลิ 105 สดใสครีมเสาวรส

การทดสอบการยอมรับและการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์เค้กแป้งข้าวขาวดอกมะลิ 105 สดใสครีมเสาวรส พบว่าผู้บริโภคส่วนใหญ่เป็นนักศึกษา มีรายได้ 5,000 -10,000 บาทต่อเดือน ชอบรับประทานผลิตภัณฑ์เค้กจากร้านเบเกอรี่ โดยรับประทานเค้ก 1-2 ครั้งต่อสัปดาห์ ปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกซื้อคือ รสชาติ จากการวิเคราะห์การยอมรับและการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์เค้กแป้งข้าว

ชาวดอกมะลิ 105 สอดไส้ครีมเสาวรสก่อนและหลังรับทราบข้อมูลเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ พบว่า ข้อมูลเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ส่งผลให้ผู้บริโภคยอมรับและตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์เค้กแบ่งข้าวชาวดอกมะลิ 105 สอดไส้ครีมเสาวรส

5.2 ข้อเสนอแนะ

จากการวิจัยพบว่ากัมจากเมล็ดแมงลักที่สกัดได้เป็นกัมอย่างหยาบ (crude gum) มีลักษณะสีที่ค่อนข้างคล้ำหรือสีน้ำตาลปนดำ จึงควรปรับปรุงวิธีการสกัดให้กัมจากเมล็ดแมงลักบริสุทธิ์มากขึ้นและผ่านกระบวนการฟอกสี เพื่อให้ได้กัมที่มีสีขาวมากขึ้นให้เหมาะกับการประยุกต์ใช้บนผลิตภัณฑ์อาหาร นอกจากนี้ผลิตภัณฑ์เค้กแบ่งข้าวชาวดอกมะลิ 105 สอดไส้ครีมเสาวรสควรวิจัยการยืดอายุการเก็บรักษาและศึกษาอายุการเก็บรักษาแบบสภาวะเร่งเพื่อค้นหาลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่เปลี่ยนแปลงไปในระหว่างการเก็บรักษา

รายการอ้างอิง

- กระทรวงพาณิชย์. 2540. มาตรฐานข้าวไทย ประกาศกระทรวงพาณิชย์ เรื่อง มาตรฐานสินค้าข้าว พ.ศ.2540 ประกาศในราชกิจจานุเบกษา เล่ม 114 ตอนที่ 31 ง. อ้างใน อรอนงค์ นัยวิกุล. 2547. ข้าว: วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม. ม.ป.ป. ผลิตภัณฑ์แปรรูปข้าวที่สำคัญในปัจจุบัน [ออนไลน์]. แหล่งที่มา : <http://www.dip.go.th/Portals/0/cluster/ผลิตภัณฑ์แปรรูปข้าวที่สำคัญในปัจจุบัน.pdf>. เข้าถึงเมื่อ 16 กุมภาพันธ์ 2558.
- กมลทิพย์ สัจจานันตกุล และ มาลี ชิมศรีสกุล. 2546. ผลการใช้ผงเมือกแมงลักเป็นสารเพิ่มความเหนียวในผลิตภัณฑ์ขนมปังไส้กล้วย. การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 4: สาขาอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 268-276.
- กัลยา วานิชย์บัญชา. 2550. การวิเคราะห์ข้อมูลหลายตัวแปร. คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพมหานคร: นครธรรม จำกัด. 589 น.
- คณาจารย์ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 2555. การพัฒนาผลิตภัณฑ์ในอุตสาหกรรมเกษตร. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
- งามชื่น คงเสรี. 2547. คุณภาพและการตรวจสอบข้าวหอมมะลิไทย. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: บริษัท จีรวัฒน์เอ็กซ์เพรส จำกัด
- ธนะชัย พันธุ์เกษมสุข. 2553. เกษตร มข. แนววิธีบ่มเสาวรสเพิ่มราคา [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://www.prcmu.cmu.ac.th/perin_detail.php?perin_id=97. เข้าถึงเมื่อ 16 กุมภาพันธ์ 2558.
- ธารนที กฤตบุญญาลัย. 2555. Cake it yourself. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์ อินเทอร์เน็ตเนชั่นแนล วินเทจ.
- ปิยนุสรณ์ น้อยด้วง และ เนตรนภา วิเลปะนะ. 2550. การใช้ผงเมือกจากเมล็ดแมงลักเป็นสารให้ความคงตัวในผลิตภัณฑ์น้ำจิ้มไก่. วารสารเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยสยาม 3(1): 22-29
- ผาณิต รุจิรพิสิฐ วิชชุดา สังข์แก้ว และ เสาวนีย์ เอี้ยวสกุลรัตน์. 2555. คุณค่าทางโภชนาการของ ข้าว 9 สายพันธุ์. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 43(2): 173-176.

พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และ นิธิยา รัตนานนท์. ม.ป.ป. Hydrocolloid / ไฮโดรคอลลอยด์ [ออนไลน์]. แหล่งที่มา:

<http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/375/hydrocolloid-ไฮโดรคอลลอยด์>. เข้าถึงเมื่อ 16 กุมภาพันธ์ 2558.

พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และ นิธิยา รัตนานนท์. 2560. Gluten / กลูเตน [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: <http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/0351/gluten-กลูเตน>. เข้าถึงเมื่อ 19 พฤษภาคม 2560.

ละอองดาว ว่องเอกลักษณ์ และกุลยา ลีรุ่งเรืองรัตน์. 2545. การใช้มิวซิเลจแห้งจากเมล็ดแมงลักเป็นสารช่วยให้คงตัวในผลิตภัณฑ์ซอสพริกและมายองเนส. วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา 7(1): 17-24.

วิฑูรย์ เลี่ยนจำรูญ และ นิรมล ยวนบุญย์. 2545. หอมกลิ่นข้าวมะลิหอม. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วิภา สโรจนเมธากุล. 2556. โรคแพ้กลูเตน (Coeliac disease) & ความสำคัญของอาหารปราศจากกลูเตนอาหาร FOOD JOURNAL สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 43(3): 16-21.

สำนักงานส่งเสริมการค้าระหว่างประเทศ ณ นครแวนคูเวอร์. 2556. กระแสนิยมอาหาร Gluten-Free ในแคนาดาและโอกาสในการส่งออกผลิตภัณฑ์จากข้าวของไทย [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://www.ditp.go.th/contents_attach/78908/78908.pdf. เข้าถึงเมื่อ 13 กุมภาพันธ์ 2558.

สำนักงานส่งเสริมการค้าระหว่างประเทศ นครลอสแอนเจลิส. 2559. กฎระเบียบและตลาดสินค้าอาหารปลอดกลูเตนในสหรัฐฯ [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://www.thaitradeusa.com/home/wp-content/uploads/2016/02/Gluten-Free_Market_Regulation_TTCLA_Feb2016.pdf. เข้าถึงเมื่อ 19 พฤษภาคม 2560.

สิริกร หนูสิงห์. 2558. สมบัติเคมีกายภาพของกัมจากเมล็ดมะขาม และการใช้ปรับปรุงเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นปลา. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์. ปทุมธานี. 107 น.

สิริมาศ อุษาสีต. 2548. การพัฒนาอาหารขบเคี้ยวจากข้าวขาวดอกมะลิ 105 มั่นเทศ และปลาป่น โดยกระบวนการเอกซ์ทราซัน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต. ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

- สุธินี คำเพ็ง จอมใจ ไพรพัฒนา และ เกษม นันทชัย. 2555. การสกัดและคุณสมบัติของสารเมือกเมล็ดแมงลัก. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 43(3): 372-375.
- อรอนงค์ นัยวิกุล. 2547. ข้าว: วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- อังศุธรย์ วสุสันท์ ภคินี อัครเวสสะพงศ์ สุนันทา วงศ์ปิยชน ปราณี มณีนิล และ ผกามาศ วงศ์เตย. 2557. การวิเคราะห์ปริมาณสารกรดเพอรูลิกในรำข้าวและข้าวกล้องของพันธุ์ข้าวไทย. ใน การประชุมวิชาการข้าวแห่งชาติ ครั้งที่ 3 ประจำปี 2557. หน้า 97-101. โรงแรมมิราเคิลแกรนด์ คอนเวนชั่น. กรุงเทพมหานคร.
- อุทัยวรรณ ทองทั้งวงศ์ และ สุนทรี สุวรรณสิขณณ์. 2553. ผลของการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวสาลีต่อคุณภาพของบัตเตอร์เค้ก. การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 48: สาขาอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 195-202.
- AACC. 2000. Approved methods of the American Association of Cereal Chemists, 10th Ed. St. Paul, MN, U.S.A.
- Amid, B.T. and Mirhosseini, H. 2012. Optimisation of aqueous extraction of gum from durian (*Durio zibethinus*) seed: A potential, low cost source of hydrocolloid. Food Chemistry 132: 1258–1268.
- Anton, A.A. and Artfield, S.D. 2008. Hydrocolloids in gluten-free bread: A review. International Journal of Food Sciences and Nutrition 59(1): 11-23.
- AOAC. 1995. Official method of analysis. 16th ed. Washington D.C. : Association of Official Chemists.
- Ashwini, A., Jyotsna, R. and Indrani, D. 2009. Effect of hydrocolloids and emulsifiers on the rheological, microstructural and quality characteristics of eggless cake. Food Hydrocolloids 23: 700–707.
- Ava Duering. 2014. Gluten-Free – What’s it all About?. [Online]: Available from: [http://www1.agric.gov.ab.ca/\\$department/deptdocs.nsf/all/sis15109/\\$file/ava_glutenfree_dec17_2014.pdf?OpenElement](http://www1.agric.gov.ab.ca/$department/deptdocs.nsf/all/sis15109/$file/ava_glutenfree_dec17_2014.pdf?OpenElement). Accessed June 10, 2017.
- BahramParvar, M., Razavi, S.M.A. and Tehrani, M.M. 2012. Optimising the ice cream formulation using basil seed gum (*Ocimum basilicum L.*) as a novel stabiliser to deliver improved processing quality. International Journal of Food Science and Technology 47: 2655–2661.

- Cai, W., Gu, X. and Tang, J. 2008. Extraction, purification, and characterization of the polysaccharides from *Opuntia milpa alta*. Carbohydrate Polymers 71: 403–410.
- Chaiwanichsiria, S., Poonnakasem, N. and Laohasongkram, K. 2011. Process development of ready-to-eat custard cream filled Chinese steamed bun. Procedia Food Science 1: 822-828.
- Dakia, P.A., Bleckerb, C., Roberta, C., Watheleta, B. and Paquot, M. 2008. Composition and physicochemical properties of locust bean gum extracted from whole seeds by acid or water dehulling pre-treatment. Food Hydrocolloids 22: 807–818.
- Fernandes A.G, dos Santos G.M, da Silva D.S, de Sousa P.H.M, Maia G.A, de Figueiredo R.W. 2011. Chemical and physicochemical characteristics changes during passion fruit juice processing. Ciência e Tecnologia de Alimentos 31(3):747-51.
- Gallaghera, E., Gormleya, T.R. and Arendtb, E.K. 2004. Recent advances in the formulation of gluten-free cereal-based products. Trends in Food Science and Technology 15: 143–152.
- Go´ Mez, M., Ronda, F., Caballero, P. A., Blanco, C. A., and Rosell, C.M. 2007. Functionality of different hydrocolloids on the quality and shelf-life of yellow layer cakes. Journal of Food Hydrocolloids 21: 167–173.
- Hosseini-Parvar, S.H., Matia-Merino, L., Goh, K.K.T., Razavi, S.M.A. and Mortazavi, S.A. 2010. Steady shear flow behavior of gum extracted from *Ocimum basilicum* L. seed: Effect of concentration and temperature. Journal of Food Engineering 101: 236-243.
- Ingredian. 2017. Demand for gluten-free is growing. So are your options. [Online]. Available from: http://emea.ingredion.com/content/dam/ingredion/pdf-downloads/emea/INGR_3867_BakeryInfographic_EMEa.pdf. Accessed June 10, 2017.
- Janzantti, N. S., Santos, G. C., and Monteiro, M. 2014. Shelf Life of Fresh and pasteurized organic passion fruit (*Passiflora edulis* F. *flavicarpa* DEG) pulp. Journal of Food Processing and Preservation 38: 262–270.

- Karazhiyan, H., Razavi, S.M.A. and Phillips, G.O. 2011. Extraction optimization of a hydrocolloid extract from cress seed (*Lepidium sativum*) using response surface methodology Food Hydrocolloids 25: 915-920.
- Khazaeia, N., Esmailia, M., Djomehb, Z.E., Ghasemlouc, M. and Joukida, M. 2014. Characterization of new biodegradable edible film made from basilseed (*Ocimum basilicum* L.) gum. Carbohydrate Polymers 102: 199–206.
- Koocheki, A., Mortazavi, S.A., Shahidi, F., Razavi, S.M.A., Kadkhodaei, R. and Milani, J.M. 2010. Optimization of Mucilage Extraction from Qodume Shirazi Seed (*Alyssum Homolocarpum*) Using Response Surface Methodology. Journal of Food Process Engineering 33: 861–882.
- Kumari R., Jeyarani, T., Soumya, C., and Indrani, D. 2011. Use of vegetable oils, emulsifiers and hydrocolloids on rheological, fatty acid profile and quality characteristics of pound cake. Journal of Texture Studies 42: 377–386.
- Lee, C.C. and Lin, S.D. 2008. Effect of GABA Tea on Quality Characteristics of Chiffon Cake. Cereal Chemistry 85(1): 31-38.
- Lin, S.D. and Lee, C.C. 2005. Qualities of Chiffon Cake Prepared with Indigestible Dextrin and Sucralose as Replacement for Sucrose. Cereal Chemistry 82(4): 405–413.
- Loftus, C.G. and Murray, J.A. 2017. Celiac Disease. [Online]. Available from: <http://s3.gi.org/patients/gihealth/pdf/celiac.pdf>. Accessed May 19, 2017.
- Marketsandmarkets. 2015. Gluten-Free Products Market by Type (Bakery Products, Pizzas & Pastas, Cereals & Snacks, Savories, and Others), Source (Oilseeds & Pulses, Rice & Corn, Dairy & Meat Products, and Other Crops), & by Region - Global Trends & Forecast to 2020. [Online]. Available from: <http://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/gluten-free-products-market-738.html>. Accessed June 10, 2017.
- Marcottea, M., Hoshahilia, A.R.T. and Ramaswamyb, H.S. 2001. Rheological properties of selected hydrocolloids as a function of concentration and temperature. Food Research International 34: 695–703.

- Mau, J.L., Lu, T.M., Lee, C.C., Lin, L.Y., Cheng, C.H. and Lin, S.D. 2015. Physicochemical, Antioxidant and Sensory Characteristics of Chiffon cakes Fortified with Various tea Powder. *Journal of Food Processing and Preservation* 39: 443-450.
- Nussinovitch, A. 1997. *Hydrocolloid Applications Gum technology in the food and other industries*. London: Blackis Academic and Professional. 354p.
- Poonnakasem, N., Laohasongkram, K. and Chaiwanichsiri, S. 2015. Influence of hydrocolloids on batter properties and texture kinetic of sponge cake during storage. *Journal of Food Quality* 38: 441 – 449.
- Preichardt, L.D., Vendruscio, C.T., Gularte, M.A. and Moreira, A.D.S. 2011. The role of xanthan gum in the quality of gluten free cakes: improved bakery products for celiac patients. *International Journal of Food Science and Technology* 46: 2591-2597.
- Prinyawiwatkul, W. 2010. *Consumer testing: analysis of just-about-right sensory data*. Chiang Mai: Faculty of Agro-Industry, Chiang Mai University.
- Razavi, S.M.A., Mortazavi, S.A., Matia-Merino, L., Hosseini-Parvar, S.H., Motamedzadegan, A., Khanipour, E. 2009. Optimization study of gum extraction from Basil seeds (*Ocimum basilicum* L.). *International Journal of Food Science and Technology* 44: 1755–1762.
- Ramaiya, S. D., Bujang, J. S., Zakaria, M. H., King, W. S., and Sahrir, M. A. S. 2013. Sugars, ascorbic acid, total phenolic content and total antioxidant activity in passion fruit (*Passiflora*) cultivars. *Journal of Science Food and Agricultural* 93: 1198-1205.
- Ritzoulis, C. 2013. *Introduction to the physical chemistry of foods*. Folida: CRC Press. 210p.
- Sae-eaw, A., Chompreeda, P., Prinyawiwatkul, W., Haruthaithanasan, V., Suwonsichon, T., Saidu, J.E., and Xu, Z. 2007. Acceptance and Purchase Intent of US Consumers for Nonwheat Rice Butter Cakes. *Journal of Food Science* 72(2): S92-S97.

- Sewald, M. and Devries, J. 2017. Food Product Shelf life [Online]. Available from: http://xa.yimg.com/kq/groups/9510554/534543102/name/food_product_shelf_life_web.pdf. Accessed May 19, 2017.
- Sanha, D. and Bhattacharya, S. 2010. Hydrocolloids as thickening and gelling agents in food: a critical review. *Journal of Food Science Technology* 47(6): 587-597.
- Shittu, T.A., Aminu, R.A. and Abulude, E.O. 2009. Functional effects of xanthan gum on composite cassava-wheat dough and bread. *Food Hydrocolloids* 23: 2254–2260.
- Somboonpanyakul, P., Wang, Q., Cui, W., Barbut S. and Jantawat, P. 2006. Malva nut gum. (Part I): Extraction and physicochemical characterization. *Carbohydrate Polymers* 64: 247–253.
- Talcott, S., Percival, S. S., Pittet-Moore, J., and Celoria, C. 2003. Phytochemical composition and antioxidant stability of fortified yellow passion fruit (*Passiflora edulis*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 51: 935-941.
- Tharanathan, R.N., Anjaneyalu, Y.V. 1974. Polysaccharides from the seed mucilage of *Ocimum basilicum* Linn. *Indian Journal of Chemistry* 12: 1164–1165.
- Turabi, E., Sumnu, G., and Sahin, S. 2010. Quantitative analysis of macro and micro-structure of gluten-free rice cakes containing different types of gums baked in different ovens. *Food Hydrocolloids* 24: 755-762.
- United States Department of Agriculture. 2015. Basic Report: 09231, Passion-fruit, (granadilla), purple, raw [Online]. Available from: <http://ndb.nal.usda.gov/ndb/foods/show/2353>. Accessed February 16, 2015.
- Volpini-Rapina, L.F., Sokei, F.R. and Conti-Silva, A.C. 2012. Sensory profile and preference mapping of orange cakes with addition of prebiotics inulin and oligofructose. *Food Science and Technology* 48: 37-42.
- West, H. 2016. Passion Fruit 101 – What You Need to Know [Online]. Available from: <https://authoritynutrition.com/passion-fruit/>. Accessed May 19, 2017.
- Williams, P. and Phillips, G.O. 2005. Gum and Stabilisers for Food Industry 13. Cambridge: RSC Publishing. 495 p.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

การวิเคราะห์คุณภาพ

ก-1 การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น (AOAC, 1995)

อุปกรณ์

1. ภาชนะอลูมิเนียมสำหรับหาความชื้น
2. ตู้อบลมร้อน (Hot air oven)
3. โถดูดความชื้น
4. เครื่องชั่งน้ำหนักไฟฟ้าทศนิยม 4 ตำแหน่ง

วิธีการวิเคราะห์

1. อบภาชนะอลูมิเนียมในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 -3 ชั่วโมง จากนั้นนำออกจากตู้อบลมร้อนแล้วใส่ไว้ในโถดูดความชื้นหลังจากนั้นชั่งน้ำหนักจนคงที่ โดยที่น้ำหนักแต่ละครั้งแตกต่างกันไม่เกิน 0.05 กรัม บันทึกน้ำหนักที่แน่นอน
2. ชั่งน้ำหนักตัวอย่างประมาณ 5 กรัม ในภาชนะอลูมิเนียมที่ทราบน้ำหนักแน่นอนแล้ว
3. นำตัวอย่างอบที่ตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส ประมาณ 3 ชั่วโมง
4. นำออกจากตู้อบและวใส่โถดูดความชื้น หลังจากนั้นชั่งน้ำหนัก
5. อบซ้ำอีกครั้งจนได้น้ำหนักที่คงที่ (น้ำหนักแต่ละครั้งแตกต่างกันไม่เกิน 0.05 กรัม)
6. คำนวณหาปริมาณความชื้นจากสูตร

$$\text{ปริมาณความชื้น (ร้อยละโดยน้ำหนักเปียก)} = \frac{\text{น้ำหนักตัวอย่างที่หายไปหลังการอบแห้ง} \times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง}}$$

ก-2 การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน (AOAC, 1995)

อุปกรณ์

1. อุปกรณ์การย่อยโปรตีน ประกอบด้วยเตาเผาและเครื่องจับไอกรด
2. อุปกรณ์กลั่นโปรตีน
3. ขวดรูปชมพู่ ขนาด 125 มิลลิลิตร และขวดปรับปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร
4. ปิเปต

5. บิวเรตขนาด 50 มิลลิลิตร
6. ลูกแก้ว (Boiling chips)
7. เครื่องชั่งน้ำหนักไฟฟ้าทศนิยม 4 ตำแหน่ง

สารเคมี

1. สารผสมระหว่างคอปเปอร์ซัลเฟต ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$)
2. โพแทสเซียมซัลเฟต (K_2SO_4)
3. กราฟฟิวิกเข้มข้น (Conc. H_2SO_4)
4. โซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้นร้อยละ 40
5. กรอบอริกเข้มข้นร้อยละ 4
6. กรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.1 N
7. อินดิเคเตอร์เป็นสารผสมระหว่างเมทีเรด เมธิลีนบลู และโบรโมครีซอลกรีน

วิธีการวิเคราะห์

1. ชั่งน้ำหนักตัวอย่างประมาณ 1-1.5 กรัม ใส่ลงในหลอดย่อยโปรตีน (Kjeldahl flask) ทำแบลงค์สำหรับอ้างอิงด้วย
2. ใส่สารคอปเปอร์ซัลเฟต 0.5 กรัม โพแทสเซียมซัลเฟต 5 กรัม
3. เติมกรดซัลฟิวริกปริมาณ 25 มิลลิลิตร
4. วางหลอดย่อยโปรตีนลงในเครื่องย่อยแล้วประกอบสายยางระหว่างฝาครอบ ขวดใส่ต่าง และเครื่องดักจับไอกรดให้เรียบร้อย
5. เปิดสวิตช์เครื่องดักจับไอกรดและเตาย่อยแล้วตั้งอุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส นานจนควันจาง จากนั้นปรับเพิ่มอุณหภูมิ 250 องศาเซลเซียส ย่อยต่อ 15 นาที ปรับอุณหภูมิเพิ่มเป็น 350 องศาเซลเซียส ย่อยต่อจนได้สารละลายใส ทิ้งไว้ให้เย็นแล้วเติมน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร

ขั้นตอนการกลั่นและไตเตรท

1. จัดอุปกรณ์ชุดกลั่น และเปิดสวิตช์ให้ความร้อน และเปิดน้ำหล่อเย็นเครื่องควบแน่น
2. นำขวดรูปชมพู่ขนาด 125 มิลลิลิตร ซึ่งบรรจุกรดบอริก (ความเข้มข้นร้อยละ 4) ปริมาตร 25 มิลลิลิตร เติมอินดิเคเตอร์แล้วนำไปรองรับของเหลวที่กลั่นได้ โดยให้ปลายของของอุปกรณ์ควบแน่นจุ่มลงในสารละลายกรดบอริก
3. เติมโซเดียมไฮดรอกไซด์ปริมาณ 100 มิลลิลิตร
4. กลั่นตัวอย่างเป็นเวลา 5 นาที สังเกตสารละลายจะเปลี่ยนเป็นสีเขียว

5. ไตเตรทสารละลายที่กลั่นได้ด้วยกราไฮโดรคลอริกที่มีความเข้มข้น 0.1 N จนได้สารละลายเปลี่ยนเป็นสีชมพูม่วง

6. คำนวณหาปริมาณโปรตีน

$$\text{ปริมาณโปรตีน (ร้อยละโดยน้ำหนักเปียก)} = \frac{(A \times B) \times N \times 1.4007 \times F}{W}$$

เมื่อ A คือ ปริมาณกรดที่ใช้ไตเตรทกับตัวอย่าง (มิลลิลิตร)

B คือ ปริมาณกรดที่ใช้ไตเตรทกับ Blank (มิลลิลิตร)

N คือ ความเข้มข้นของกรดไฮโดรคลอริก (N)

F คือ แฟคเตอร์ (6.25)

W คือ น้ำหนักตัวอย่าง (มิลลิกรัม)

ก-3 การวิเคราะห์ปริมาณไขมัน (AOAC, 1995)

อุปกรณ์

1. หลอดสกัดไขมัน (Soxhlet extraction tube)
2. หลอดใส่ตัวอย่าง (Thimble)
3. ตู้อบลมร้อน (Hot air oven)
4. เครื่องชั่งน้ำหนักไฟฟ้าทศนิยม 4 ตำแหน่ง
5. โถดูดความชื้น
6. กระดาษกรอง

สารเคมี

1. ปีโตเลียมอีเทอร์

วิธีการวิเคราะห์

1. นำหลอดสกัดไขมัน (Soxhlet extraction tube) สำหรับการหาปริมาณไขมันเข้าอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส จากนั้นนำออกจากตู้อบลมร้อนแล้วใส่ไว้ในโถดูดความชื้นหลังจากนั้นชั่งน้ำหนักจนคงที่ บันทึกน้ำหนักที่แน่นอน

2. ชั่งน้ำหนักตัวอย่างที่ผ่านการหาปริมาณความชื้น 2 กรัม บนกระดาษกรอง ห่อให้มิดชิดใส่ลงหลอดใส่ตัวอย่าง

3. เติมนิโตรเลียมอีเทอร์ปริมาณ 150 มิลลิลิตร หรือให้ท่วมตัวอย่าง

4. ประกอบชุดสกัดไขมัน พร้อมทั้งเปิดน้ำหล่ออุปกรณ์ควบแน่นประมาณ 15-20 นาที และเปิดสวิตช์ให้ความร้อน

5. นำไปสกัดไขมันที่สภาวะการสกัด ดังนี้

Extraction temperature	150 องศาเซลเซียส
Boiling time	30 นาที
Solvent reduction A:	5 x 15 มิลลิลิตร
Extraction time	80 นาที
Solvent reduction B:	8 นาที
Solvent reduction C:	5 นาที
Solvent reduction interval	3 นาที
Solvent reduction phase	3 วินาที

6. นำสารละลายที่สกัดไขมันได้ไปไล่อีเทอร์ออกด้วยความร้อนบน hot plate ภายในตู้

ดูดควัน

7. เมื่อไล่อีเทอร์ออกจนหมดแล้ว นำหลอดสกัดไขมันอบที่ตู้อบลมร้อนอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที ทิ้งไว้ให้เย็นในโถดูดความชื้น แล้วชั่งน้ำหนัก บันทึกค่าที่แน่นอน

8. คำนวณหาปริมาณไขมัน

$$\text{ปริมาณไขมัน (ร้อยละโดยน้ำหนักแห้ง)} = \frac{\text{น้ำหนักไขมันที่สกัดได้} \times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่างแห้ง}}$$

ก-4 การวิเคราะห์ปริมาณเส้นใย (AOAC, 1995)

อุปกรณ์

1. อุปกรณ์ชุดวิเคราะห์เส้นใย
2. กระดาษกรอง
3. Suction funnel
4. กรวยกรอง
5. ถ้วยกระเบื้องเคลือบ
6. ตู้อบลมร้อน (Hot air oven)
7. เตาอบ

8. โถดูดความชื้น
9. เครื่องชั่งน้ำหนักทศนิยม 4 ตำแหน่ง

สารเคมี

1. กรดซัลฟิวริก (H_2SO_4) ความเข้มข้นร้อยละ 1.25 โดยปริมาตรต่อปริมาตร
2. โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ความเข้มข้นร้อยละ 1.25 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร
3. เอทิลแอลกอฮอล์ความเข้มข้นร้อยละ 95

วิธีการวิเคราะห์

1. ชั่งน้ำหนักตัวอย่างที่ผ่านการสกัดไขมันแล้วประมาณ 2 กรัม ใส่ในบีกเกอร์ขนาด 600 มิลลิลิตร ถ้าตัวอย่างมีไขมันน้อยกว่าร้อยละ 1 ไม่จำเป็นต้องวิเคราะห์หาเส้นใย
2. เติมกรดซัลฟิวริกที่เดือด 200 มิลลิลิตร ลงในตัวอย่าง ใส่ Boiling chip ลงไป 2-3 ชิ้น เพื่อป้องกันการเดือดแบบรุนแรง
3. วางบีกเกอร์ที่มีตัวอย่างบนอุปกรณ์ให้ความร้อนที่ต่อเข้ากับเครื่องควบแน่นและเปิดน้ำหล่อเครื่องควบแน่น เปิดสวิตช์ไฟฟ้า แล้วต้มตัวอย่างจนเดือดเป็นเวลา 30 นาที โดยเขย่าบีกเกอร์เป็นระยะๆ เพื่อป้องกันตัวอย่างติดขอบผนังบีกเกอร์
4. นำบีกเกอร์ลงจากเครื่องย่อย แล้วกรองแยกกากออกด้วยเครื่อง
5. ล้างกากด้วยน้ำกลั่นที่เดือดปริมาณ 50-75 มิลลิลิตร กรองผ่านเครื่องกรอง ทำการทดสอบซ้ำ 3 ครั้ง
6. นำกากใส่ในบีกเกอร์ขนาด 600 มิลลิลิตรอีกครั้ง แล้วเติมโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เดือด 200 มิลลิลิตร
7. วางบีกเกอร์ที่มีตัวอย่างบนอุปกรณ์ให้ความร้อนที่ต่อเข้ากับเครื่องควบแน่นและเปิดน้ำหล่อเครื่องควบแน่น เปิดสวิตช์ไฟฟ้า แล้วต้มตัวอย่างจนเดือดเป็นเวลา 30 นาที โดยเขย่าบีกเกอร์เป็นระยะๆ เพื่อป้องกันตัวอย่างติดขอบผนังบีกเกอร์
8. นำกากมาล้างด้วยกลั่นที่เดือดปริมาณ 50-75 มิลลิลิตร กรองผ่านเครื่องกรอง ทำซ้ำ 3 ครั้ง
9. ล้างด้วยเอทิลแอลกอฮอล์ปริมาณ 25 มิลลิลิตร จากนั้นนำไปอบที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส นาน 3 ชั่วโมง แล้วนำกลับมาในโถดูดความชื้น
10. นำไปเผาด้วย Muffle furnace ที่ 300 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที และทำให้เย็น
11. ชั่งน้ำหนัก แล้วคำนวณหาปริมาณเส้นใย

$$\text{ปริมาณเส้นใย (ร้อยละโดยน้ำหนักแห้ง)} = \frac{(\text{น้ำหนักแห้งของกาก-น้ำหนักเถ้า}) \times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง}}$$

ก-5 การวิเคราะห์ปริมาณเถ้า (AOAC, 1995)

อุปกรณ์

1. เตาเผา (Muffle furnace)
2. ถ้วยกระเบื้อง (Crucible)
3. Hot plate
4. โถดูดความชื้น
5. เครื่องชั่งน้ำหนักทศนิยม 4 ตำแหน่ง

วิธีการวิเคราะห์

1. เตาถ้วยกระเบื้องด้วยเตาเผาที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง แล้วนำออกจากเตาแล้วเก็บใส่ในโถดูดความชื้น ทิ้งให้เย็นจนถึงอุณหภูมิห้อง แล้วบันทึกน้ำหนัก
2. ชั่งน้ำหนักตัวอย่างประมาณ 2 กรัม ลงในถ้วยกระเบื้อง แล้วบันทึกน้ำหนัก
3. นำตัวอย่างเผาด้วยเตาเผาที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส จนกระทั่งได้เถ้าสีขาวทั้งหมด แล้วนำออกจากเตาเผา เก็บใส่ในโถดูดความชื้น ทิ้งให้เย็นจนถึงอุณหภูมิห้อง แล้วบันทึกน้ำหนัก
4. คำนวณหาระดับปริมาณเถ้า

$$\text{ปริมาณเถ้า (ร้อยละโดยน้ำหนักเปียก)} = \frac{\text{น้ำหนักของเถ้า} \times 100}{\text{น้ำหนักของตัวอย่าง}}$$

ก-6 การวิเคราะห์ปริมาณคาร์โบไฮเดรต (จากการคำนวณ)

$$\text{ปริมาณคาร์โบไฮเดรต (ร้อยละโดยน้ำหนักเปียก)} = 100 - \text{โปรตีน (ร้อยละ)} - \text{ไขมัน (ร้อยละ)} - \text{ความชื้น (ร้อยละ)} - \text{เถ้า (ร้อยละ)} - \text{เส้นใย (ร้อยละ)}$$

ก-7 การวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (BAM, 2002)

อาหารเลี้ยงเชื้อ

Plate Count Agar (PCA)

สารเคมี

สารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์ (Phosphate buffer solution)

วิธีการวิเคราะห์

1. ชั่งน้ำหนักตัวอย่าง 10 กรัมใส่ในขวดที่มีสารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 90 มิลลิลิตร (10^{-1}) เขย่าให้เข้ากัน
2. เจือจางตัวอย่างอาหาร dilution 10^{-2} 10^{-3} และ 10^{-4} ตามลำดับ
3. ปิเปตสารละลายแต่ละความเจือจางปริมาตร 1 มิลลิลิตร ใส่ลงในจานเพาะเชื้อ
4. เทอาหารเลี้ยงเชื้อ PCA ที่มีอุณหภูมิ 45-50 องศาเซลเซียส โดยใช้วิธี Pour plate technique
5. บ่มจานเพาะเชื้อที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24-48 ชั่วโมง นับจำนวนโคโลนีประมาณ 25-250 โคโลนี
6. คำนวณหาปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด

ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (โคโลนีต่อกรัม) = จำนวนโคโลนีที่นับได้ x Dilution factor

ก-8 การวิเคราะห์ปริมาณยีสต์ รา (BAM, 2002)

อาหารเลี้ยงเชื้อ

Potato Dextrose Agar (PDA)

สารเคมี

สารละลายโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) ความเข้มข้นร้อยละ 0.85 เตรียมโดยชั่งน้ำหนัก NaCl 0.85 กรัม ในน้ำกลั่น ปรับปริมาตร 100 มิลลิลิตร นำไปฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที

วิธีการวิเคราะห์

1. ชั่งน้ำหนักตัวอย่าง 10 กรัม ใส่ในขวดที่มีสารละลายโซเดียมคลอไรด์ 90 มิลลิลิตร (10^{-1}) เขย่าให้เข้ากัน
2. เจือจางตัวอย่างอาหาร dilution 10^{-2} 10^{-3} และ 10^{-4} ตามลำดับ
3. ปิเปตสารละลายแต่ละความเจือจางปริมาตร 1 มิลลิลิตร ใส่ลงในจานเพาะเชื้อ
4. เทอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA ที่มีอุณหภูมิ 45-50 องศาเซลเซียส โดยใช้วิธี Pour plate technique
5. บ่มจานเพาะเชื้อที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 72-120 ชั่วโมง นับจำนวนโคโลนี แล้วคำนวณหาปริมาณยีสต์ รา

ปริมาณยีสต์ รา (โคโลนีต่อกรัม) = จำนวนโคโลนีที่นับได้ $\times$ Dilution factor

ภาคผนวก ข

แบบทดสอบ และแบบสอบถาม

ข-1 แบบทดสอบความชอบทางประสาทสัมผัส และความพอดีของผลิตภัณฑ์เค้กแบ่งข้าวขาว
ดอกมะลิ 105

แบบทดสอบทางประสาทสัมผัสผลิตภัณฑ์เค้กแบ่งข้าวขาวดอกมะลิ 105

ชื่อผู้ทดสอบ.....วันที่.....

คำชี้แจง: กรุณาทดสอบตัวอย่างแล้วให้คะแนนความชอบ โดยใส่ ✓ ลงในช่องว่างที่ตรงกับความรู้สึก
ของท่านมากที่สุด และเติมน้ำลายปากก่อนประเมินตัวอย่างถัดไป

รหัสตัวอย่าง.....

คุณลักษณะ	ไม่ ชอบ มากที่สุด	ไม่ ชอบ มาก	ไม่ ชอบ ปาน กลาง	ไม่ชอบ เล็กน้อย	เฉยๆ	ชอบ เล็กน้อย	ชอบ ปาน กลาง	ชอบ มาก	ชอบ มากที่สุด
ลักษณะ ปรากฏ									
สี									
กลิ่นรส									
ความนุ่ม									
รสชาติ									
ความชอบ โดยรวม									

ความพอดี

คุณลักษณะ	น้อยเกินไป	น้อย	พอดี	มาก	มากเกินไป
ความนุ่ม					

ข้อเสนอแนะ.....

ข-2 แบบทดสอบความชอบทางประสาทสัมผัส และความพอดีของผลิตภัณฑ์ครีมเสาวรส

แบบทดสอบทางประสาทสัมผัสผลิตภัณฑ์ครีมเสาวรส

ชื่อผู้ทดสอบ.....วันที่.....

คำชี้แจง: กรุณาทดสอบตัวอย่างแล้วให้คะแนนความชอบ โดยใส่ ✓ ลงในช่องว่างที่ตรงกับความรู้สึกของท่านมากที่สุด และเติมน้ำล้างปากก่อนประเมินตัวอย่างถัดไป

รหัสตัวอย่าง.....

คุณลักษณะ	ไม่ชอบมากที่สุด	ไม่ชอบมาก	ไม่ชอบปานกลาง	ไม่ชอบเล็กน้อย	เฉยๆ	ชอบเล็กน้อย	ชอบปานกลาง	ชอบมาก	ชอบมากที่สุด
ลักษณะปรากฏ									
สี									
กลิ่นรสเสาวรส									
ความสามารถในการทา									
รสเปรี้ยว									
รสหวาน									
ความชอบโดยรวม									

ความพอดี

คุณลักษณะ	น้อยเกินไป	น้อย	พอดี	มาก	มากเกินไป
ความสามารถในการทา					
รสเปรี้ยว					
รสหวาน					

ข้อเสนอแนะ.....

ข-3 แบบทดสอบพัฒนาคำศัพท์ผลิตภัณฑ์เค้กแบ่งขาวขาวดอกมะลิ 105 สอดไส้ครีมเสาวรส
แบบทดสอบพัฒนาคำศัพท์ผลิตภัณฑ์

ชื่อผู้ทดสอบ.....วันที่.....

คำชี้แจง: กรุณาทดสอบผลิตภัณฑ์เค้ก แล้วอธิบายลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่รับรู้ได้ เช่น ลักษณะ
ปรากฏ กลิ่น รส ลักษณะเนื้อสัมผัส ความรู้สึกตกค้าง

รหัสตัวอย่าง.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

รหัสตัวอย่าง.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

**ข-4 แบบทดสอบความเข้มของคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์เค้กแบ่งข้าวขาวดอกมะลิ 105 สอดไส้
ครีมเสาวรส**

แบบทดสอบทางประสาทสัมผัสผลิตภัณฑ์เค้กแบ่งข้าวขาวดอกมะลิ 105 สอดไส้ครีมเสาวรส

ชื่อผู้ทดสอบ.....วันที่.....

คำแนะนำ ประเมินความเข้มของลักษณะต่างๆที่ใช้อธิบายผลิตภัณฑ์เค้กสอดไส้ครีมเสาวรสให้ตรง
ตามความรู้สึกของท่าน

ลักษณะปรากฏ

สีเหลืองของเนื้อเค้ก



ความสม่ำเสมอของรูพรุน



เนื้อสัมผัส

ความแน่นเนื้อ

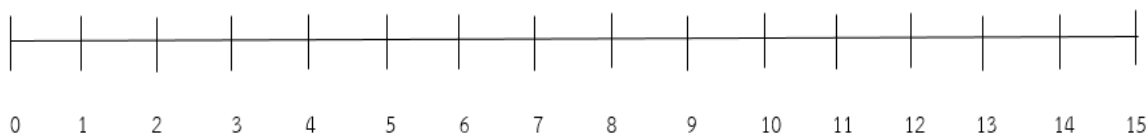


รสชาติ

รสหวาน



รสเปรี้ยว



กลิ่นรส

กลิ่นรสไข่



กลิ่นรสเสาวรส



ความรู้สึกกดค้าง

รสเปรี้ยว



กลิ่นรสไข่



กลิ่นรสเสาวรส



**ข-5 แบบสอบถามการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์เค้กแบ่งข้าวขาวดอกมะลิ 105 สอดไส้
ครีมเสาวรส**

**แบบสอบถามการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์เค้กแบ่งข้าวขาวดอกมะลิ 105 สอดไส้ครีม
เสาวรส**

เรียน	ผู้ทำแบบสอบถาม
เรื่อง	การทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์เค้กแบ่งข้าวขาวดอกมะลิ 105 สอดไส้ครีมเสาวรส
คำชี้แจง	แบบสอบถามชุดนี้จัดทำขึ้นเพื่อสำรวจการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์เค้กแบ่งข้าวขาวดอกมะลิ 105 สอดไส้ครีมเสาวรส เป็นส่วนหนึ่งของการทำวิทยานิพนธ์ของนางสาวอมรรัตน์ เจริญ นักศึกษาปริญญาโท ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ จึงใคร่ขอความร่วมมือจากท่านกรุณาตอบแบบสอบถามให้ครบถ้วนสมบูรณ์ ข้อมูลทั้งหมดจะเป็นประโยชน์ อย่างยิ่งสำหรับการวิจัยนี้ ขอขอบพระคุณทุกท่านที่ให้ความร่วมมือในการตอบแบบสอบถาม ท่านจะได้รับตัวอย่างผลิตภัณฑ์เค้กแบ่งข้าวขาวดอกมะลิ 105 สอดไส้ครีมเสาวรส กรุณาปฏิบัติตามคำแนะนำในแต่ละขั้นตอนและตอบคำถาม โดยทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องว่าง ☐ ที่ตรงกับความรู้สึกของท่านและกรุณาติมน้ำก่อนเริ่มการทดสอบตัวอย่าง

ขอขอบคุณในความร่วมมือ
ผู้ทำวิจัย

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

คำชี้แจง โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่อง ☐ ที่กำหนดให้ตามความเป็นจริง และครบถ้วน

1. เพศ

☐ ชาย

☐ หญิง

2. อายุ

☐ ต่ำกว่า 20 ปี

☐ 36 – 40 ปี

☐ 21 – 25 ปี

☐ 40 ปีขึ้นไป

☐ 26 – 35 ปี

3. การศึกษา

☐ ต่ำกว่ามัธยม

☐ ปริญญาตรี

☐ มัธยมต้น

☐ ปริญญาโท

☐ มัธยมปลาย

☐ ปริญญาเอก

☐ อนุปริญญา

4. อาชีพ

☐ นักเรียน/นักศึกษา

☐ พนักงานบริษัท

☐ ข้าราชการ/รัฐวิสาหกิจ

☐ อื่นๆ

☐ ธุรกิจส่วนตัว

5. รายได้ต่อเดือน

☐ ต่ำกว่า 5,000 บาท

☐ 20,001 – 25,000 บาท

☐ 5,001 – 10,000 บาท

☐ 25,001 – 30,000 บาท

☐ 10,001 – 15,000 บาท

☐ 30,001 บาทขึ้นไป

☐ 15,001 – 20,000 บาท

ส่วนที่ 2 พฤติกรรมการบริโภคขนมเค้ก

คำชี้แจง โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่อง ☐ ที่กำหนดให้ตามความเป็นจริง และครบถ้วน

1. ท่านซื้อผลิตภัณฑ์ขนมเค้กจากที่ใดบ่อยที่สุด

- | | |
|---|---|
| ☐ Supermarket (Top market) | ☐ Hypermarket (Big C, Tesco Lotus) |
| ☐ ร้ายขายของชำ | ☐ อื่นๆ ระบุ..... |
| ☐ ร้านสะดวกซื้อ (7-11, Familymart) | |

2. ความถี่ในการบริโภคผลิตภัณฑ์ขนมเค้ก

- | | |
|--|---|
| ☐ ทุกวัน | ☐ มากกว่า 4 ต่อสัปดาห์ |
| ☐ 1 – 2 ครั้งต่อสัปดาห์ | ☐ อื่นๆ ระบุ..... |
| ☐ 3 – 4 ครั้งต่อสัปดาห์ | |

3. ท่านรับประทานผลิตภัณฑ์ขนมเค้กคู่กับเครื่องดื่มชนิดใด

- | | |
|-------------------------------|--|
| ☐ ชา | ☐ น้ำผลไม้ |
| ☐ กาแฟ | ☐ อื่นๆ ระบุ..... |
| ☐ นม | |

4. ท่านเลือกซื้อผลิตภัณฑ์ขนมเค้กเพราะเหตุผลใดสำคัญที่สุด

- | | |
|-------------------------------------|--|
| ☐ รสชาติ | ☐ ราคา |
| ☐ บรรจุภัณฑ์ | ☐ คุณค่าทางโภชนาการ |
| ☐ ยี่ห้อ | ☐ อื่นๆ ระบุ..... |

ส่วนที่ 3 ข้อมูลเกี่ยวกับการทดสอบผลิตภัณฑ์เค้กแบ่งข้าวขาวดอกมะลิ 105 สอดไส้ครีมเสาวรส

คำชี้แจง โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่อง ☐ ที่ตรงกับความรู้สึกของท่านและกรุณาเติมน้ำก่อนเริ่มการทดสอบตัวอย่าง

■ **ก่อนชิมตัวอย่าง** กรุณาพิจารณาลักษณะของผลิตภัณฑ์

1. ท่านมีความรู้สึกอย่างไรต่อลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์

☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
ไม่ชอบ	ไม่ชอบ	ไม่ชอบ	ไม่ชอบ	เฉยๆ	ชอบ	ชอบ	ชอบ	ชอบ
มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	เล็กน้อย		เล็กน้อย	ปานกลาง	มาก	มากที่สุด

2. ท่านมีความรู้สึกอย่างไรต่อสีของผลิตภัณฑ์

☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
ไม่ชอบ	ไม่ชอบ	ไม่ชอบ	ไม่ชอบ	เฉยๆ	ชอบ	ชอบ	ชอบ	ชอบ
มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	เล็กน้อย		เล็กน้อย	ปานกลาง	มาก	มากที่สุด

■ **ขณะชิมตัวอย่าง** กรุณาพิจารณาลักษณะของผลิตภัณฑ์

3. ท่านมีความรู้สึกอย่างไรต่อเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์

☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
ไม่ชอบ	ไม่ชอบ	ไม่ชอบ	ไม่ชอบ	เฉยๆ	ชอบ	ชอบ	ชอบ	ชอบ
มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	เล็กน้อย		เล็กน้อย	ปานกลาง	มาก	มากที่สุด

4. ท่านมีความรู้สึกอย่างไรต่อกลิ่นรสของผลิตภัณฑ์

☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
ไม่ชอบ	ไม่ชอบ	ไม่ชอบ	ไม่ชอบ	เฉยๆ	ชอบ	ชอบ	ชอบ	ชอบ
มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	เล็กน้อย		เล็กน้อย	ปานกลาง	มาก	มากที่สุด

5. ท่านมีความรู้สึกอย่างไรต่อรสชาติของผลิตภัณฑ์

☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
ไม่ชอบ	ไม่ชอบ	ไม่ชอบ	ไม่ชอบ	เฉยๆ	ชอบ	ชอบ	ชอบ	ชอบ
มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	เล็กน้อย		เล็กน้อย	ปานกลาง	มาก	มากที่สุด

6. ท่านมีความรู้สึกอย่างไรต่อความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์

☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
ไม่ชอบ	ไม่ชอบ	ไม่ชอบ	ไม่ชอบ	เฉยๆ	ชอบ	ชอบ	ชอบ	ชอบ
มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	เล็กน้อย		เล็กน้อย	ปานกลาง	มาก	มากที่สุด

7. ท่านยอมรับผลิตภัณฑ์เค้กแบ่งข้าวขาวดอกมะลิ 105 สอดไส้ครีมเสาวรสนี้หรือไม่

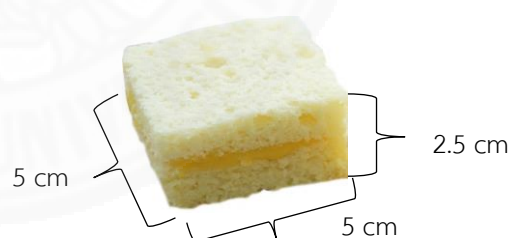
☐ ยอมรับ ☐ ไม่ยอมรับ เพราะ.....

8. หากผลิตภัณฑ์นี้วางจำหน่าย ท่านคิดว่าจะซื้อผลิตภัณฑ์นี้หรือไม่

☐ ซื้ออย่างแน่นอน ☐ อาจจะไม่ซื้อ
☐ อาจซื้อ ☐ ไม่ซื้ออย่างแน่นอน
☐ อาจซื้อหรือไม่ซื้อ

คำแนะนำ กรุณาอ่านข้อความต่อไปนี้ แล้วทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องว่าง

ผลิตภัณฑ์เค้กแบ่งข้าวขาวดอกมะลิ 105 สอดไส้ครีมเสาวรสนี้ที่ทดสอบไปแล้ว นั้น เป็นผลิตภัณฑ์เค้กที่ผลิตจากแบ่งข้าวขาวดอกมะลิ 105 ทั้งชั้น หอมอร่อยเต็มคำ ซึ่งข้าวขาวดอกมะลิ 105 เป็นธัญพืชที่ปราศจากกลูเตน จึงเหมาะสำหรับผู้ป่วยที่แพ้กลูเตน เนื่องจากผู้ป่วยโรคนี้ไม่สามารถรับประทานอาหารที่มีส่วนผสมจากข้าวสาลี ข้าวบาเลย์และข้าวไรซ์ได้ ไม่เพียงแต่เหมาะสมสำหรับผู้บริโภคที่แพ้กลูเตนเท่านั้น ผู้บริโภคที่ใส่ใจสุขภาพสามารถรับประทานผลิตภัณฑ์นี้ได้ นอกจากนี้ผลิตภัณฑ์มีส่วนประกอบของครีมเสาวรสนี้ที่มีเนื้อสัมผัสเนียนนุ่ม และมีกลิ่นหอมหวาน ซึ่งเสาวรสนี้เป็นผลไม้ที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูงและมีประโยชน์ต่อร่างกาย เช่น วิตามินเอ วิตามินซี เบต้าแคโรทีน โพแทสเซียม และสารต้านอนุมูลอิสระ พร้อมทั้งบรรจุในบรรจุภัณฑ์ที่ทันสมัย พกพาง่าย และสะดวกต่อการรับประทานอีกด้วย



9. หลังจากทราบข้อมูลเพิ่มเติมแล้ว ท่านยอมรับผลิตภัณฑ์เค้กแบ่งข้าวขาวดอกมะลิ 105 สอดไส้ครีมเสาวรสนี้หรือไม่

☐ ยอมรับ ☐ ไม่ยอมรับ เพราะ.....

10. หากผลิตภัณฑ์นี้วางจำหน่าย ท่านคิดว่าจะซื้อผลิตภัณฑ์นี้หรือไม่

☐ ซื้ออย่างแน่นอน ☐ อาจจะไม่ซื้อ
☐ อาจซื้อ ☐ ไม่ซื้ออย่างแน่นอน
☐ อาจซื้อหรือไม่ซื้อ

11. หากผลิตภัณฑ์นี้ออกวางจำหน่ายในราคา 89 บาท (1 กล่อง บรรจุ 8 ชิ้น) ท่านคิดว่าราคาที่จำหน่ายมีความเหมาะสมหรือไม่

- ☐ ราคาต่ำกว่าคุณภาพ
- ☐ ราคาเหมาะสมกับคุณภาพ
- ☐ ราคาสูงกว่าคุณภาพ



ภาคผนวก ค รูปภาพประกอบ

ผลิตภัณฑ์เค้กสอดไส้ทางการค้า



รูปภาคผนวก ค-1 เลอแปงบานาน่า เค้กสอดไส้คัสตาร์ดรสกล้วย น้ำหนักสุทธิ 35 กรัม
ราคา 12 บาท



รูปภาคผนวก ค-2 เค้กโรลกลิ่นวนิลา ตราเลอแปง น้ำหนัก 60 กรัม ราคา 10 บาท



รูปภาคผนวก ค-3 พุดดิ้งออมเลตเค้ก (เค้กสอดไส้รสบลูเบอร์รี่) ตราเลอแปง น้ำหนักสุทธิ 30 กรัม
ราคา 10 บาท

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ นางสาวอมรรัตน์ เจริญ
 วันเดือนปีเกิด 10 กุมภาพันธ์ 2534
 วุฒิการศึกษา วิทยาศาสตร์บัณฑิต
 (วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร)
 มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
 ทุนการศึกษา ปี 2558 ทุนวิจัยโครงการพัฒนานักวิจัยและงานวิจัย
 เพื่ออุตสาหกรรม (พวอ.) (MDI580014)
 ปี 2556 ทุนบัณฑิตเรียนดีเพื่อศึกษาต่อระดับ
 บัณฑิตศึกษาประเภท ค.

ผลงานทางวิชาการ

อมรรัตน์ เจริญ และสุธีรา วัฒนกุล. 2559. อิทธิพลของกัมจากเมล็ดแมงลักต่อคุณภาพของเค้กแป้ง
 ข้าวขาวดอกมะลิ 105. งานประชุมวิชาการข้าวแห่งชาติ ครั้งที่ 4 โรงแรมเซ็นทรา ศูนย์
 ราชการและคอนเวนชันเซ็นเตอร์. กรุงเทพมหานคร. น. 149-153.

ประสบการณ์ทำงาน

ปี 2556 เจ้าหน้าที่ประกันคุณภาพ (Quality Assurance supervisor) บริษัท โดลไทย
 แลนด์ จำกัด (Dole Thailand Ltd.)