

การพัฒนาผลิตภัณฑ์เยลลี่มะม่วง
DEVELOPMENT OF MANGO JELLY



ปัญหาพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร
คณะอุตสาหกรรมอาหาร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ. 2565

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ใบรับรองปัญหาพิเศษ

การพัฒนาผลิตภัณฑ์เยลลี่มะม่วง
DEVELOPMENT OF MANGO JELLY

จัดทำโดย

ปาณิสรา อุปถัมภ์ รหัสนักศึกษา 62080037

วิรมณ แสงโชติ รหัสนักศึกษา 62080054

สิริวิษญ์ ถวิลวัฒน์ รหัสนักศึกษา 62080058

ได้รับการพิจารณาเห็นชอบจาก

.....

...../...../.....

(ผศ.ดร. ไสรยา เกิดพิบูลย์)

เอกสารอาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ ใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปัญหาพิเศษ	การพัฒนาผลิตภัณฑ์เยลลี่มะม่วง	
ชื่อนักศึกษา	ปาณิสรา อุปถัมภ์	รหัสนักศึกษา 62080037
	วิรมณ แสงโชติ	รหัสนักศึกษา 62080054
	สิริวิษณุ ถวิลวัฒน์	รหัสนักศึกษา 62080058
หลักสูตร	วิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร	
พ.ศ.	2566	
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.ดร. โสรยา เกิดพิบูลย์	

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาผลิตภัณฑ์จากมะม่วงมหาชนก โดยศึกษากระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์เยลลี่มะม่วงมหาชนก ใช้เจลาตินเป็นสารก่อเจล ให้ได้ผลิตภัณฑ์เยลลี่ จากนั้นจึงศึกษาอัตราส่วนเจลาตินที่ใช้ในปริมาณที่ต่างกัน 4 ระดับ คือ ร้อยละ 12, 15, 18 และ 21 ของปริมาณส่วนผสมทั้งหมด แล้วนำไปวัดค่าทางกายภาพ และทางเคมี ได้แก่ ค่าสี ค่าปริมาณน้ำอิสระ ค่าลักษณะเนื้อสัมผัส และประเมินความชอบทางประสาทสัมผัส แบบ ranking test พบว่าการใช้เจลาตินที่ร้อยละ 15 เป็นสูตรที่มีคะแนนความชอบสูงที่สุด จากนั้นจึงศึกษาผลของการใช้ไฮโดรคอลลอยด์ที่มีต่อคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์เยลลี่ โดยออกแบบการทดลองแบบผสม กำหนดให้มีอัตราส่วนระหว่าง เจลาติน : เพคติน : คาราจีแนน แตกต่างกันในสูตรการทดลองทั้งหมด 9 สูตร เมื่อทำการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์แล้ว พบว่ามีเพียง 5 สูตรที่สามารถขึ้นรูปได้ ผลจากการวัดค่า ค่าสี ค่าปริมาณน้ำอิสระ ค่าลักษณะเนื้อสัมผัส และการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์เยลลี่มะม่วง พบว่าสูตรที่มีเจลาติน ร้อยละ 15 ของปริมาณส่วนผสมทั้งหมด เป็นสูตรที่ได้รับคะแนนการยอมรับสูงที่สุด จึงนำสูตรดังกล่าวมาปรับปรุงพัฒนาต่อในด้าน กลิ่น กลิ่นรส และเนื้อสัมผัส ให้มีระดับคะแนนมากกว่าหรือเท่ากับ 7 คะแนนจาก 9 คะแนน จะได้ผลิตภัณฑ์สุดท้าย ที่มีค่าความหวานอยู่ที่ 29.44 °Brix ค่าความเป็นกรด-ด่างอยู่ที่ 4.64 ค่าสี มีค่าความสว่าง (L*) เท่ากับ 38.79 ค่าความเป็นสีแดงและสีเขียว (a*) เท่ากับ 5.48 และค่าความเป็นสีเหลืองและสีน้ำเงิน (b*) เท่ากับ 29.06 มีปริมาณน้ำอิสระ (a_w) เท่ากับ 0.9863 การประเมินความชอบทางประสาทสัมผัส แบบ 9-point hedonic scale มีคะแนน เกิน 7 จาก 9 คะแนนในทุกคุณลักษณะที่ประเมิน

คำสำคัญ: มะม่วงมหาชนก, เจลาติน, เพคติน, คาราจีแนน และเยลลี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Special problem title	Development of mango jelly
Student name	Panisara Upatham Student ID 62080037 Wiramon Sangchot Student ID 62080054 Sirawich Tawinwat Student ID 62080058
Program	Bachelor of Science in Food Science and Technology
Year	2023
Advisor	Assist.Prof.Dr. Soraya Kerdpiboon

ABSTRACT

This research was to develop product from Mahachanok mango. The production of Mahachanok mango jelly was studied using gelatin as a gelling agent to form jelly. After that, 4 gelatin ratios of 12,15,18 and 21% were used to form jelly and then the physical and chemical properties of color, water activity, texture as well as sensory evaluation using ranking test were observed. It was found that panel ranked jelly which using gelatin ratio of 15% with highest score. Then effects of hydrocolloids which were gelatin: pectin: carrageenan on properties of jelly were designed using mixture design for 9 treatments. After production using 9 treatments, it was found that 5 of 9 treatments displayed gel forming. Results were found from color, water activity, texture and sensory evaluation with 9 point preference test of using 15% gelatin to produce jelly were accepted from panels with highest score in all attribute. The formula and processing of jelly was then improved in terms of odor, flavor and texture to achieve at least 7 from 9 points hedonic scale and it was found that the developed jelly product had 29.44°Brix, pH of 4.64, L* of 38.79, a* of 5.48, b* of 29.06, a_w of 0.9863 and sensory scores were higher than 7 from 9 in all attributes.

Keywords: Mahachanok mango, Gelatin, Pectin, Carrageenan, and Jelly

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาปัญหาพิเศษ เรื่อง การพัฒนาผลิตภัณฑ์เยลลี่มะม่วง ในครั้งนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับความกรุณาอย่างสูงจาก ผศ.ดร.โสธยา เกิดพิบูลย์ ที่ให้เกียรติเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาการจัดทำปัญหาพิเศษตลอดจนให้ความรู้ คำปรึกษา ความช่วยเหลือแนะนำแนวทางการดำเนินงาน ค่าใช้จ่ายในการปฏิบัติงานและการตรวจสอบแก้ไขปัญหาพิเศษฉบับนี้ให้เสร็จสมบูรณ์ ขอกราบขอพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบคุณ ผศ.ดร.ปจรรย์ อิงคะสุภัทร อาจารย์ประจำคณะอุตสาหกรรมอาหาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังที่ให้เกียรติเป็นคณะกรรมการในการคุมสอบปัญหาพิเศษ พร้อมทั้งแนะนำแนวทางการดำเนินงานที่เป็นประโยชน์ต่อการทำปัญหาพิเศษฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์

ขอขอบคุณ ชุมชนบ้านหนองบัวชุม ตำบลหนองหิน อำเภอหนองกุงศรี จังหวัดกาฬสินธุ์ ที่มอบมะม่วงมหาชนก สนับสนุนวัตถุดิบหลักในการทำปัญหาพิเศษฉบับนี้ให้เสร็จสมบูรณ์

ขอขอบคุณ คณาจารย์ เจ้าหน้าที่ประจำห้องปฏิบัติการ และนักวิทยาศาสตร์ ประจำคณะอุตสาหกรรมอาหาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ทุกท่านเป็นอย่างสูงที่คอยสั่งสอนวิชา แนะนำ และอำนวยความสะดวกตลอดระยะเวลาที่ศึกษาในคณะอุตสาหกรรมอาหารแห่งนี้

ขอขอบคุณ นักศึกษาคณะอุตสาหกรรมอาหาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังที่ให้เกียรติเป็นผู้ทดสอบชิมการประเมินความชอบทางประสาทสัมผัสทำให้ปัญหาพิเศษฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์

ขอขอบคุณ คณะอุตสาหกรรมอาหารสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังที่ให้ความสนับสนุนอำนวยความสะดวกในเรื่องของเงินสนับสนุน, เครื่องมือ และสถานที่ในการทำปัญหาพิเศษ

ปาณิสรา อุปถัมภ์

วิรมณ แสงโชติ

สิริวิษณุ ฤวิวัฒน์

12 เมษายน 2566

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VI
สารบัญภาพ	VII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา	2
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 มะม่วงมหาชนก	3
2.2 ผลิตภัณฑ์เยลลี่	3
2.3 มาตรฐานผลิตภัณฑ์เยลลี่	6
2.4 ไฮโดรคอลลอยด์	6
2.5 สารให้ความหวานแทนน้ำตาล	11
2.6 Mixture design	12
2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	13
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการทดลอง	16
3.1 วัสดุดิบและสารเคมี	16
3.2 อุปกรณ์	16
3.3 ขั้นตอนและวิธีการทดลอง	17
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์	25
4.1 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีกายภาพของมะม่วงมหาชนก	25
4.2 ผลของการศึกษากระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์เยลลี่มะม่วงจากมะม่วงมหาชนก	26
4.3 ผลของการใช้ไฮโดรคอลลอยด์ที่มีต่อคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์	29
4.4 การพัฒนาผลิตภัณฑ์เยลลี่มะม่วงจากมะม่วงมหาชนก	41

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 5 สรุปลผลและข้อเสนอแนะ	46
5.1 สรุปลผล	46
5.2 ข้อเสนอแนะ	46
บรรณานุกรม	47
ประวัติผู้เขียน	50



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
3.1	สูตรกระบวนการผลิตมะม่วงหนีบ	18
4.1	ค่าความหวาน ค่าความเป็นกรด-ด่าง และค่าสีของมะม่วงมหาชนก	25
4.2	สูตรเบื้องต้นที่ใช้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์	28
4.3	ผลการคัดเลือกสูตรเบื้องต้นของเยลลี่มะม่วง	28
4.4	ตารางแสดงอัตราส่วนของเจลาตินที่ใช้เป็นสารก่อเจลเพื่อขึ้นรูปผลิตภัณฑ์เยลลี่มะม่วง	29
4.5	ตารางแสดงอัตราส่วนของเจลาติน และคุณสมบัติทางเคมีและกายภาพ	30
4.6	ผลการประเมินความชอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์เยลลี่มะม่วง	33
4.7	อัตราส่วนการผสมจากการออกแบบการทดลอง Mixture design	34
4.8	คุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของไฮโดรคอลลอยด์ 3 ชนิด ต่อผลิตภัณฑ์เยลลี่มะม่วง	35
4.9	ผลการประเมินความชอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์เยลลี่มะม่วง	41
4.10	สูตรปรับปรุงที่ใช้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์	42
4.11	ค่าความหวาน ค่าความเป็นกรด-ด่าง และค่าสีของมะม่วงมหาชนกสด	42
4.12	ค่าปริมาณน้ำอิสระ ค่าความหวาน ค่าความเป็นกรด-ด่าง และค่าสีของผลิตภัณฑ์เยลลี่มะม่วงสูตรปรับปรุง	43
4.13	ผลการวิเคราะห์เนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์เยลลี่มะม่วงสูตรปรับปรุง	44
4.14	ผลการประเมินความชอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์เยลลี่มะม่วงสูตรปรับปรุง	44

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2.1	กลไกการเกิดเจลของเจลาติน	7
2.2	ลักษณะเจลในแต่ละระดับค่า DE ของเพคตินและการนำไปใช้งาน	8
2.3	การเกิดอัตรกิริยาของเพคตินในอาหาร	9
2.4	กลไกการเกิดเจลของแคปปา คาราจีแนน และไอโอตา คาราจีแนน	10
2.5	โครงสร้างของซูคราโลส (Sucralose)	12
2.6	บริเวณที่เป็นการทดลองแบบผสม (Mixture design) เมื่อมีส่วนประกอบ 2 และ 3 ชนิดตามลำดับ	13
3.1	เนื้อมะม่วงมหาชนกแช่เยือกแข็งจากชุมชนบ้านหนองบัวชุม ตำบลหนองหิน อำเภอหนองกุงศรี จังหวัดกาฬสินธุ์ที่ผ่านการเก็บเกี่ยวในปี พ.ศ.2564	17
3.2	กระบวนการผลิตมะม่วงหนีบ	19
3.3	มะม่วงมหาชนกผลสุกจากชุมชนบ้านหนองบัวชุม ตำบลหนองหิน อำเภอหนองกุงศรี จังหวัดกาฬสินธุ์ที่ผ่านการเก็บเกี่ยวในปี พ.ศ.2566	22
4.1	แผนภาพแสดงอัตราส่วนผสมระหว่างเจลาติน เพคติน และคาราจีแนน	31
4.2	ลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์เยลลี่มะม่วง	42

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีความสนใจที่จะนำมะม่วงมหาชนกของชุมชนบ้านหนองบัวชุม ตำบลหนองหิน อำเภอหนองกุงศรี จังหวัดกาฬสินธุ์ มาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์เยลลี่มะม่วง เพราะการแปรรูปมะม่วงมหาชนกยังมีไม่มากนักโดยเฉพาะในช่วงที่มะม่วงล้นตลาด ถ้าไม่นำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ มะม่วงอาจจะเกิดการเสื่อมเสียได้เร็วและต้องปล่อยทิ้งเป็นของเสียในที่สุด ผลิตภัณฑ์เยลลี่มะม่วงเป็นหนึ่งในผลิตภัณฑ์ที่สามารถทำได้ เนื่องจากมีการนำมะม่วงมาบดลดขนาดก่อนการขึ้นรูปใหม่ อีกทั้งยังสามารถพัฒนาเป็นสินค้าของพื้นที่ในช่วงที่ไม่ได้มีการปลูกและฤดูกาลเก็บเกี่ยววัตถุดิบสด ในช่วงที่ไม่ได้มีการปลูกและฤดูการเก็บเกี่ยววัตถุดิบสด โดยศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้ไฮโดรคอลลอยด์ 3 ชนิด ได้แก่ เจลาติน เพคติน และคาราจีแนน มาช่วยในการขึ้นรูปของผลิตภัณฑ์เยลลี่มะม่วง และเน้นให้ผลิตภัณฑ์มีจุดเด่นคือ รสชาติ และกลิ่นรสที่ใกล้เคียงกับมะม่วงสดที่ยังไม่ผ่านการแปรรูป เนื้อสัมผัสมีความนุ่ม ไม่แข็งจนเกินไป เคี้ยวง่าย ขนาดพอดีคำ สามารถบริโภคได้ทุกวัย

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

- 1.2.1 เพื่อศึกษากระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์เยลลี่มะม่วงจากมะม่วงมหาชนก
- 1.2.2 เพื่อศึกษาผลของการใช้ไฮโดรคอลลอยด์ในการทำผลิตภัณฑ์เยลลี่มะม่วง
- 1.2.3 เพื่อศึกษาการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์เยลลี่มะม่วง

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.3.1 ทราบถึงกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์เยลลี่มะม่วงจากมะม่วงมหาชนก
- 1.3.2 ทราบถึงผลของการใช้ไฮโดรคอลลอยด์ในการทำผลิตภัณฑ์เยลลี่มะม่วง
- 1.3.3 ทราบถึงผลของการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์เยลลี่มะม่วง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 มะม่วงมหาชนก

มะม่วงมหาชนก (*Mangifera indica* L.) เป็นมะม่วงที่มีผลขนาดใหญ่ รูปทรงยาว เปลือกหนา รสชาติอร่อย เหมาะสำหรับส่งออก ผลดิบเป็นสีเขียว รสเปรี้ยว ผลสุกมีสีเหลืองทองจนถึงสีแดงทั้งผล โดยทั่วไปนิยมกินผลสุก เมื่อสุกจัดจะมีกลิ่นหอมเป็นเอกลักษณ์เฉพาะตัว รสชาติหวาน หอม เนื้อแน่น เมล็ดลีบบาง เกิดจากการผสมข้ามสายพันธุ์โดยบังเอิญ ระหว่างพันธุ์ชั้นเซทกับพันธุ์หนังกกลางวัน เกิดเป็นมะม่วงพันธุ์ใหม่ ตั้งชื่อว่า “มหาชนก” หรือ “ราชาทรงโปรด” เพื่อเฉลิมพระเกียรติแด่พระบาทสมเด็จพระปรมินทรมหาภูมิพลอดุลยเดชบรมนาถบพิตร มะม่วงมหาชนกได้นำไปทดลองปลูกไว้ที่สวน อำเภอสี จังหวัดลำพูน เริ่มปลูกครั้งแรก เมื่อปี พ.ศ. 2533 ออกผลผลิตเป็นครั้งแรก (ธาวิดา, 2560) ฤดูกาลปกติที่เก็บเกี่ยวมะม่วงมหาชนกจากแหล่งเพาะปลูกในจังหวัดกาฬสินธุ์ คือ ช่วงเดือนพฤษภาคม เก็บเกี่ยวจากต้นเมื่อผลมีอายุ 105-110 วัน หลังจากดอกบาน จะสุกในระยะเวลาเฉลี่ย 6.2 วันหลังเก็บเกี่ยว (อุบล และคณะ, 2561) โดยมะม่วงมหาชนกมีแคลอรีต่อ ¼ ผลหรือน้ำหนัก 65 กรัม อยู่ที่ประมาณ 51-55 กิโลแคลอรี และในปริมาณ ¼ ผลของมะม่วงมหาชนก จะมีปริมาณน้ำตาลประมาณ 10.9 กรัม หรือราว ๆ 2.7 ช้อนชา (กรมอนามัย, 2553)

2.2 ผลิตภัณฑ์เจลลี่

เจล มาจากภาษาละตินในคำว่า “gelare” มีความหมายว่าแช่แข็ง ซึ่งหมายถึงการทำให้สารละลายหรือซอลแข็งตัว โดยต้องพิจารณาจากเกณฑ์ 2 ข้อคือ เจลจะต้องมีส่วนผสมอย่างน้อย 2 ส่วน ส่วนหนึ่งเป็นของเหลวและอีกส่วนเป็นของแข็ง และเจลจะต้องมีคุณสมบัติเป็นของแข็ง เป็นลักษณะที่ทราบได้โดยตรวจดูค่าแรงดันไหล เจลทุกชนิดจะมีค่าแรงดันไหลไม่มากนัก (ณรงค์, 2538)

เจล หมายถึง โครงสร้างของระบบคอลลอยด์ที่ไม่แสดงการไหล (no steady-state flow) เป็นโครงสร้างที่ประกอบด้วยของเหลวและของแข็ง โดยมีของเหลวทำหน้าที่เป็นตัวกลางและของแข็ง ที่มีอยู่ในโครงสร้างทำหน้าที่ประสานกันเป็นร่างแห การเกิดโครงสร้างของเจลขึ้นอยู่กับสมดุลระหว่างแรงดึงดูดกับแรงผลักระหว่างอนุภาคคอลลอยด์ด้วยกันเองและระหว่างอนุภาคคอลลอยด์และสารที่เป็นของเหลว (ปาริฉัตร, 2545; Schmidt, 1981)

โดยเจลลี่จัดเป็นอาหารในประเภทเจล และพบว่ามีทำให้ความหมายของเจลลี่ไว้ดังนี้

เจลลี่ หมายถึง ผลิตภัณฑ์ซึ่งทำมาจากน้ำผลไม้ที่ได้จากการคั้นหรือสกัดจากผลไม้สดหรือน้ำผลไม้ที่ผ่านกรรมวิธีหรือทำให้เข้มข้นหรือแช่แข็งผสมกับสารที่ให้ความหวานและทำให้มีความเหนียวพอเหมาะ มีลักษณะเป็นเจลโปร่งแสง (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2521)

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์เพื่อการเรียนการสอนเท่านั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต

เยลลี่ หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ทำจากน้ำผลไม้หรือน้ำผลไม้เข้มข้นกับสารที่ให้ความหวาน และสารที่ทำให้เกิดเจล เช่น เจลาติน คาราจีแนน จากนั้นนำมาให้ความร้อนเพื่อให้ส่วนผสมละลายแล้วทิ้งไว้ให้เย็นจะมีลักษณะเป็นเจล เยลลี่ที่ดีต้องมีลักษณะใสและมีเนื้อสัมผัสอ่อนนุ่มแต่ไม่เหนียวจนหนืด มีความหยุ่นตัว และไม่เหลวต้องแข็งพอที่จะคงรูปเดิมเมื่อตัดด้วยมีด (กองวิทยาศาสตร์ชีวภาพ, 2531)

เยลลี่ หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำผลไม้ ผัก ธัญชาติ หรือสมุนไพร มาคั้นหรือสกัดแล้วผสมกับสารที่ให้ความหวานและสารที่ทำให้เกิดเจล เช่น เจลาติน คาราจีแนน วุ้น ในปริมาณที่เหมาะสมที่จะทำให้เกิดผลิตภัณฑ์อยู่ในลักษณะกึ่งแข็งอาจผสมกรดผลไม้และส่วนประกอบอื่น ๆ เช่น ผลไม้ ผัก ธัญชาติ สมุนไพร เคี้ยวให้มีความข้นเหนียวพอเหมาะที่อุณหภูมิที่เหมาะสม อาจแต่งสีและกลิ่นรสด้วยก็ได้ บรรจุในภาชนะบรรจุที่ปิดได้สนิท (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน, 2547)

2.2.1 ชนิดของเยลลี่

เยลลี่สามารถแบ่งตามลักษณะได้ 3 ประเภท ได้แก่

เยลลี่เหลว หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำผลไม้ ผัก ธัญชาติ หรือสมุนไพร มาคั้นหรือสกัดแล้วผสมกับสารที่ให้ความหวานและสารที่ทำให้เกิดเจล เช่น เจลาติน คาราจีแนน วุ้น ในปริมาณที่เหมาะสมที่ทำให้ผลิตภัณฑ์อยู่ในลักษณะเหลว อาจผสมกรดผลไม้และส่วนประกอบอื่น ๆ เช่น ผลไม้ ผัก ธัญชาติ สมุนไพร เคี้ยวให้มีความข้นเหนียวพอเหมาะที่อุณหภูมิที่เหมาะสมอาจแต่งสี กลิ่นรสด้วยก็ได้ บรรจุในภาชนะที่ปิดสนิท

เยลลี่อ่อน หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำผลไม้ ผัก ธัญชาติ หรือสมุนไพร มาคั้นหรือสกัดแล้วผสมกับสารที่ให้ความหวานและสารที่ทำให้เกิดเจล เช่น เจลาติน คาราจีแนน วุ้น ในปริมาณที่เหมาะสมที่จะทำให้ผลิตภัณฑ์อยู่ในลักษณะกึ่งแข็งอาจผสมกรดผลไม้และส่วนประกอบ อื่น ๆ เช่น ผลไม้ ผัก ธัญชาติ สมุนไพร เคี้ยวให้มีความข้นเหนียวพอเหมาะที่อุณหภูมิที่เหมาะสม อาจแต่งสีและกลิ่นรสด้วยก็ได้ บรรจุในภาชนะที่ปิดได้สนิท

เยลลี่แข็ง หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำผลไม้ ผัก ธัญชาติ หรือ สมุนไพร มาคั้นหรือสกัดแล้วผสมกับสารที่ให้ความหวานและสารที่ทำให้เกิดเจล เช่น เจลาติน คาราจีแนน วุ้น ในปริมาณที่เหมาะสมที่จะทำให้ผลิตภัณฑ์อยู่ในลักษณะแข็งและเหนียว อาจผสมกรดผลไม้และส่วนประกอบอื่น ๆ เช่น ผลไม้ ผัก ธัญชาติ สมุนไพร เคี้ยวให้มีความข้นเหนียวพอเหมาะที่อุณหภูมิที่เหมาะสม อาจแต่งสีและกลิ่นรสด้วยก็ได้ อาจเติบใส่พิมพ์หรือตัดเป็นชิ้นหลังจากทิ้งไว้ให้เย็นอาจคลุกด้วยน้ำตาลหรือแป้งบริโกล รับประทานเป็นขนมหวาน (confectionery jelly) เยลลี่ชนิดนี้มีเนื้อเหนียวหนึบแข็งไม่ติดมือ (กระทรวงอุตสาหกรรม, 2547)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2 ส่วนประกอบหลักของเยลลี่

2.2.2.1 น้ำผลไม้

น้ำผลไม้เป็นตัวกำหนดรสชาติ กลิ่น และสี ของผลิตภัณฑ์ ให้เป็นไปตามสีของน้ำผลไม้ นั้น ๆ

2.2.2.2 สารก่อเจล

เยลลี่มีสารประเภทไฮโดรคอลลอยด์ร่วมอยู่ โดยที่ไฮโดรคอลลอยด์มีสมบัติในการจับน้ำได้ดี เมื่อนำมาละลายหรือกระจายตัวในน้ำร้อนจะมีความหนืดสูงและให้เนื้อสัมผัสในรูปเจลเมื่อเย็นตัวลง (สุวรรณา, 2543)

เยลลี่มีส่วนประกอบที่สำคัญ คือ กัม (gums) ทำหน้าที่เป็นสารก่อเจล กัมที่ใช้กันอย่างแพร่หลาย ได้แก่ คาราจีแนน เจลาติน และเพคติน (จุฑามาศ และคณะ, 2554)

2.2.2.3 สารให้ความหวาน

น้ำตาลเป็นสารในกลุ่มคาร์โบไฮเดรต ซึ่งน้ำตาลมีหลายชนิด เมื่อก้าวถึงน้ำตาลโดยทั่วไปจะหมายถึงซูโครสหรือน้ำตาลทราย ซึ่งเป็นส่วนผสมหลักในการผลิตลูกกวาดและเยลลี่ (จุฑามาศ และคณะ, 2554) การผลิตเยลลี่มักใช้น้ำตาลสูงถึงร้อยละ 65-70 ของน้ำหนักทั้งหมด

น้ำตาลนอกจากจะให้ความหวานแล้วยังเป็นส่วนผสมหลักในการให้เนื้อและน้ำหนักแก่ผลิตภัณฑ์ อีกทั้งน้ำตาลยังช่วยให้เพคตินหรือสารก่อเจลตกตะกอนเป็นเจล (อรุณี และคณะ, 2560) สารให้ความหวานในทางอาหารนั้นมีหลายประเภท โดย McCain และคณะ (2018) ได้แบ่งประเภทสารให้ความหวานออกเป็น 6 กลุ่ม ได้แก่ สารให้ความหวานที่ให้พลังงานจากคาร์โบไฮเดรต (nutritive) สารให้ความหวานที่ไม่ให้พลังงานแต่หรือไม่ให้พลังงาน (nonnutritive) สารให้ความหวานที่ให้ความหวานเข้มข้นสูงเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำตาลซูโครส (high-intensity) สารให้ความหวานจากธรรมชาติ(natural) สารให้ความหวานสังเคราะห์ (artificial/synthetic) และสารให้ความหวานที่ไม่ให้พลังงาน (noncaloric) โดยสารให้ความหวานนอกเหนือจากซูโครส ที่เป็นที่รู้จักกันดีในประเทศไทย คือ สารให้ความหวานทดแทนน้ำตาลสังเคราะห์ เช่น แล็กทิทอล (lactitol) มอลทิทอล (maltitol) อิริทริทอล (erythritol) ซิลลิทอล (xylitol) ซอร์บิทอล (sorbitol) และสารให้ความหวานทดแทนน้ำตาลจากธรรมชาติ เช่น สารสกัดหล่อฮังก้วย หญ้าหวาน น้ำตาลมะพร้าว น้ำตาลโตนด น้ำผึ้ง (สุพัตรา และคณะ, 2559)

2.2.2.4 สารควบคุมความเป็นกรด-ด่าง

สารควบคุมความเป็นกรด-ด่าง (pH) เป็นสารสำคัญที่สามารถส่งผลต่อรสชาติของผลิตภัณฑ์และการคงตัวของเจล ความเป็นกรด-ด่างที่เหมาะสมจะส่งผลในการป้องกันการเกิดอินเวิร์ตของน้ำตาล และป้องกันการเกิดไฮโดรไลซิสของเจลาตินซึ่งส่งผลต่อความแข็งแรงของเจล (อรุณี และคณะ, 2560) สารควบคุมความเป็นกรด-ด่างที่รู้จักกันทั่วไป เช่น กรดซิตริก กรดฟอสฟอริก กรดแล็กติก กรดมาลิก เกลือโซเดียม โปแทสเซียม และโปแทสเซียมไบคาร์บอเนต (อรุณี และคณะ, 2559)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 มาตรฐานผลิตภัณฑ์เยลลี่

จากประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 213 พ.ศ. 2543 เรื่อง แยม เยลลี่ และมาร์มาเลดใน ภาชนะบรรจุปิดสนิทได้ออกประกาศไว้ดังต่อไปนี้ เยลลี่ หมายความว่า ผลิตภัณฑ์ที่ทำจากน้ำผลไม้ล้วนที่ได้ จากการคั้นหรือสกัดจากผลไม้ หรือทำจากน้ำผลไม้ล้วนที่ผ่านกรรมวิธี หรือทำให้เข้มข้น หรือทำแช่แข็งซึ่ง ผ่านการกรองและผสมกับน้ำตาลทำให้มีความข้นเหนียวพอเหมาะทั้งนี้ให้รวมถึงเยลลี่ที่อยู่ในลักษณะแห้ง ด้วย โดยกำหนดให้แยม เยลลี่ และมาร์มาเลด ต้องมีคุณภาพหรือมาตรฐานดังต่อไปนี้ ข้อที่หนึ่ง มีกลิ่นรส ตามลักษณะเฉพาะของแยม เยลลี่ หรือมาร์มาเลด, ข้อที่สอง ต้องมีสารที่ละลายได้ไม่น้อยกว่าร้อยละ 65 ของน้ำหนัก, ข้อที่สาม มีค่าความเป็นกรด-ด่าง อยู่ระหว่าง 2.8 ถึง 3.5, ข้อที่สี่ ไม่มีจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค, ข้อที่ห้า ไม่มีสารเป็นพิษจากจุลินทรีย์หรือสารเป็นพิษอื่นในปริมาณที่อาจเป็นอันตรายต่อสุขภาพ, ข้อที่หก ไม่มีวัตถุที่ให้ความหวานชนิดอื่นนอกจากน้ำตาล และข้อที่เจ็ด เยลลี่ให้มีน้ำผลไม้หรือน้ำที่สกัดได้จากผลไม้ ที่ใช้ทำไม่น้อยกว่าร้อยละ 20 ของน้ำหนัก (ประกาศกระทรวงสาธารณสุข, 2543)

2.4 ไฮโดรคอลลอยด์

ไฮโดรคอลลอยด์ เป็นสารประกอบอินทรีย์ชนิดคาร์โบไฮเดรตหรือโปรตีน ที่มีโครงสร้างเป็นสายโซ่โพลีเมอร์ที่มีความยาว มีสมบัติในการละลายในน้ำก่อให้เกิดความหนืดหรือเกิดความเป็นเจล ซึ่งสมบัติดังกล่าว นั้นได้มาจากการที่มีหมู่ไฮดรอกซิล (OH) จำนวนมากในสายโซ่โพลีเมอร์นั่นเอง (Milani and Maleki, 2012) โดยสารไฮโดรคอลลอยด์นี้ได้มาจาก ยางไม้ สกัดจากสาหร่ายหรือเมล็ดพืช สกัดจากกระดูกหรือหนังสัตว์ รวมถึงจากการหมักของเชื้อจุลินทรีย์ ซึ่งไฮโดรคอลลอยด์จากแหล่งที่มาต่างกันจะมีสมบัติที่แตกต่างกัน และมีความเหมาะสมกับผลิตภัณฑ์แต่ละกลุ่มที่แตกต่างกัน (ประจวบเวทย์ สาตมาลี, 2560) โดยไฮโดรคอลลอยด์แบ่งตามแหล่งที่มาเป็น 3 กลุ่ม ดังนี้ หนึ่ง ไฮโดรคอลลอยด์ที่ได้จากธรรมชาติ (Natural hydrocolloid) จากเมล็ดพืชและส่วนต่าง ๆ ของพืชได้แก่ กัม อาราบิก (Gum arabic) โลคัสบีนกันัม (Locust bean) ไฮโดรคอลลอยด์ที่ได้จากราก ลำต้น เช่น แป้ง ไฮโดรคอลลอยด์ที่ได้จากสาหร่ายทะเล เช่น คาราจีแนน (Carrageenan) ไฮโดรคอลลอยด์ที่ได้จากสัตว์ เช่น ไคติน (Chitin) เจลาติน (Gelatin) ไฮโดรคอลลอยด์ที่ได้จากกระบวนการหมักจุลินทรีย์ เช่น แซนแทนกัม (Xanthan gum) , สอง ไฮโดรคอลลอยด์ที่ได้จากการดัดแปรจากสารที่ได้จากธรรมชาติ (Modified natural hydrocolloid) ได้แก่อนุพันธ์ของ เซลลูโลส เช่น Carboxymethyl cellulose (CMC) และสาม ไฮโดรคอลลอยด์สังเคราะห์ (Synthetic hydrocolloid) ได้แก่ โพลีเอเทอร์ลิโนออกไซด์โพลีเมอร์ (Polyethylene oxide polymers)

2.4.1 เจลาติน

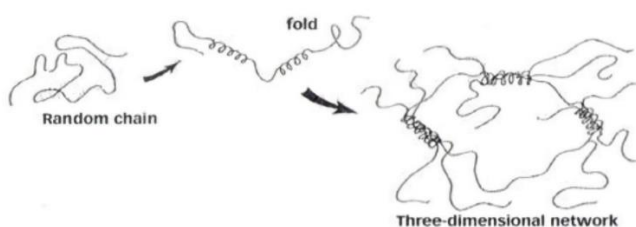
เจลาตินเป็นสารที่ทำให้เกิดเจลประเภทโปรตีน ได้มาจากการสลายคอลลาเจนของเนื้อเยื่อใน หนัง เอ็น และกระดูก โดยการใช้กรดหรือด่าง และสกัดด้วยน้ำร้อน สำหรับวัตถุดิบที่นิยมนำมาใช้ในการ ผลิต เจลาตินในระดับอุตสาหกรรมนั้น มักใช้กระดูก และหนัง จากโค กระบือ และสุกร เนื่องจากจะให้เจลาตินที่มีคุณภาพดี ส่วนการผลิตเจลาตินจากปลานั้น ไม่ค่อยมีการผลิตในระดับอุตสาหกรรมมากนัก

เนื่องจากเจลาตินปลาหมึกอุดมหมู่ในการหลอมเหลวและให้ค่าความแข็งของเจลที่ค่อนข้างต่ำ ซึ่งปัญหาดังกล่าวอาจส่งผลกระทบต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์

เจลาตินแบ่งออกเป็น 2 ชนิดคือ เจลาตินชนิด A และ B โดยแบ่งตามการปรับสภาพที่เหมาะสมกับวัตถุดิบแต่ละชนิดสำหรับการสกัดเจลาติน เจลาตินชนิด A เตรียมจาก หนังและกระดูกของสุกร โดยมีการปรับสภาพด้วยกรด มีจุดไอโซอิเล็กทริกอยู่ในช่วง 7 ถึง 9 มีค่าความแข็งของเจล (bloom strength) อยู่ในช่วง 50-300 กรัม และเจลาตินชนิด B คือเจลาตินที่ได้จากการปรับสภาพด้วยด่าง มีจุดไอโซอิเล็กทริกอยู่ในช่วง 4 ถึง 5 มีค่าความแข็งของเจล (bloom strength) อยู่ในช่วง 50-200 กรัม ตัวอย่างที่มักเตรียมโดยวิธีนี้คือ หนังและกระดูกของโค และกระบือ

สีของเจลาตินควรจะไม่มียีสจนถึงสีสว่างอำพันหรือสีเหลืองจาง ๆ ในสารละลาย ซึ่งเจลาตินเกรดต่ำจะให้ลักษณะสีไม่โปร่งใสจนถึงขุ่นหรือมีสีเหลืองส้ม ความขุ่นของเจลาตินมักเกิดเนื่องจากใช้กระบวนการผลิตไม่ดี หรือมีวัตถุดิบอื่น ๆ ผสมอยู่ด้วย นอกจากนี้เจลาตินต้องไม่มีกลิ่น และรสชาติ (นิสานารถ และคณะ, 2561) เจลาตินละลายได้เพียงบางส่วนในน้ำเย็นการละลายเจลาตินต้องทำที่อุณหภูมิไม่เกิน 60 องศาเซลเซียส ซึ่งหากสูงกว่านี้จะทำให้โครงสร้างของเจลาตินถูกทำลาย ส่งผลกระทบต่อคุณภาพของเจล ซึ่งอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการละลายของเจลาตินคือ 50-55 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที ที่ความเข้มข้น 6.67% สารละลายเจลาตินมีความหนืดซึ่งขึ้นอยู่กับระดับความเข้มข้นที่ใช้

สำหรับกลไกการเกิดเจลของเจลาตินมีดังนี้ เมื่อให้ความร้อนแก่สารละลายเจลาตินจะเปลี่ยนเป็นสารละลายคอลลอยด์ (colloidal solution) หรือซอล โมเลกุลของเจลาตินจะยึดตัวออกอยู่ในรูปของ random coil แต่เมื่อทำให้อุณหภูมิลดต่ำลง โมเลกุลที่ยึดตัวออกแล้วจะเริ่มเกิดการขดตัวอย่างช้า ๆ (fold) เมื่ออุณหภูมิลดลงจนถึงจุดก่อกำเนิดจะมีการเกิดอันตรกิริยาระหว่างโมเลกุลมากขึ้นจึงเกิดการรวมตัวกันเป็นโครงสร้างร่างแหที่แข็งแรงขึ้น เชื่อมกันระหว่างโมเลกุลมากขึ้นด้วยพันธะไฮโดรเจน พันธะไอออนิก หรือพันธะไฮโดรโฟบิก จนเกิดเป็นโครงร่างตาข่ายสามมิติ แสดงดังภาพที่ 2.1 ซึ่งในระยะนี้ทำให้พันธะระหว่างโมเลกุลเกิดการจับตัวกันอย่างคงตัวและแข็งแรงมากขึ้นพันธะหลักที่เกี่ยวข้องกับการเชื่อมกันของโมเลกุลเจลาตินคือพันธะไฮโดรเจน และหากมีการให้ความร้อนอีกครั้งจะเกิดการหลอมเหลวเป็นสารละลายหรือซอล การเปลี่ยนเฟสระหว่างซอลและเจลนี้เรียกว่า Sol-gel transition (วิชมณี และคณะ, 2560)

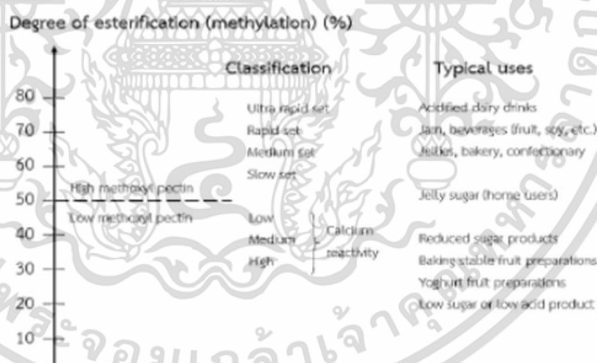


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับภาพที่ 2.1 กลไกการเกิดเจลของเจลาติน อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตีพิมพ์ : Schrieber and Gareis, 2007 ของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.2 เพคติน

เพคติน เป็นสารไฮโดรคอลลอยด์ (hydrocolloid) ในประเภทคาร์โบไฮเดรตในกลุ่มโพลีแซคคาไรด์ พบมากในผักและผลไม้ เช่น แอปเปิล ส้ม และเลมอน ในโรงงานอุตสาหกรรมสกัดเพคตินได้จากกากแอปเปิล เพคตินนับว่าเป็นส่วนผสมที่สำคัญในการเกิดเจล และช่วยในการคงตัวของผลิตภัณฑ์ประเภทแยมและเยลลี่

โครงสร้างของเพคตินประกอบด้วย กรดกาแล็กทูโรนิก (galacturonic Acid) และเมทิลกาแล็กทูโรเนต (methyl galacturonate) ต่อกันด้วยพันธะแอลฟา-1,4 ไกลโคสิติก (α -1,4 glycosidic bond) เป็นเฮเทอโร-โพลีแซคคาไรด์ (hetero-polysaccharide) อยู่ในชั้นลามลลาตอนกลาง (middle lamellae) ของผนังเซลล์พืช มักจะอยู่รวมกับเซลลูโลส รวมตัวเป็นโปรโตเพคติน ซึ่งเป็นโครงสร้างที่ละลายน้ำไม่ได้ ทำหน้าที่ยึดเกาะผนังเซลล์ให้แข็งแรงและคงรูปร่างในพืช แต่เมื่อทำปฏิกิริยากับกรดและน้ำตาลจะให้ลักษณะเป็นเจลเพคตินที่ไม่ละลายน้ำเรียกว่า โปรโตเพคติน (protopectin) จะประกอบด้วยกรดเพคติก (pectinic acid) และกรดเพคติก (pectic acid) ในผลไม้ที่ไม่สุก โมเลกุลของเพคตินจะประกอบด้วยหมู่เมทิลจำนวนมากและไม่สามารถละลายน้ำได้ เมื่อผลไม้เริ่มสุก โปรโตเพคตินจะละลายน้ำได้มากขึ้น และเมื่อผลไม้แก่จัดหรือสุกอม เพคตินจะถูกไฮโดรไลซ์ถึงจุดที่ทำให้ผลไม้สูญเสียความแน่นของเนื้อและเพคตินจะมีกำลังเกิดเจลลดลง (กรวิทย์ สักเกแก้ว, 2019)



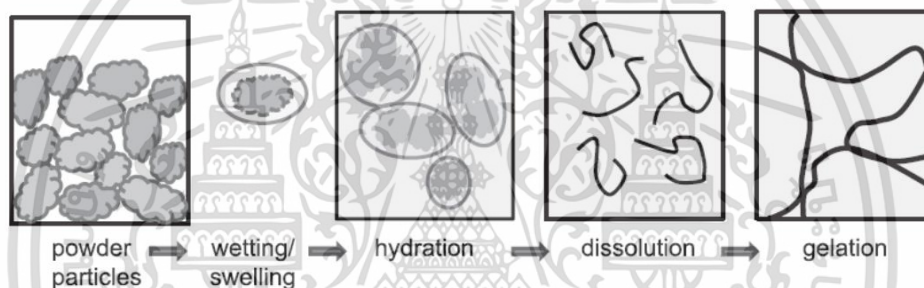
ภาพที่ 2.2 ลักษณะเจลในแต่ละระดับค่า DE ของเพคตินและการนำไปใช้งาน

ที่มา : Endreß & Christensen, 2009

เพคตินมีทั้งหมด 2 ชนิด แบ่งได้ ตามระดับของเอสเทอริฟิเคชัน (degree of esterification ; DE) ซึ่งคือปฏิกิริยาทางชีวเคมีระหว่างกรดอินทรีย์ และแอลกอฮอล์ โดยมีเอโนไซม์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาได้ เป็นสารประกอบเอสเทอร์ที่มีหมู่คาร์บอกซิลอิสระ (COOH) และหมู่คาร์บอกซิลที่รวมอยู่กับหมู่เมทิล (COOCH₃) ทำให้ได้เพคตินดังนี้ (Nazir et al., 2017) ชนิดที่หนึ่ง High methoxyl pectin มี ค่า DE มากกว่าร้อยละ 50 ในพอลิเมอร์ ประเภทนี้ จะมีขนาดโมเลกุลที่แตกต่างกันในพอลิเมอร์ โดยจับกันด้วยพันธะไฮโดรเจนและเกิดอันตรกิริยาแบบ hydrophobic กลไกการเกิดเจลจะต้องอาศัยการเติมน้ำตาลและ

ปรับค่าความเป็นกรด-ด่างให้อยู่ในสภาวะที่เป็นกรด ในแต่ละช่วงของค่า DE จะมี ความสามารถเกิดเจลที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับเวลาและค่าความเป็นกรด-ด่างแสดงดังภาพที่ 2.2 และชนิดที่สอง Low methoxyl pectin มีค่า DE น้อยกว่าร้อยละ 50 จะสามารถสร้างเจลได้ง่ายกว่า แบบ high methoxyl pectin แต่ต้องอาศัยประจุของแคลเซียมไอออนจึงจะเกิดเจลได้ โดยการเกิดเจลเป็นแบบ egg-box model ในโครงสร้างจะมีประจุแคลเซียมไอออนบริเวณ junction zones

กลไกการเกิดเจลของเพคติน แสดงดังภาพที่ 2.3 เพคตินจำเป็นต้องมีส่วนผสมของน้ำที่ใช้ในการละลายเพื่อให้เพคตินทำหน้าที่ได้ เมื่อผสมเพคตินรวมกับน้ำ จะเกิดการพองตัว และคลายตัวเมื่อได้รับความร้อนสูงขึ้น ทำให้เพคตินมีความชื้นเหน็ดและเกิดเจลได้ โดยลักษณะเจลที่เกิดขึ้นจะขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ เช่น ค่าความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (total soluble solid) สัดส่วนระหว่างเพคตินและน้ำเป็นต้น



ภาพที่ 2.3 การเกิดอันตรกิริยาของเพคตินในอาหาร
ที่มา : Einhorn-Stoll, 2018

2.4.3 คาราจีแนน

คาราจีแนน (Carrageenan) ได้จากสาหร่ายทะเล (Seaweed หรือ Marine algae) ซึ่งเป็นแหล่งที่อุดมไปด้วยสารเจล (Gelling agent) คาราจีแนนสามารถสกัดได้จากสาหร่ายทะเลสีแดง (Rhodophyceae) เช่น สาหร่ายพมมานาง (*Gracilaria fisheri*) คาราจีแนนเป็นกัมที่มีสมบัติเป็นไฮโดรคอลลอยด์ (Hydrocolloid) คือดูดน้ำและแขวนลอยในน้ำมีโครงสร้างหลักเป็นกาแลคโตส (Galactose) เชื่อมต่อกันด้วยพันธะ Glycosidic linkage และเป็น Sulphated polysaccharide

หน้าที่ของคาราจีแนนในอาหาร คือเป็น Thickening agent เพิ่มความหนืด เป็นอิมัลซิไฟเออร์ (Emulsifier) ช่วยให้น้ำมันและไขมันกับน้ำผสมเป็นเนื้อเดียวกันได้ดี เป็นสารก่อเจล (Gelling agent) ทำให้เกิดเจลจากคาราจีแนนและเป็นเจลที่คืนตัวได้เมื่อได้รับความร้อน (Thermoreversible gel)

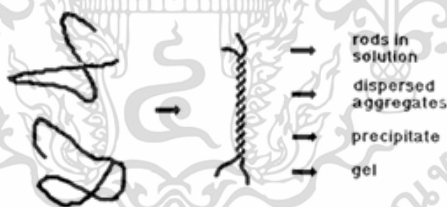
สมบัติของคาราจีแนนจะขึ้นอยู่กับประจุลบของหมู่ซัลเฟตที่อยู่ในโมเลกุลเป็นสำคัญและมีแตกต่างกันในคาราจีแนนแต่ละชนิด คาราจีแนนละลายได้ดีและมีความคงตัวที่ค่าความเป็นกรด-ด่างสูงกว่า 7 ถ้าค่าความเป็นกรด-ด่างต่ำกว่า 7 ความคงตัวจะลดลง และยังสามารถทำปฏิกิริยากับโปรตีนได้

นอกจากนี้เมื่อผสมกับไขมัน คาราจีแนนจะช่วยให้ไขมันแขวนลอยอยู่ในน้ำและช่วยป้องกันการแยกชั้นไขมันออกจากน้ำได้

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โมเลกุลของคาราจีแนนเป็นโพลีแซ็กคาไรด์ (Polysaccharide) ประเภทเฮเทอโรโพลีแซ็กคาไรด์ (Heteropolysaccharide) มีน้ำหนักโมเลกุลสูง เป็นพอลิเมอร์ของกาแล็กโทส (Galactose) และ 3,6-Anhydrogalactose (3,6-AG) มีทั้งชนิดที่มีหมู่ซัลเฟต และไม่มีหมู่ซัลเฟตซึ่งทำให้คาราจีแนน มีสมบัติต่าง ๆ เช่น การละลาย (Solubility) และการเกิดเจล (Gelation) แตกต่างกัน โดยสามารถแบ่งประเภทของคาราจีแนนเป็น 3 กลุ่มตามโครงสร้างได้ดังนี้ แคปปา (κ , K) ไอโอตา (ι , I) และ แลมดา (λ)

โดยคาราจีแนนกลุ่มแคปปาและไอโอตาจะสามารถเกิดเจลได้กับเกลือแคลเซียม หรือ โปแทสเซียม กลไกการเกิดเจลของแคปปา-คาราจีแนนและไอโอตา-คาราจีแนน มีดังนี้ เมื่อคาราจีแนนอยู่ในรูปสารละลายในน้ำจะมีโครงสร้างเป็น random coil ขณะเย็นตัวลงจะเกิดโครงสร้าง double helices แสดงดังภาพที่ 2.4 เมื่อปล่อยให้เย็นตัวลงจะเกิดเป็นโครงสร้าง 3 มิติ โดยโพลีเมอร์แต่ละสายจะรวมตัวเข้ามาใกล้กัน และเกิดเป็น junction point ซึ่งเมื่อเกาะรวมกันมากขึ้นจะทำให้เกิดการแข็งตัวเป็นเจล แคปปา-คาราจีแนน จะให้เจลที่มีลักษณะเปราะ แตกง่าย และเกิดการแยกตัวของน้ำ (syneresis) (นิธิยา, 2539; McWilliams, 1997) การแยกตัวของน้ำ จะมีปริมาณเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา เป็นผลมาจากร่างแหโพลีเมอร์ในโครงสร้าง 3 มิติ ของเจลหดตัว เข้าใกล้กันมากขึ้นทำให้น้ำที่อยู่ในร่างแหถูกบีบออกมาด้านนอกของเจล (Piculell, 1995) และไอโอตา-คาราจีแนนให้เจล ที่มีความยืดหยุ่นและไม่เกิดการแยกตัวของน้ำ สำหรับแลมดา คาราจีแนน ไม่มีสมบัติในการเกิดเจล (นิธิยา, 2539; McWilliams, 1997)



ภาพที่ 2.4 กลไกการเกิดเจลของแคปปา-คาราจีแนน และไอโอตา-คาราจีแนน
ที่มา : Piculell, 1995

2.4.4 การเกิดเจลที่ซับซ้อน

เจลที่เตรียมเพื่อใช้ในอาหารมักมีลักษณะซับซ้อนมาก เนื่องจากการใส่สารอื่นๆ นอกเหนือจากสารเกิดเจล เช่น น้ำตาล เกลือ น้ำมัน นอกจากนี้การใช้สารเกิดเจล มากกว่า 1 ชนิด โครงสร้างของเยลลี่ที่ได้ อาจจะเป็น เจลเนื้อเดียว (single-component gel) เจลเนื้อผสม (mixed gel) และเจลเนื้ออื่นผสม (filled gel หรือ composite gel) (Blanchard และ Mitchell, 1988)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

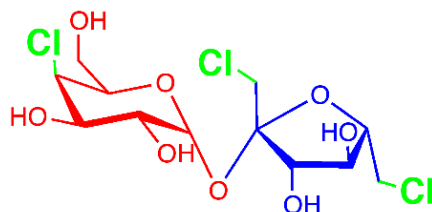
2.5 สารให้ความหวานแทนน้ำตาล

สารให้ความหวานแทนน้ำตาลเป็นหนึ่งในวัตถุเจือปนอาหารที่ใช้แทนน้ำตาลเพื่อทดแทนความหวาน นิยมเรียกว่า น้ำตาลเทียม และองค์การอนามัยโลก (WHO) ได้มีการบัญญัติคำจำกัดความเอาไว้ WHO nutrient profile model 18 (2015): สารให้ความหวานที่ไม่ใช่ น้ำตาล: “วัตถุเจือปนอาหาร (นอกเหนือจาก น้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวหรือน้ำตาลโมเลกุลคู่) ซึ่งให้รสหวานแก่อาหาร” (ปริญรัตน์ และทรงศักดิ์, 2561) โดยสารให้ความหวานแบ่งได้เป็น 2 กลุ่มคือ กลุ่มที่เป็นน้ำตาลแอลกอฮอล์ (sugar alcohols) ซึ่งให้พลังงานได้ ตัวอย่างของน้ำตาลแอลกอฮอล์ที่มีการใช้ผสมในอาหารได้แก่ ซอร์บิทอล (sorbitol), ซิลิทอล (xylitol), อิริทริทอล (erythritol) ซึ่งแต่ละชนิดมีความแตกต่างกันในแง่ของเมตาบอลิซึม และกลุ่มที่เป็นสารให้ความหวานที่ไม่มีคุณค่าทางโภชนาการ (NSS) ซึ่งไม่ให้พลังงานหรือให้พลังงานต่ำ (low-calorie sweeteners, LCS) เป็นสารที่ให้ความหวานมากกว่าสารให้ความหวานที่ให้พลังงาน (caloric sweeteners) เช่น น้ำตาลซูโครส ในปริมาณน้ำหนักร่วมกัน ในปัจจุบันองค์การอาหารและยาแห่งสหรัฐอเมริกาได้ รับรองให้ใช้สารให้ความหวานจัด 6 ชนิด ผสมในอาหารได้ ได้แก่ แซ็กคาริน (Saccharin), แอสปาทาม (Aspartame), อะซีซัลแฟมโพแทสเซียม (Ace-K), ซูคราโลส (Sucralose) และนีโอแทม (Neotame) (อรนาฎ และพนิดา, 2562)

2.5.1 ซูคราโลส

ซูคราโลส เป็นสารให้ความหวานแทนน้ำตาล (Alternative sweetener) ซึ่งเป็นวัตถุเจือปนอาหาร (food additive) โดยซูคราโลสเป็นสารให้ความหวานสังเคราะห์ที่ถูกสร้างจากน้ำตาลทรายหรือน้ำตาลซูโครสเป็นสารตั้งต้นโดยจะรวมตัวกับคลอรีน ซึ่งคลอรีนจะแทนที่หมู่ไฮดรอกซิล (-OH) ของคาร์บอนอะตอมที่ 4 ของกลูโคส และที่ 1 และ 6 ของกาแลกโตส ทำให้สูตรโครงสร้างคล้ายกับน้ำตาลแต่ร่างกายไม่สามารถย่อยได้จึงไม่ให้พลังงาน และไม่ทำให้ฟันผุ มีรสชาติหวานคล้ายน้ำตาลซูโครสมาก แต่ยังมีรสหวานตกค้างอยู่นานกว่าซูโครสเล็กน้อย เมื่อใช้ในปริมาณที่เท่ากัน ซูคราโลสให้รสหวานมากกว่าน้ำตาลซูโครสถึง 600 เท่า โดยไม่มี bitter aftertaste สามารถละลายน้ำได้ดี ไม่มีผลต่อระดับน้ำตาลในเลือดหรือระดับอินซูลิน จึงนิยมใช้ในอาหารสำหรับผู้ที่ต้องการความหวานแต่ไม่ต้องการใช้น้ำตาลซูโครส โดยซูคราโลสสามารถใช้ปรุงอาหารและขนมได้ทุกชนิด ทนความร้อนสูงมาก เป็นสารให้ความหวานที่ปลอดภัย ได้รับการรับรองโดยสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยาของประเทศไทย และสหรัฐอเมริกา (UFSDA) โดยปริมาณที่สามารถบริโภคได้ต่อวันสำหรับซูคราโลสที่สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยาของประเทศไทย สหรัฐอเมริกา กำหนด คือควรบริโภคไม่เกินวันละ 5 มิลลิกรัม/กิโลกรัม น้ำหนักร่างกาย (กรซกรรม, 2557; มนัญญา และคณะ, 2559) สูตรโครงสร้างของซูคราโลสแสดงดังภาพที่ 2.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



1,6-dichloro-1,6-dideoxy-
beta-D-Fructofuranosyl-
4-chloro-4-deoxy-
alpha-D-galactopyranoside

ภาพที่ 2.5 โครงสร้างของซูคราโลส (sucralose)

ที่มา : D. Eric Walters, 2019

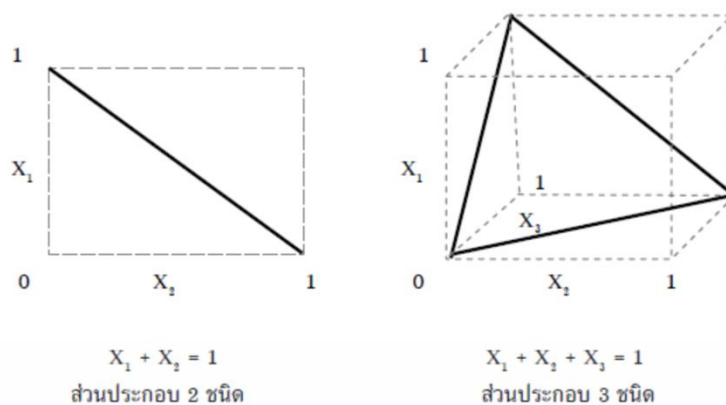
2.6 การออกแบบการทดลองแบบผสม

การออกแบบการทดลองแบบผสม (Mixture design) เป็นการออกแบบการทดลองเพื่อหาสัดส่วนของที่เหมาะสมของปัจจัยที่ต้องการจะศึกษา โดยกำหนดให้ผลรวมของปัจจัยมีค่าเท่ากับ 1.0 หรือ ร้อยละ 100 เสมอ ดังนั้นเมื่อมีปัจจัยใดที่มีค่าเพิ่มขึ้นหรือลดลง ก็จะส่งผลต่อปัจจัยอื่น ๆ อีกด้วย เนื่องจากตัวแปรไม่ได้เป็นอิสระต่อกัน (อนุวิทย์, 2553) เช่น ถ้ามีปัจจัย 3 ปัจจัย คือ X1, X2 และ X3 บริเวณที่เป็นการทดลองแบบส่วนผสมของตัวแปร X1, X2 และ X3 คือจุดต่าง ๆ บนพื้นที่สี่เหลี่ยม $X_1 + X_2 + X_3 = 1$ (วิวัฒน์, 2561) โดยการออกแบบการทดลองแบบผสมจะแบ่งย่อยได้ 4 แบบ ได้แก่ แบบ Simplex-Lattice, Simplex-Centroid, Simplex-Axial และ Extreme Vertices โดยต่อไปนี้จะขอกกล่าวถึงแค่แบบ Extreme Vertices เท่านั้น

2.6.1 การออกแบบ Extreme Vertices

เป็นการทดลองที่มีข้อจำกัด (Constrained Mixture Design) แผนการทดลองนี้แต่ละปัจจัยไม่จำเป็นจะต้องเป็น 0-100% สามารถกำหนดให้แต่ละปัจจัยที่เราสนใจมีค่าต่ำสุดและสูงสุดที่เท่าไรก็ได้ อาทิเช่น ในการผลิตอาหารชนิดหนึ่งจำเป็นต้องเติมตัวอย่าง A และตัวอย่าง B รวมกันอย่างน้อย 40% ดังนั้นส่วนผสมของ A และ B ที่ต่ำกว่า 40% จึงไม่เป็นที่สนใจ เราจึงสามารถกำหนดปริมาณขั้นต่ำของส่วนผสม A และ B ได้ โดยส่วนผสมทั้ง 2 ชนิดรวมกันต้องไม่เกินหรือไม่เท่ากับ 100% และเราไม่จำเป็นต้องศึกษาทุกปัจจัยในส่วนผสม เช่น เรามี 7 ปัจจัย แต่สนใจแค่ 2 ปัจจัย เราสามารถเลือกเฉพาะปัจจัยที่เราสนใจในการนำมาศึกษาและให้ 2 ปัจจัยนั้นมีสัดส่วนเป็น 20% จากส่วนผสมทั้งหมด ปัจจัยที่เหลือจะเป็นปัจจัยคงที่ (Fixed variables) (ดัดแปลงจาก อนุวิทย์, 2553)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.6 บริเวณที่เป็นการทดลองแบบผสม (Mixture design) เมื่อมีส่วนประกอบ 2 และ 3 ชนิดตามลำดับ

ที่มา : วิวัฒน์, 2561

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

วิชมณณี และคณะ (2560) ได้ศึกษาการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารเจลเพื่อสุขภาพสำหรับผู้สูงอายุจากผลไม้ไทย ที่มีองค์ประกอบของสารฟีนอลิกโดยใช้เยลลี่ข้าวไรซ์เบอร์รี่ เป็นผลิตภัณฑ์ต้นแบบ พบว่าการใช้แคปไซซิน-คาราจีแนน ร้อยละ 1.5 ของน้ำหนักทั้งหมด จะให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้รับคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสสูงสุดที่สุด

กอบพร และคณะ (2558) ศึกษาผลของสารก่อเจลและสารให้ความหวานต่อคุณลักษณะผลิตภัณฑ์เยลลี่สารสกัดมะพร้าว โดยใช้ปริมาณเจลาตินร้อยละ 10, 12, 14 ตามลำดับ และการใช้เจลาตินที่ร้อยละ 10 ร่วมกับการใช้เพคติน ในอัตราส่วนเพคตินร้อยละ 1.0, 1.2, 1.4 ตามลำดับ ร่วมกับสารให้ความหวานคือ น้ำตาลซูโครสและซูคราโลส พบว่า สูตรที่มีการใช้เจลาตินร้อยละ 14 ร่วมกับน้ำตาลซูโครส ผลิตภัณฑ์สุดท้ายจะมีค่าความแข็งแรง (Firmness) ค่าการบดเคี้ยว (Chewiness) และค่าการยึดเกาะผลิตภัณฑ์ (Cohesiveness) สูงที่สุด ส่วนในสูตรที่ใช้เจลาตินร้อยละ 10 และ 12 พบว่ามีค่าความยืดหยุ่น (Springiness) สูงกว่าตำรับอื่น แต่พบว่าสูตรที่ใช้เจลาตินร้อยละ 10 ร่วมกับน้ำตาลซูโครส มีค่าการยึดเกาะผลิตภัณฑ์ (Cohesiveness) ค่าความแข็งแรง (Firmness) และค่าการบดเคี้ยว ต่ำสุดเมื่อเทียบในทุกสูตร และพบว่าการใช้เพคตินไม่สามารถขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์เยลลี่ได้ ดังนั้นในการศึกษาจึงได้ใช้เจลาตินผสมกับเพคตินแต่ก็ไม่พบความแตกต่างของผลิตภัณฑ์

วัฒนา (2563) ได้ศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของเจลาตินที่มีต่อการผลิตกัมมีสับปะรดเสริมเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว โดยใช้ปริมาณเจลาตินร้อยละ 9, 3.4, 6.5, 9.5 และ 12.3 ของน้ำหนัก ตามลำดับ ร่วมกับเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว น้ำสับปะรด และกลูโคสไซรัป พบว่าสูตรการใช้เจลาตินที่ร้อยละ 12 ของน้ำหนักทั้งหมดเหมาะสมในการนำมาทำกัมมีน้ำสับปะรดเสริมเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าวที่สุด และมีคุณภาพทางกายภาพ ทางเคมี และการยอมรับทางประสาทสัมผัสจากผู้บริโภค ด้านสี กลิ่น และความชอบโดยรวม สูงที่สุด

ไม่วารณใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งยังมีเหตุผลและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รวมลี และซูไฮมิน (2561) ได้ทำการศึกษาผลของไฮโดรคอลลอยด์ต่อ คุณภาพและความคงตัวของ เยลลี่ลูกทึบยาลาระหว่างการเก็บรักษา โดยการแทนที่เจลาตินด้วยคาราจีแนนที่ระดับร้อยละ 0, 50 และ 100 ตามลำดับ และเพคตินที่ระดับร้อยละ 0, 50 และ 100 ตามลำดับ โดยจากผลการศึกษามีการวิเคราะห์ สมบัติทางกายภาพและเคมี ได้ดังนี้ เมื่อพิจารณาค่าความสว่าง (L^*) เมื่อทำการทดแทนด้วยคาราจีแนนทั้ง 2 ระดับและเพคตินที่ระดับร้อยละ 50 มีผลทำให้เยลลี่มีค่า L^* สูงกว่าชุดควบคุม ส่วนการทดแทนด้วย เพคติน ที่ระดับร้อยละ 100 มีผลทำให้ค่า L^* ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อพิจารณาค่าความเป็นสี แดงและสีเขียว (a^*) และค่าความเป็นสีเหลืองและสีน้ำเงิน (b^*) พบว่าเยลลี่ลูกทึบยาลาที่มีการทดแทนเจลาตินด้วยคาราจีแนนร้อยละ 100 และเพคตินร้อยละ 50 และร้อยละ 100 มีค่า a^* และ b^* สูงกว่าชุด ควบคุม ส่วนตัวอย่างเยลลี่ที่มีการทดแทนเจลาตินด้วยคาราจีแนนร้อยละ 50 มีค่า a^* และ b^* ต่ำสุดเมื่อ เปรียบเทียบกับทุกชุดการทดลอง เมื่อทำการทดแทนเจลาตินด้วยคาราจีแนนเพียงร้อยละ 50 มีผลทำให้ เยลลี่มีค่า L^* เพิ่มขึ้นและมีค่า a^* และ b^* ลดลงทำให้เยลลี่มีลักษณะสีอ่อนกว่าทุกชุดการทดลอง การ วิเคราะห์เนื้อสัมผัส (TPA) ในผลิตภัณฑ์เยลลี่พบว่าชนิดและปริมาณของการทดแทนเจลาตินมีผลต่อเนื้อ สัมผัส โดยปริมาณการใช้คาราจีแนนทดแทนเจลาตินที่เพิ่มขึ้น จะส่งผลให้ค่าความแข็ง แรงยืดเหนียว ความ เหนียว และ ความทนต่อการเคี้ยวลดลง และการใช้เพคตินที่ร้อยละ 50 ทำให้มีค่า TPA สูงที่สุด ขณะที่การ ทดแทนด้วยเพคตินร้อยละ 100 ส่งผลต่อการยืดเกาะของเจลลดลง และมีเนื้อสัมผัสนุ่ม คล้ายกับแยม ส่วน ค่าแรงยืดเหนียวลดลงตามปริมาณของคาราจีแนนเพิ่มขึ้น เนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์เยลลี่มีความสัมพันธ์กับ ค่า pH เนื่องจากความแข็งแรงของเจลลดลง ตามความเป็นกรดของอาหารที่เพิ่มขึ้นโดยการเพิ่มปริมาณคา ราจีแนนในผลิตภัณฑ์ ส่งผลให้ค่า pH เพิ่มขึ้น และการเพิ่มปริมาณเพคตินในผลิตภัณฑ์ ส่งผลให้ค่า pH ลดลง การใช้ปริมาณของคาราจีแนนที่ระดับร้อยละ 50 ให้ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านความชอบ โดยรวมที่ระดับคะแนน 7.70 ซึ่งเป็นคะแนนที่สูงที่สุด

กมลทิพย์ (2561) ได้ทำการศึกษาผลของการใช้สารทดแทนน้ำตาลต่อคุณภาพของกัมมีเยลลี่ตาหลา โดยกัมมีเยลลี่เป็นขนมขบเคี้ยวที่มีปริมาณน้ำตาลสูง ซึ่งอาจส่งผลเสียเชิงโภชนาการต่อสุขภาพของผู้บริโภค ได้ งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบการใช้สารให้ความหวานซอร์บิทอล ไซลิทอล และซูคราโลส เพื่อให้เป็นผลิตภัณฑ์ทางเลือกสำหรับผู้ที่ต้องการผลิตภัณฑ์ที่ลดพลังงานหรือหลีกเลี่ยงพลังงานจากน้ำตาล ซูโครส โดยทำการทดแทนน้ำตาลซูโครสด้วย ซอร์บิทอล ไซลิทอล และซูคราโลสที่ระดับร้อยละ 0 25 และ 50 (w/w) พบว่า ชนิดและระดับสารทดแทนความหวานส่งผลต่อคุณสมบัติทางกายภาพ เคมี และการ ยอมรับทางประสาทสัมผัส ซึ่งการเติมสารให้ความหวานทดแทนน้ำตาลซูโครสมีแนวโน้มทำให้กัมมีเยลลี่ตา หลามีปริมาณความชื้นเพิ่มขึ้น ส่วนค่าความหนืดมีแนวโน้มลดลง สามารถใช้ซูคราโลสทดแทนน้ำตาลซูโครส ในผลิตภัณฑ์กัมมีเยลลี่ได้ในระดับร้อยละ 50 โดยได้รับคะแนนความชอบรวมไม่แตกต่างจากสูตรควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) จากการวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์กัมมีเยลลี่ตาหลาสสูตรทดแทนด้วยซูคราโลส ร้อยละ 50 พบว่า มีปริมาณของแข็งทั้งหมดเท่ากับ 80.84 องศา brix และค่า aw เท่ากับ 0.83

จิรนนท์ และพัชรี (2561) ได้ทำการศึกษาการพัฒนาสูตรเยลลี่จากล่องกองสุกรวง จากผลการศึกษา ไม่ว่ากรรมใด ทั้งสิ้น อีกทั้งยังมีให้คิดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้ พบว่าเยลลี่ล่องกอง 5 สูตร มีคุณภาพตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน 519/2547 คุณสมบัติของเยลลี่มีสี

เกลือใส เป็นประกาย คงตัวดีที่อุณหภูมิห้อง คงรูป ไม่เหนียวติดซ้อน โดยที่ปริมาณของเจลาติน น้ำตาล กรด และน้ำ ต้องอยู่ในสัดส่วนที่เหมาะสม ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลโดยตรงต่อเยลลี่ ผู้วิจัยพบว่าสูตรที่ ประกอบไปด้วย น้ำล่องกอง 25.2 มิลลิลิตร น้ำ 31.1 มิลลิลิตร น้ำตาล 35 กรัม เจลาติน 2.2 กรัม และกรด ซิตริก 0.5 กรัม ได้รับคะแนนประเมินด้านประสาทสัมผัสด้านความชอบโดยรวมมากที่สุด มีค่าปริมาณ ของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดเท่ากับ 4.7 องศาบริกซ์ พีเอชเท่ากับ 3.2 โดยทั่วไปแล้วค่าความเป็นกรด-ด่าง ของเยลลี่จะอยู่ที่ 2.8 – 3.5 ซึ่งสูตรนี้มีการใช้ปริมาณเจลาตินร้อยละ 2.2 ถือว่ามีปริมาณค่อนข้างน้อย ส่งผลให้น้ำเยลลี่ไม่แข็งและไม่นุ่มจนเกินไป การเพิ่มปริมาณเจลาตินจะส่งผลต่อค่าความยืดหยุ่น ความแข็ง และการเคี้ยวเพิ่มขึ้น

กมลพิพัฒน์ และคณะ (2560) ได้ทำการศึกษาการพัฒนาผลิตภัณฑ์เยลลี่มะม่วงหาวมะนาวโห่ โดย ศึกษาความเข้มข้นของน้ำมะม่วงหาวมะนาวโห่ที่ 1:2 1:4 และ 1:6 ตามลำดับ ร่วมกับสูตรพัฒนาเยลลี่ มะนาวมาตรฐาน ที่ใช้คาราจีแนน จากนั้นนำความเข้มข้นของน้ำมะม่วงหาวมะนาวโห่ที่ผ่านมาคัดเลือก มา ศึกษาปริมาณเพคตินที่มีผลต่อเนื้อสัมผัส โดยปรับใช้ปริมาณเพคติน ที่ 10 20 และ 30 กรัมตามลำดับ จาก การศึกษาพบว่า ความเข้มข้นของน้ำมะม่วงหาวมะนาวโห่ที่ได้รับการยอมรับสูงสุดคือการใช้เนื้อมะม่วงหาว มะนาวโห่และน้ำเปล่าในระดับที่ 1:6 และใช้ปริมาณเพคตินที่ระดับ 10 กรัม เนื่องจากเป็นปริมาณที่ทำให้ เยลลี่อยู่ตัวและมีเนื้อสัมผัสตามลักษณะที่ดีของผลิตภัณฑ์เยลลี่ โดยผลิตภัณฑ์มีค่า Breaking Force เท่ากับ 570.66 กรัม ค่า Distance to Rupture เท่ากับ 1.90 เซนติเมตร และ Gel Strength มีค่าเท่ากับ 863.44 กรัมเซนติเมตร เนื่องจากค่า Breaking Force เยลลี่มะม่วงหาวมะนาวโห่มีปริมาณกรดที่มีผลทำให้เยลลี่ อ่อนตัว ค่า Distance to Rupture เมื่อปริมาณเพคตินเพิ่มขึ้นซึ่งมีผลทำให้เยลลี่มีความยืดหยุ่นเพิ่มมาก ขึ้น และค่า Gel Strength มีปริมาณคาราจีแนนและเพคตินที่มีผลทำให้เนื้อของเจลมีความยืดหยุ่นที่ดี ด้าน ค่าสีมี ค่า Hue เท่ากับ 5R ค่าความสว่างของสี (Value) เท่ากับ 4 และค่าความ สดใส/ความเข้ม (Chroma) เท่ากับ 14 เพราะผลิตภัณฑ์เป็นสีแดงใส ค่าความหวานเท่ากับ 35 องศาบริกซ์ และค่าความเป็นกรด-ด่าง เท่ากับ 3.05 ซึ่งโดยปกติความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของเยลลี่อยู่ ระหว่าง pH 2.8-3.5 ส่วน ค่า pH ที่ เหมาะสมที่สุดคือ pH 3.2 ด้านการยอมรับของผู้บริโภคพบว่าผู้บริโภคให้การยอมรับผลิตภัณฑ์เยลลี่มะม่วง หาวมะนาวโห่จำนวน 146 คน คิดเป็นร้อยละ 97.30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

3.1 วัตถุดิบและสารเคมี

3.1.1 วัตถุดิบ

3.1.1.1 มะม่วงมหาชนกแช่เยือกแข็งจากชุมชนบ้านหนองบัวชุม ตำบลหนองหิน อำเภอหนองกุงศรี จังหวัดกาฬสินธุ์ ที่ผ่านการเก็บเกี่ยวในปี พ.ศ.2564 นำเอาเมล็ดออกเก็บเฉพาะส่วนเนื้อ แล้วนำมาบรรจุสุญญากาศ เก็บที่อุณหภูมิ -18 °C

3.1.1.2 มะม่วงมหาชนกผลสุกจากชุมชนบ้านหนองบัวชุม ตำบลหนองหิน อำเภอหนองกุงศรี จังหวัดกาฬสินธุ์ ที่ผ่านการเก็บเกี่ยวในปี พ.ศ.2566 นำเอาเมล็ดออกเก็บเฉพาะส่วนเนื้อ

3.1.1.3 เจลาติน (McGarrett, INS 428, Thailand)

3.1.1.4 เพคติน (Chemipan, CF1601-B-KG001, Thailand)

3.1.1.5 คาราจีแนน (Krungthepchemi, F013CG, Thailand)

3.1.1.6 ซูคราโลส (Krungthepchemi, S001SL, Thailand)

3.1.1.7 กรดซิตริก (Krungthepchemi, F004CA, Thailand)

3.1.1.8 กลิ่นมะม่วงชนิดผง (Krungthepchemi, U016MG, Thailand)

3.1.1.9 น้ำกรอง

3.2 อุปกรณ์

3.2.1 เครื่องสับผสมเล็ก (Philips600W, Thailand)

3.2.2 กะละมังสแตนเลส

3.2.3 ทัพพี

3.2.4 กระจงชอนสแตนเลส

3.2.5 ถ้วยอลูมิเนียม

3.2.6 พายซีลีโคน

3.2.7 เครื่องชั่งตวงวัด 2 ตำแหน่ง (Mettler Toledo, ME3002, Switzerland)

3.2.8 เทอร์โมมิเตอร์ (Taylor, USA)

3.2.9 หม้อสแตนเลส

3.2.10 เตาแก๊ส

3.2.11 ซ้อนชาอลูมิเนียม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่รวบรวมไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ผู้ใช้ต้องรับผิดชอบต่อผู้ผลิตและผู้จำหน่ายให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.12 แม่พิมพ์ซิลิโคน สีเหลืองจัดรหัส 126 ช่อง ขนาดกว้าง 1.5 เซนติเมตร, ยาว 1.5 เซนติเมตร และ สูง 1 เซนติเมตร

3.2.13 ตู้เย็น

3.2.14 ฟิล์มยืดห่ออาหาร (Plastic food wrap)

3.2.15 เครื่อง Spectrophotometer&Colormeter (HunterLab, ColorQuestXE, USA)

3.2.16 เครื่อง Brix refractometer (Atago, N-1E, Japan)

3.2.17 เครื่อง pH meter (SI Analytics, Lab855, USA)

3.2.18 เครื่อง Chroma meter (Konica Monolta, CR400, Japan)

3.2.19 เครื่อง Texture analyzer (Stable Micro Systems, TA-XT plus, England)

3.2.20 เครื่อง Water activity (Aqua Lab, 4TE, USA)

3.3 ขั้นตอนและวิธีการทดลอง

3.3.1 การเตรียมเนื้อมะม่วง

3.3.1.1 นำเนื้อมะม่วงมหาชนกแช่เยือกแข็งที่ผ่านการเก็บเกี่ยวในปี พ.ศ.2564 บรรจุในถุงสุญญากาศที่เก็บไว้ในสภาวะแช่เยือกแข็งมาละลายน้ำแข็ง โดยเปิดน้ำไหลผ่านเป็นเวลา 1-2 ชั่วโมง

3.3.1.2 นำเนื้อมะม่วงที่ผ่านการละลายน้ำแข็งมาบดลดขนาดด้วยเครื่องสับผสมเล็กเป็นเวลา 1 นาที จากนั้นกรองด้วยกระชอนสเตนเลส



ภาพที่ 3.1 เนื้อมะม่วงมหาชนกแช่เยือกแข็งจากชุมชนบ้านหนองบัวชุม ตำบลหนองหิน อำเภอหนองกุงศรี จังหวัดกาฬสินธุ์ ที่ผ่านการเก็บเกี่ยวในปี พ.ศ.2564

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.2 การตรวจวิเคราะห์คุณภาพของมะม่วงมหาชนกแช่เยือกแข็ง

3.3.2.1 การวิเคราะห์ค่าความหวาน

โดยนำตัวอย่างมะม่วงที่บดลดขนาด จากนั้นหยดตัวอย่างมะม่วงลงบนแผ่นปริซึมของเครื่อง hand refractometer ปิดแผ่นพลาสติก แล้วส่องมองผ่านช่องอ่านค่าในที่มีแสง จะมองเห็นเป็นแถบสีระหว่างสีขาวและสีฟ้า อ่านค่าตัวเลขที่ได้ตามสเกล (ทำการวิเคราะห์ 5 ซ้ำ) มีหน่วยเป็น °Brix

3.3.2.2 การวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่าง

ใช้เครื่องวัดความเป็นกรด-ด่าง (pH-Meter) โดยเตรียมตัวอย่างมะม่วงที่บดลดขนาดปริมาณ 20 กรัม จากนั้นนำ Probe ที่ผ่านการ Calibrate เสร็จแล้ว ไปวัดค่าความเป็นกรด-ด่างของมะม่วง ทุกครั้งที่วัดค่า pH ใหม่ให้ล้าง Probe ด้วยน้ำกลั่นและซับให้แห้งด้วยกระดาษทิชชู (ทำการวิเคราะห์ 5 ซ้ำ)

3.3.2.3 การวิเคราะห์ค่าสี

การวิเคราะห์ค่าสีของเนื้อมะม่วงมหาชนก โดยใช้เครื่อง HunterLab รุ่น ColorQuestXE ซึ่งวัดค่าสีในระบบ CIE L* a* b* ก่อนการวัดจะต้องทำ Standardize ใน Mode RSEX แล้วจึงนำตัวอย่างมาวัดค่าสี โดยเตรียมตัวอย่างมะม่วงมหาชนกที่บดลดขนาดใส่ลงในขวด HunterLab 40 มิลลิลิตร (ทำการวิเคราะห์ 5 ซ้ำ) โดยจะมีตัวแปร 3 ตัว ได้แก่ ค่า L*, a* และ b* โดยที่ L* บอกค่าความสว่าง มีค่าระหว่าง 0 (ดำ) – 100 (ขาว) a* บอกค่าสีแดงกับสีเขียว ถ้า a* มีค่าบวก เป็นสีแดง a* เป็นค่าลบ เป็นสีเขียว b* บอกค่าสีเหลืองกับสีน้ำเงิน ถ้า b* มีค่าบวก เป็นสีเหลือง b* เป็นค่าลบ เป็นสีน้ำเงิน

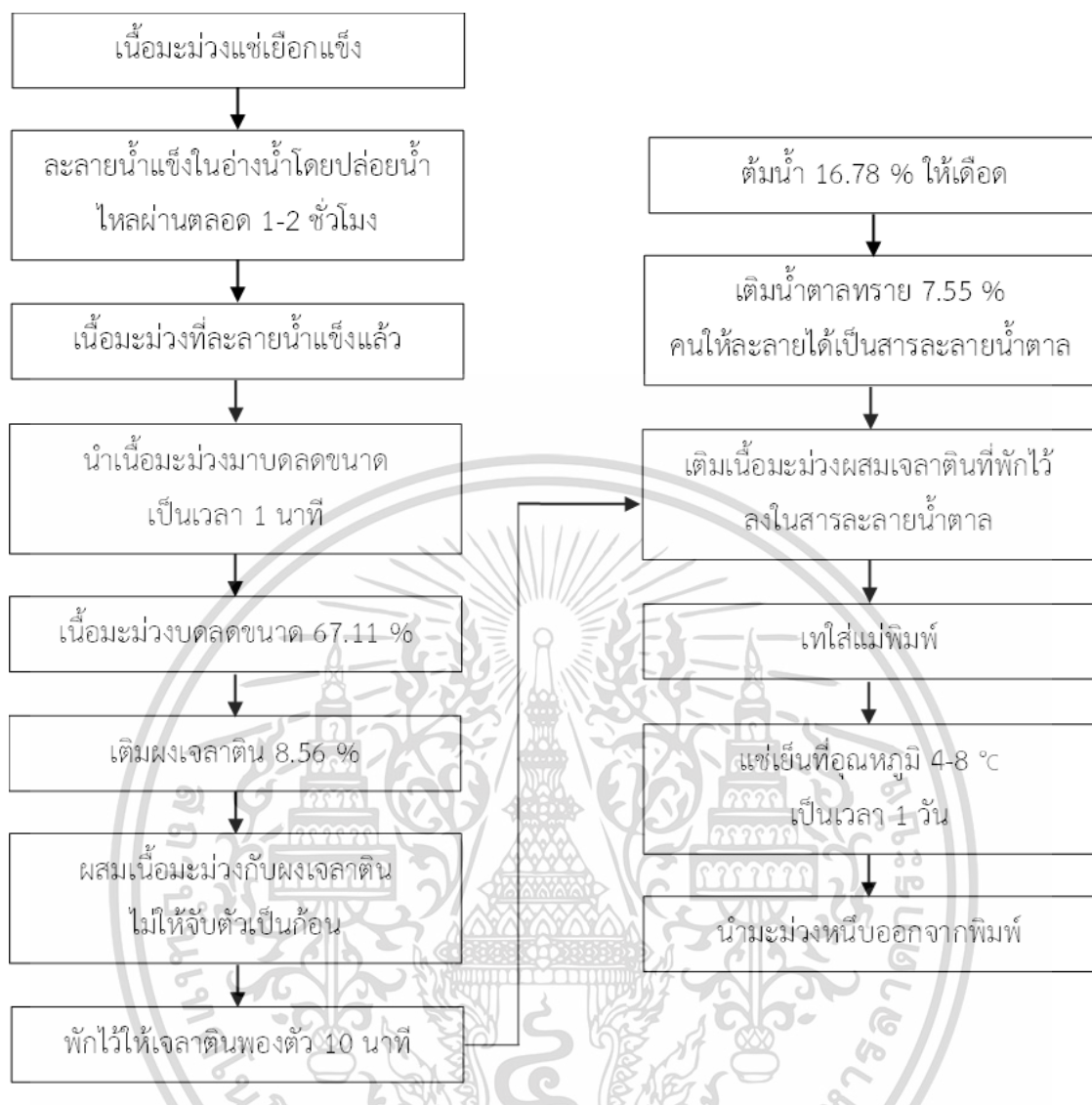
3.3.3 การศึกษากระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์เยลลี่มะม่วง

นำเนื้อมะม่วงมหาชนกแช่เยือกแข็งที่ละลายแล้วตามวิธีการในข้อ 3.3.1.1 หลังจากนั้นนำไปบดลดขนาดตามวิธีการในข้อ 3.3.1.2 แล้วเติมผงเจลาตินคนผสมไม่ให้จับตัวเป็นก้อน พักทิ้งไว้ 10 นาที รอให้เจลาตินพองตัว ระหว่างที่รอเจลาตินพองตัวต้มน้ำที่อุณหภูมิ 80-100 องศาเซลเซียส แล้วนำเนื้อมะม่วงมหาชนกผสมกับเจลาตินที่พักไว้ใส่ลงไปในน้ำที่ต้มไว้ จากนั้นคนเจลาตินจนละลายหมด ปิดไฟ และเทเยลลี่มะม่วงที่ยังไม่ขึ้นรูปลงบนแม่พิมพ์ นำไปแช่เย็นที่อุณหภูมิ 4-8 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 19-24 ชั่วโมง จึงนำเยลลี่มะม่วงออกจากพิมพ์ แสดงรายละเอียดกระบวนการผลิตดังตารางที่ 3.1 และภาพที่ 3.2

ตารางที่ 3.1 สูตรกระบวนการผลิตมะม่วงหนึบ

Percent (%)			
Gelatin	Mango	Water	Sugar
8.56	67.11	16.78	7.55

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับใช้เรียนเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ทำซ้ำโดยไม่ได้รับอนุญาต
ที่มา panda chan, 2562
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.2 กระบวนการผลิตมะม่วงหนึบ
ที่มา panda chan, 2562

3.3.4 การศึกษาอัตราส่วนของเจลาตินที่เหมาะสมในการใช้เป็นสารก่อเจลเพื่อขึ้นรูปผลิตภัณฑ์เยลลี่มะม่วง

กำหนดอัตราส่วนของเจลาตินที่เหมาะสมในการใช้เป็นสารก่อเจลเพื่อขึ้นรูปผลิตภัณฑ์เยลลี่มะม่วง โดยใช้เจลาตินในปริมาณที่แตกต่างกัน 4 ระดับ คือ ร้อยละ 12, 15, 18 และ 21 ของปริมาณส่วนผสมทั้งหมด ซึ่งอ้างอิงจากการศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของเจลาตินที่มีต่อการผลิตกัมมี่สับปะรดเสริมเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว (วัฒนา, 2563)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.5 การตรวจวิเคราะห์คุณภาพของผลิตภัณฑ์เยลลี่มะม่วง

3.3.5.1 การวิเคราะห์ค่าสี

การวิเคราะห์ค่าสีของผลิตภัณฑ์เยลลี่มะม่วง โดยใช้เครื่อง Chroma meter ซึ่งวัดค่าสีในระบบ CIE L* a* b* ก่อนการวัดจะต้อง calibrate กับแผ่นสีมาตรฐาน แล้วจึงนำมาวัดค่าสี โดยใช้ตัวอย่างเยลลี่มะม่วงขนาดกว้าง 1.5 เซนติเมตร, ยาว 1.5 เซนติเมตร และสูง 1 เซนติเมตร (ทำการวิเคราะห์ 5 ซ้ำ) โดยจะมีตัวแปร 3 ตัว ได้แก่ ค่า L*, a* และ b* โดยที่ L* บอกค่าความสว่าง มีค่าระหว่าง 0 (ดำ) – 100 (ขาว) a* บอกค่าสีแดงกับสีเขียว ถ้า a* มีค่าบวก เป็นสีแดง a* เป็นค่าลบ เป็นสีเขียว b* บอกค่าสีเหลืองกับสีน้ำเงิน ถ้า b* มีค่าบวก เป็นสีเหลือง b* เป็นค่าลบ เป็นสีน้ำเงิน (ตัดแปลงจาก ปทิต ตาห์, 2565)

3.3.5.2 การวิเคราะห์ปริมาณน้ำอิสระ

นำตัวอย่างผลิตภัณฑ์เยลลี่มะม่วงมาวิเคราะห์หาปริมาณน้ำอิสระ ด้วยเครื่องวัดค่าปริมาณน้ำอิสระ (Aqua Lab, 4TE, USA) โดยนำตัวอย่างเยลลี่มะม่วงขนาดกว้าง 1.5 เซนติเมตร, ยาว 1.5 เซนติเมตร และสูง 1 เซนติเมตรมาตัดหั่นเป็นชิ้นขนาดเล็กบรรจุลงในตลับพลาสติก โดยบรรจุไม่ให้เกินระดับที่กำหนดของตลับ หรือปริมาณ 1/2 ของตลับ จากนั้นวางตลับตัวอย่างลงในเครื่อง ตั้งทิ้งไว้เมื่อมีสัญญาณเตือนจึงสามารถอ่านค่าที่วิเคราะห์ได้ (ทำการวิเคราะห์ 5 ซ้ำ)

3.3.5.3 การวิเคราะห์ค่า Texture profile analysis

วัดด้วยวิธี Texture Profile Analysis (TPA) ซึ่งเป็นการทดสอบเพื่อเลียนแบบการเคี้ยวของมนุษย์โดยใช้เครื่อง Texture Analyzer รุ่น TA-XT plus (Surry, England) โดยใช้ตัวอย่างเยลลี่มะม่วงขนาดกว้าง 1.5 เซนติเมตร, ยาว 1.5 เซนติเมตร และสูง 1 เซนติเมตร ใช้หัววัดทรงกระบอกเส้นผ่านศูนย์กลาง 50 มิลลิเมตร ความเร็วของเข็มวัดขณะทดสอบ 1.0 มิลลิเมตร/วินาที ระยะทางกดร้อยละ 75 ของความหนา ระยะเวลาในการคืนตัว 1 วินาที จะได้ค่าความแข็ง (Hardness), อัตราการคืนตัว/ยืดหยุ่น (Springiness), แรงยึดเหนี่ยว (Cohesiveness) ที่เกิดขึ้นภายในตัวอย่าง, ค่าความเหนียว (Gumminess) และค่าการบดเคี้ยว (Chewiness)

3.3.5.4 การประเมินความชอบทางประสาทสัมผัส

การประเมินความชอบทางประสาทสัมผัสโดยการทดสอบชิมผลิตภัณฑ์เยลลี่มะม่วงที่เติมอัตราส่วนของเจลาตินในปริมาณที่แตกต่างกัน 4 ระดับ คือ ร้อยละ 12, 15, 18 และ 21 ของปริมาณส่วนผสมทั้งหมด โดยใช้ตัวอย่างเยลลี่มะม่วงขนาดกว้าง 1.5 เซนติเมตร, ยาว 1.5 เซนติเมตร และสูง 1 เซนติเมตร และนำผลิตภัณฑ์เยลลี่มะม่วงจำนวน 2 ชิ้นใส่ในถ้วยชิม จากนั้นวางผลิตภัณฑ์เยลลี่มะม่วงที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 10 นาทีก่อนให้ผู้ทดสอบชิม ซึ่งให้ผู้ทดสอบชิมจำนวน 40 คน โดยใช้วิธีการเรียงลำดับความชอบ (Ranking Test) ใช้เกณฑ์การประเมินได้แก่ลักษณะปรากฏ, สี, กลิ่น, กลิ่นรส, เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม โดยคะแนนที่ระดับ 4 แสดงความชอบมากที่สุด และคะแนนที่ระดับ 1 แสดงไม่ชอบเลย ทั้งสิ้น อีกทั้งยังมีให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความชอบน้อยที่สุด เพื่อคัดเลือกอัตราส่วนของเจลาตินที่เหมาะสมในการใช้เป็นสารก่อเจลเพื่อขึ้นรูปผลิตภัณฑ์

3.3.5.5 การวิเคราะห์ทางสถิติ

สำหรับการวิเคราะห์ทางคุณภาพวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) ทำการวิเคราะห์ 5 ซ้ำ และสำหรับในการประเมินความชอบทางประสาทสัมผัสตามแผน(Randomized Complete Block Design, RCBD) ซึ่งนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance, ANOVA) และเปรียบเทียบค่าความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's new multiple range test, DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยใช้โปรแกรมวิเคราะห์ทางสถิติ IBM SPSS Statistics

3.3.6 การใช้ไฮโดรคอลลอยด์ที่มีต่อคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์เยลลี่

การกำหนดอัตราส่วนที่เหมาะสมของไฮโดรคอลลอยด์ 3 ชนิด ได้แก่ เจลาติน เพคติน และคาราจีแนน ซึ่งได้อัตราส่วนจากการศึกษาสูตรเบื้องต้นของผลิตภัณฑ์ และจากการประเมินความชอบทางประสาทสัมผัส โดยการทดสอบชิมผลิตภัณฑ์เยลลี่มะม่วงที่เติมอัตราส่วนของเจลาตินในปริมาณที่แตกต่างกัน 4 ระดับ จากนั้นใช้โปรแกรม Minitab Statistical Software ในการออกแบบการทดลองซึ่งใช้แผนการทดลองแบบผสม (Mixture Design) ระหว่างเจลาติน เพคติน และคาราจีแนนต่อการขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์เยลลี่มะม่วง โดยมีปริมาณเจลาติน ร้อยละ X_1 - X_2 เพคติน ร้อยละ X_1 - X_2 และคาราจีแนน ร้อยละ X_1 - X_2 ซึ่งอัตราส่วนของไฮโดรคอลลอยด์ในแต่ละสูตรจะเท่ากับร้อยละอัตราส่วนของเจลาตินที่เหมาะสมที่ได้จากผลการประเมินความชอบทางประสาทสัมผัสตามวิธีการที่ระบุในข้อ 3.3.5.4

3.3.7 การตรวจวิเคราะห์คุณภาพของผลิตภัณฑ์เยลลี่มะม่วง

3.3.7.1 การวิเคราะห์ค่าสี

วิธีการตามที่ระบุในข้อ 3.3.5.1

3.3.7.2 การวิเคราะห์ปริมาณน้ำอิสระ

วิธีการตามที่ระบุในข้อ 3.3.5.2

3.3.7.3 การวิเคราะห์ค่า Texture profile analysis

วิธีการตามที่ระบุในข้อ 3.3.5.3

3.3.7.4 การประเมินความชอบทางประสาทสัมผัส

การประเมินความชอบทางประสาทสัมผัสโดยการทดสอบชิมผลิตภัณฑ์เยลลี่มะม่วงที่เติมอัตราส่วนของไฮโดรคอลลอยด์ 3 ชนิดในปริมาณที่แตกต่างกัน ได้แก่ เจลาติน เพคติน และคาราจีแนน โดยใช้ตัวอย่างเยลลี่มะม่วงขนาดกว้าง 1.5 เซนติเมตร, ยาว 1.5 เซนติเมตร และสูง 1 เซนติเมตร และนำผลิตภัณฑ์เยลลี่มะม่วงจำนวน 2 ชิ้นใส่ในถ้วยพลาสติก จากนั้นวางผลิตภัณฑ์เยลลี่มะม่วงที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 10 นาทีก่อนให้ผู้ทดสอบชิม ซึ่งใช้ผู้ทดสอบชิมจำนวน 40 คน โดยใช้วิธีการให้คะแนนตามความชอบแบบ 9-point hedonic scale ใช้เกณฑ์การประเมินได้แก่ลักษณะปรากฏ, สี, กลิ่น, ไม้วากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุขัดแย้งและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กลิ่นรส, เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม โดยคะแนนที่ระดับ 9 แสดงความชอบมากที่สุด และคะแนนที่ระดับ 1 แสดงความไม่ชอบมากที่สุด

3.3.7.5 การวิเคราะห์ทางสถิติ

สำหรับการวิเคราะห์ทางคุณภาพวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) วิเคราะห์ 5 ซ้ำ และสำหรับในการประเมินความชอบทางประสาทสัมผัสตามแผน (Randomized Complete Block Design, RCBD) ซึ่งนำข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance, ANOVA) และเปรียบเทียบค่าความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's new multiple range test, DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยใช้โปรแกรมวิเคราะห์ทางสถิติ IBM SPSS Statistics

3.3.8 การพัฒนาผลิตภัณฑ์เยลลี่มะม่วงจากมะม่วงมหาชนก

การพัฒนาผลิตภัณฑ์เยลลี่มะม่วงที่คัดเลือกได้จากข้อ 3.3.7.4 โดยการคัดเลือกสูตรผลิตภัณฑ์เยลลี่มะม่วงอย่างน้อย 1 สูตร มาพัฒนาจนมีระดับคะแนนการยอมรับอย่างน้อย 7 คะแนนจาก 9 คะแนน ซึ่งจากการที่นำผลิตภัณฑ์เยลลี่ไปให้ผู้ทดสอบชิม ผู้ทดสอบชิมได้ประเมินความชอบทางประสาทสัมผัส และได้ให้ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับคุณลักษณะทางด้านเนื้อสัมผัส, กลิ่น, กลิ่นรส และรสชาติของผลิตภัณฑ์เยลลี่มะม่วง ว่าควรมีการปรับปรุงให้เพิ่มกลิ่น และกลิ่นรสของมะม่วงให้ชัดเจนมากกว่าเดิม และยังต้องการให้ผลิตภัณฑ์เยลลี่มะม่วงมีรสชาติหวานที่มากขึ้น ดังนั้นจึงมีแนวคิดในการปรับปรุงคุณลักษณะทางด้านเนื้อสัมผัส, กลิ่น, กลิ่นรส และรสชาติของผลิตภัณฑ์เยลลี่มะม่วง โดยมีแนวทางในการปรับปรุงคือ การเติมชูโคราโรสและกลิ่นมะม่วงชนิดผง และยังเปลี่ยนมาใช้มะม่วงมหาชนกผลสุกที่ผ่านการเก็บเกี่ยวในปี พ.ศ. 2566 โดยจะเลือกสีของผลมะม่วงมหาชนกสดตามที่แสดงดังภาพที่ 3.3 ที่จากเดิมที่ใช้มะม่วงมหาชนกแช่เยือกแข็งที่ผ่านการเก็บเกี่ยวในปี พ.ศ.2564 ซึ่งการปรับปรุงในขั้นตอนนี้มีเป้าหมายเพื่อให้ได้รับคะแนนความชอบจากผู้ทดสอบชิมมากกว่าหรือเท่ากับ 7 คะแนนจากการประเมินความชอบทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี 9-point hedonic scale โดยใช้ผู้ทดสอบชิมจำนวน 40 คน



ภาพที่ 3.3 มะม่วงมหาชนกผลสุกจากชุมชนบ้านหนองบัวชุม ตำบลหนองหิน อำเภอหนองกุงศรี จังหวัดกาฬสินธุ์ที่ผ่านการเก็บเกี่ยวในปี พ.ศ.2566

3.3.9 การตรวจวิเคราะห์คุณภาพของมะม่วงมหาชนกผลสุก

3.3.9.1 การวิเคราะห์ค่าความหวาน

วิธีการตามที่ระบุในข้อ 3.3.2.1

3.3.9.2 การวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่าง

วิธีการตามที่ระบุในข้อ 3.3.2.2

3.3.9.3 การวิเคราะห์ค่าสี

วิธีการตามที่ระบุในข้อ 3.3.2.3

3.3.10 การตรวจวิเคราะห์คุณภาพของผลิตภัณฑ์เยลลี่มะม่วงสูตรปรับปรุง

3.3.10.1 การวิเคราะห์ค่าความหวาน

โดยนำสูตรตัวอย่างผลิตภัณฑ์เยลลี่มะม่วงที่ยังไม่ขึ้นรูปที่ปรับปรุงแล้วมาหยดลงบนแผ่นปริซึมของเครื่อง hand refractometer ปิดแผ่นพลาสติก แล้วส่องมองผ่านช่องอ่านค่าในที่มีแสง จะมองเห็นเป็นแถบสีระหว่างสีขาวและสีฟ้า อ่านค่าตัวเลขที่ได้ตามสเกล (ทำการวิเคราะห์ 5 ซ้ำ) มีหน่วยเป็น °Brix

3.3.10.2 การวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่าง

โดยใช้เครื่องวัดความเป็นกรด-ด่าง (pH-Meter) โดยเตรียมตัวอย่างในขณะที่ผลิตภัณฑ์เยลลี่มะม่วงยังไม่ขึ้นรูปปริมาณ 20 กรัม จากนั้นนำ Probe ที่ผ่านการ Calibrate เสร็จแล้ว ไปวัดค่าความเป็นกรด-ด่างของสารละลายมะม่วงที่ปรับปรุงแล้ว ทุกครั้งที่วัดค่า pH ใหม่ให้ล้าง Probe ด้วยน้ำกลั่นและซับให้แห้งด้วยกระดาษทิชชู (ทำการวิเคราะห์ 5 ซ้ำ)

3.3.10.3 การวิเคราะห์ค่าสี

วิธีการตามที่ระบุในข้อ 3.3.5.1

3.3.10.4 การวิเคราะห์ปริมาณน้ำอิสระ

วิธีการตามที่ระบุในข้อ 3.3.5.2

3.3.10.5 การวิเคราะห์ค่า Texture profile analysis

วิธีการตามที่ระบุในข้อ 3.3.5.3

3.3.10.6 การประเมินความชอบทางประสาทสัมผัส

การประเมินความชอบทางประสาทสัมผัสโดยการทดสอบชิมผลิตภัณฑ์เยลลี่สูตรที่ผ่านการปรับปรุง โดยใช้ตัวอย่างเยลลี่มะม่วงขนาดกว้าง 1.5 เซนติเมตร, ยาว 1.5 เซนติเมตร และสูง 1 เซนติเมตร และนำผลิตภัณฑ์เยลลี่มะม่วงจำนวน 2 ชิ้นใส่ในถ้วยพลาสติก จากนั้นวางผลิตภัณฑ์เยลลี่มะม่วงที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 10 นาทีก่อนให้ผู้ทดสอบชิม ซึ่งใช้ผู้ทดสอบชิมจำนวน 40 คน โดยใช้วิธีการให้คะแนนตามความชอบแบบ 9-point hedonic scale ใช้เกณฑ์การประเมินได้แก่ลักษณะปรากฏ, สี, กลิ่น, กลิ่นรส, เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม โดยคะแนนที่ระดับ 9 แสดงความชอบมากที่สุด และคะแนนที่ระดับ 1 แสดงความไม่ชอบมากที่สุด

3.3.10.7 การวิเคราะห์ทางสถิติ

สำหรับการวิเคราะห์ทางคุณภาพวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) วิเคราะห์ 5 ซ้ำ และสำหรับในการประเมินความชอบทางประสาทสัมผัสตามแผน (Randomized Complete Block Design, RCBD) ซึ่งนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance, ANOVA) และเปรียบเทียบค่าความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's new multiple range test, DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยใช้โปรแกรมวิเคราะห์ทางสถิติ IBM SPSS Statistics



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์

4.1 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีกายภาพของมะม่วงมหาชนก

จากการผลิตผลิตภัณฑ์เยลลี่มะม่วงจากมะม่วงมหาชนกโดยมีการนำมะม่วงมหาชนกของ ชุมชนบ้านหนองบัวชุม อำเภอนองกุ้งศรี จังหวัดกาฬสินธุ์ มาเป็นวัตถุดิบในกระบวนการผลิตและการในพัฒนาสูตร ซึ่งจะทำให้การวิเคราะห์และตรวจสอบคุณภาพทางเคมีของมะม่วงมหาชนก ได้แก่ ค่าความหวาน ค่าความเป็นกรด-ด่าง และค่าสี โดยแสดงผลการทดลองดังนี้

ตารางที่ 4.1 ค่าความหวาน ค่าความเป็นกรด-ด่าง และค่าสีของมะม่วงมหาชนก

ค่าความหวาน (°Brix)	ค่าความเป็นกรด-ด่าง	ค่าสี			
	กรดต่าง	L*	a*	b*	ΔE
19.32±0.23	4.64±0.01	48.85±0.01	12.51±0.05	51.20±0.28	71.89±0.20

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ย ± SD จากการทดลอง 5 ซ้ำ

4.1.1 ค่าความหวาน และค่าความเป็นกรด-ด่าง

ค่าความหวาน และค่าความเป็นกรด-ด่างของตัวอย่างมะม่วงมหาชนก แสดงรายละเอียดดังตารางที่ 4.1 โดยค่าความหวานของตัวอย่างมะม่วงมหาชนกมีค่าความหวานเฉลี่ยอยู่ที่ 19.32 องศาบริกซ์ ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับการศึกษาของ ชีระรัตน์ (2564) ที่รายงานว่า ผลของมะม่วงมหาชนกจะมีลักษณะประจำพันธุ์ที่พิเศษ คือผิวอมแดง (แก้มแหม่ม) การปลูกมะม่วงมหาชนกในเขตพื้นที่อำเภอนองกุ้งศรี จังหวัดกาฬสินธุ์ พบการเข้าทำลายของแมลงวันทองที่เกษตรกรสามารถควบคุมการทำลายผลผลิตโดยแมลงวันทองได้ ทำให้เกษตรกรไม่ต้องห่อผลมะม่วงมหาชนก ผลผลิตที่ได้ยังมีรสชาติดีกล่าวคือมีความหวานประมาณ 16 องศาบริกซ์ ส่วนค่าความเป็นกรด-ด่างของตัวอย่างมะม่วงมหาชนกมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.64 ซึ่งค่าความเป็นกรด-ด่างที่วัดได้มีค่าใกล้เคียงกับรายงานของ วชิรี (2558) ที่เนื้อมะม่วงมหาชนกผลสุก มีความเป็นกรด-ด่างอยู่ในช่วง 3.9–4.5 และมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้อยู่ในช่วงประมาณ 15–18 องศาบริกซ์ ซึ่งระหว่างการแก่และสุกของมะม่วง จะมีการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำตาลทั้งหมดเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาที่ผลมะม่วงสุกเองตามธรรมชาติ โดยการสังเคราะห์น้ำตาล เกิดจากการสลายแป้งเป็นน้ำตาล การเปลี่ยนกรดอินทรีย์เป็นน้ำตาลในระหว่างการสุกของผลมะม่วง ดังนั้นในระหว่างการสุกของผลมะม่วงจึงมีการเปลี่ยนแปลงปริมาณของแป้งในลักษณะที่แปรผกผันกับปริมาณน้ำตาล เนื่องจากแป้งถูกไฮโดรไลซ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนำมาใช้เผยแพร่บนเว็บไซต์ของหน่วยงานราชการ
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นน้ำตาล มีผลทำให้มะม่วงสุกมีรสหวาน และระยะเวลาเก็บเกี่ยวผลมะม่วงที่เหมาะสมจะส่งผลกระทบต่อกระบวนการสุกและคุณภาพของผลมะม่วง (นงลักษณ์, 2561)

4.1.2 ค่าสี

จากการวัดค่าสีของตัวอย่างมะม่วงมหาชนก ซึ่งในการทดลองได้ใช้มะม่วงมหาชนกที่มีความสุกเป็นวัตถุดิบที่แสดงในภาพที่ 3.1 ได้ค่าความสว่าง (L^*) ค่าความเป็นสีเขียวและสีแดง (a^*) และความเป็นสีน้ำเงินและสีเหลือง (b^*) แสดงรายละเอียดดัง ตารางที่ 4.1

4.2 ผลของการศึกษากระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์เยลลี่มะม่วงจากมะม่วงมหาชนก

จากการศึกษาขั้นตอนการผลิตเยลลี่มะม่วงหนึบ (panda chan, 2562) ดังภาพที่ 3.2 ได้มีการทดลองทำเยลลี่มะม่วงจากมะม่วงมหาชนก โดยใช้เจลาตินเป็นสารก่อเจลในอัตราส่วนของเจลาตินร้อยละ 8.56 มะม่วงมหาชนกที่บดลดขนาดร้อยละ 67.11 น้ำตาลทรายร้อยละ 7.55 และน้ำร้อยละ 16.78 ผลที่ได้พบว่าเยลลี่มีสีเหลืองใส ผิวเรียบ มีกลิ่นตามธรรมชาติของมะม่วงมหาชนก แต่เนื้อสัมผัสมีความแข็ง เนื่องจากมีเส้นใยของมะม่วงอยู่เป็นจำนวนมากด้านในเยลลี่ จึงแก้ไขโดยการใช้กระชอนกรองเส้นใยมะม่วงออกหลังจากการปั่นลดขนาดมะม่วงก่อนนำไปใช้ทำผลิตภัณฑ์ จากนั้นได้ทำการปรับสูตรผลิตภัณฑ์เยลลี่มะม่วงจาก panda chan (2562) โดยทดลองใช้คาราจีแนนเป็นสารก่อเจลในอัตราส่วนของคาราจีแนนร้อยละ 1.5 มะม่วงมหาชนกที่บดลดขนาดร้อยละ 65.4 กรดซิตริกร้อยละ 0.33 และน้ำร้อยละ 32.7 ทดลองปรับสูตรโดยการไม่เติมน้ำตาลทรายหรือสารให้ความหวานลงไป เนื่องจากต้องการให้เยลลี่มีความหวานจากธรรมชาติของมะม่วงมหาชนก โดยเมื่อคาราจีแนนอยู่ในรูปสารละลายจะมีโครงสร้างเป็น random coil ขณะเย็นตัวลงจะเกิดโครงสร้าง double helices เมื่อปล่อยให้เย็นลงจะเกิดเป็นโครงสร้าง 3 มิติ โดยโพลีเมอร์แต่ละสายจะรวมตัวเข้ามาใกล้กัน เกิดเป็น junction point เมื่อเกาะรวมตัวกันมากขึ้นจะทำให้เกิดการเชื่อมตัวเป็นเจล (วรรณภา และคณะ, 2563) ลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์เยลลี่มะม่วงมีสีเหลืองที่บดแสง เนื้อสัมผัสมีความแน่นแต่เปราะ ปัญหาที่พบคือการขึ้นรูปในพิมพ์ทำได้ยาก เนื่องจากขณะทำการบรรจุเยลลี่ลงพิมพ์เพื่อขึ้นรูป เยลลี่ที่ใช้คาราจีแนนเป็นสารก่อเจลอยู่ตัวได้อย่างรวดเร็ว ทำให้ลักษณะปรากฏของเยลลี่ไม่เป็นรูปทรงสี่เหลี่ยมตามพิมพ์ และได้ทำการทดลองโดยใช้เพคตินเป็นสารก่อเจลในอัตราส่วนของเพคตินร้อยละ 6.23 มะม่วงที่บดลดขนาดร้อยละ 62.31 กรดซิตริกร้อยละ 0.31 และน้ำร้อยละ 31.15 ผลคือเยลลี่มีเนื้อสัมผัสที่มีลักษณะเหลว เหนียวและไม่คงรูป เพราะ การเกิดเจลของเพคตินจะต้องมีสารช่วยดูดนํ้าออกจากโมเลกุล (dehydration agent) เช่น น้ำตาล จะช่วยลดการละลายของเพคตินให้น้อยลง และมีกรดในปริมาณที่เหมาะสม โดยไฮโดรเจน ไอออนจากกรดจะช่วยลดจำนวนประจุลบของหมู่คาร์บอกซิลให้น้อยลงทำให้ลดการผลักกันระหว่างประจุลบที่หมู่คาร์บอกซิลทำให้สายของเพคตินโมเลกุลเข้ามาใกล้กันได้และเกาะตัวกันเป็นตาข่ายเพคตินที่เกิดเจลดีที่สุด (ยุทธนา และคณะ, 2557) และ ยังสอดคล้องกับการศึกษาของ รอมลี และซูไฮมิน (2561) ที่พบว่าเมื่อมีการใช้เพคตินทดแทนเจลาตินในอัตราส่วนร้อยละ 100 ส่งผลให้การยึดเกาะของเจลลดลงและเนื้อสัมผัสนิ่ม

ไม่वारณใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากนั้นจึงได้มีการนำไฮโดรคอลลอยด์ 2 ชนิด มาผสมกันโดยใช้เจลาตินเป็นหลักและนำไปผสมกับ เพคตินและคาราจีแนน ในอัตราส่วนของไฮโดรคอลลอยด์เป็นร้อยละ 5 จากปริมาณส่วนผสมทั้งหมดของ ผลิตภัณฑ์เยลลี่มะม่วง เพื่อให้ทราบถึงเนื้อสัมผัสของเยลลี่มะม่วงที่ได้จากการผสมกันของไฮโดรคอลลอยด์ 2 ชนิด โดยจะแสดงในตารางที่ 4.2 สูตร A ทดลองใช้เจลาตินผสมกับคาราจีแนนในอัตราส่วนของเจลาตินที่ มากกว่าคาราจีแนนที่ร้อยละ 3.79 และใช้คาราจีแนนร้อยละ 1.26 ลักษณะปรากฏของเยลลี่มีลักษณะสี เหลืองทึบแสง เนื้อแน่นแต่เปราะ และมีการอยู่ตัวของเจลที่รวดเร็ว ทำให้ขึ้นรูปในพิมพ์ได้ยาก หากต้องการ ผลิตภัณฑ์ในปริมาณมาก ซึ่งคาราจีแนนเป็นสารก่อเจลที่มีคุณสมบัติเพิ่มความหนืด ละลายน้ำได้ดี โดย ความหนืดจะแปรผันตามความเข้มข้น และแปรผกผันกับอุณหภูมิ (ณัฐมล และศิริพร, 2563) ซึ่งการอยู่ตัว ที่รวดเร็วของคาราจีแนนอาจจะเกิดได้จากอัตราส่วนที่ใช้ในการทำผลิตภัณฑ์ มีการใช้อัตราส่วนร้อยละของ คาราจีแนนที่สูงเมื่อเทียบกับปริมาณส่วนผสมทั้งหมดของผลิตภัณฑ์ สูตร B ทดลองใช้เจลาตินผสมกับคาราจีแนนในอัตราส่วนของเจลาตินน้อยกว่าคาราจีแนนที่ร้อยละ 1.26 และใช้คาราจีแนนร้อยละ 3.79 ลักษณะปรากฏของเยลลี่มีลักษณะสีเหลืองทึบ ไม่สามารถขึ้นรูปในพิมพ์ให้เป็นรูปทรงสี่เหลี่ยมได้ เนื่องจากการใช้คาราจีแนนในอัตราส่วนต่อปริมาณส่วนผสมทั้งหมดของผลิตภัณฑ์ที่สูงเกินไป จึงทำให้เยลลี่มะม่วงไม่สามารถขึ้นรูปในพิมพ์ให้เป็นรูปทรงสี่เหลี่ยมตามพิมพ์ได้ สูตร C ทดลองใช้เจลาตินผสมกับคาราจีแนนใน อัตราส่วนที่เท่ากันคือร้อยละ 2.52 ผลที่ได้คือ เยลลี่มะม่วงไม่สามารถขึ้นรูปในพิมพ์ได้ มีลักษณะสีเหลือง ทึบ เนื้อสัมผัสเหนียวหนืด สูตร D ทดลองใช้เจลาตินผสมกับเพคตินในอัตราส่วนของเจลาตินมากกว่าเพคตินที่ร้อยละ 3.79 และใช้เพคตินร้อยละ 1.26 ผลคือ เยลลี่สามารถอยู่ตัวได้บางส่วนเท่านั้นคือบริเวณ ผิวหน้า สูตร E ทดลองใช้เจลาตินผสมกับเพคตินในอัตราส่วนของเจลาตินน้อยกว่าเพคตินที่ร้อยละ 1.26 และใช้เพคตินที่ร้อยละ 3.79 ส่งผลให้เยลลี่มะม่วงไม่สามารถขึ้นรูปได้ อาจเกิดจากการเกิดเจลของเพคติน จะต้องมีสารช่วยดูดน้ำออกจากโมเลกุล เช่น น้ำตาล มาช่วยลดการละลายของเพคตินให้น้อยลง จึงจะสามารถทำให้โมเลกุลของเพคตินเข้าใกล้กันและเกิดการเกาะตัวกันเป็นตาข่ายจนเกิดเจลได้ (นิธิยา, 2545) และในสูตร F พบว่ามีผลการทดลองไปในทิศทางเดียวกันกับสูตร E การทดลองใช้เจลาตินผสมเพคตินใน อัตราส่วนที่เท่ากันคือร้อยละ 2.52 ทำให้เยลลี่ไม่สามารถขึ้นรูปในพิมพ์ได้ เนื้อสัมผัสเหนียวหนืด ไม่อยู่ตัว

จึงสรุปได้ว่าจากการทดลองใช้ไฮโดรคอลลอยด์ 2 ชนิดผสมกันในอัตราส่วนต่าง ๆ สูตร A, B สามารถอยู่ตัวเป็นเยลลี่ได้ แต่พบปัญหาคือการอยู่ตัวที่รวดเร็วของเยลลี่จนทำให้ไม่สามารถขึ้นรูปเป็น รูปทรงสี่เหลี่ยมตามพิมพ์ได้ สูตร D อยู่ตัวเป็นเยลลี่แค่บางส่วนเท่านั้น สูตร C, E และ F ไม่สามารถขึ้นรูป ในพิมพ์ได้ จึงต้องทำการปรับสูตรและอัตราส่วนสำหรับสูตรเบื้องต้นต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 สูตรเบื้องต้นที่ใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์

สูตร	Percent (%)					
	Gelatin	Pectin	Carrageenan	Mango	Water	Citric Acid
A	3.79	0	1.26	63.09	31.54	0.32
B	1.26	0	3.79	63.09	31.54	0.32
C	2.52	0	2.52	63.09	31.54	0.32
D	3.79	1.26	0	63.09	31.54	0.32
E	1.26	3.79	0	63.09	31.54	0.32
F	2.52	2.52	0	63.09	31.54	0.32

ตารางที่ 4.3 ผลการคัดเลือกสูตรเบื้องต้นของเยลลี่มะม่วง

สูตร	คุณลักษณะในการคัดเลือกสูตรเบื้องต้น			ผ่าน (✓) / ไม่ผ่าน (✗) เกณฑ์
	ขึ้นรูปได้	มีระยะเวลาในการขึ้นรูปที่เหมาะสม	รูปทรงที่สวยงาม	
A	✓	✗	✗	✗
B	✓	✗	✗	✗
C	✗	✗	✗	✗
D	✗	✗	✗	✗
E	✗	✗	✗	✗
F	✗	✗	✗	✗

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 ผลของการใช้ไฮโดรคอลลอยด์ที่มีต่อคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์

4.3.1 ผลของการศึกษาอัตราส่วนของเจลาตินที่เหมาะสมในการใช้เป็นสารก่อเจลเพื่อขึ้นรูปผลิตภัณฑ์เยลลี่





จากการศึกษาอัตราส่วนของเจลาตินที่เหมาะสมในการใช้เป็นสารก่อเจลเพื่อขึ้นรูปผลิตภัณฑ์เยลลี่มะม่วง โดยใช้เจลาตินในปริมาณที่แตกต่างกัน 4 ระดับ คือ ร้อยละ 12, 15, 18 และ 21 ดังตารางที่ 4.4 จากนั้นทำการวัดคุณสมบัติทางเคมี กายภาพ และประเมินความชอบทางประสาทสัมผัสโดยใช้วิธีการเรียงลำดับความชอบ (ranking test) เพื่อคัดเลือกอัตราส่วนของเจลาตินที่เหมาะสมในการใช้เป็นสารก่อเจลเพื่อขึ้นรูปผลิตภัณฑ์

ตารางที่ 4.4 ตารางแสดงอัตราส่วนของเจลาตินที่ใช้เป็นสารก่อเจลเพื่อขึ้นรูปผลิตภัณฑ์เยลลี่มะม่วง

สูตร	Percent (%)			
	Gelatin	Mango	Water	Citric acid
1	12	58.47	29.24	0.29
2	15	56.48	28.24	0.28
3	18	54.49	27.24	0.27
4	21	52.49	26.25	0.26





เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.5 ตารางแสดงอัตราส่วนของเจลาติน และคุณสมบัติทางเคมีและกายภาพ

สูตร	Gelatin (%)	Picture	Color				a _w
			L*	a*	b*	ΔE	
1	12		37.54±0.18 ^a	7.39±0.39 ^b	28.97±0.35 ^a	47.99±0.41 ^a	0.9794±0.0009 ^a
2	15		37.65±0.19 ^a	7.31±0.22 ^b	28.66±0.28 ^a	47.88±0.31 ^a	0.9754±0.0025 ^b
3	18		36.67±0.28 ^b	7.67±0.31 ^b	27.31±0.50 ^b	46.36±0.55 ^b	0.9777±0.0007 ^{ab}
4	21		35.37±0.19 ^c	8.28±0.13 ^a	25.36±0.30 ^c	44.30±0.31 ^c	0.9710±0.0019 ^c

หมายเหตุ ^{a,b,c,...} หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่มีตัวอักษรต่างกันในแนวตั้งแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และค่าเฉลี่ย \pm SD จากการทดลอง 5 ซ้ำ

ตารางที่ 4.5 ตารางแสดงอัตราส่วนของเจลาติน และคุณสมบัติทางเคมีและกายภาพ

สูตร	Gelatin (%)	Picture	Texture				
			Hardness (g)	Springiness	Cohesiveness	Gumminess	Chewiness
1	12		6697.96±209.21 ^d	0.94±0.02 ^{ns}	0.44±0.01 ^d	2970.13±72.24 ^d	2777.65±105.18 ^d
2	15		9771.23±123.52 ^c	0.93±0.03 ^{ns}	0.48±0.01 ^c	4689.61±124.80 ^c	4380.34±136.25 ^c
3	18		14313.67±187.32 ^b	0.94±0.02 ^{ns}	0.57±0.02 ^b	8217.26±386.45 ^b	7707.39±298.08 ^b
4	21		19868.65±361.80 ^a	0.92±0.03 ^{ns}	0.68±0.02 ^a	12489.75±342.71 ^a	11550.82±584.05 ^a

หมายเหตุ ^{a,b,c,...} หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่มีตัวอักษรต่างกันในแนวตั้งแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และค่าเฉลี่ย \pm SD จากการทดลอง 5 ซ้ำ

4.3.1.1 ลักษณะปรากฏ

ลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์เยลลี่มะม่วงทั้ง 4 สูตร มีสีเหลืองใสตามสีของมะม่วงผิวเรียบ เนื้อสัมผัสมีความนุ่ม ยืดหยุ่น รูปทรงเป็นสี่เหลี่ยม

4.3.1.2 ค่าสี

จากตารางที่ 4.5 พบว่าการใช้ปริมาณเจลาตินที่แตกต่างกันทำให้ค่าความสว่าง (L^*) ค่าความเป็นสีเขียวและแดง (a^*) และค่าความเป็นสีน้ำเงินและสีเหลือง (b^*) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยค่า L^* ของสูตรที่ 2 ที่มีการใช้ปริมาณเจลาตินที่ร้อยละ 15 เป็นสูตรมีความสว่างสูงที่สุดจากทุกสูตร และค่า b^* ของสูตรที่ 1 ที่มีการใช้ปริมาณเจลาตินที่ร้อยละ 12 มีค่าความเป็นสีเหลืองสูงที่สุด โดยค่า L^* และค่า b^* ของสูตรที่ 1 และสูตรที่ 2 ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) และสูตรที่ 4 มีค่า L^* และค่า b^* ต่ำที่สุด แสดงให้เห็นว่าการใช้ปริมาณเจลาตินที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้สีของผลิตภัณฑ์เยลลี่มะม่วงมีความสว่างและค่าสีเหลืองลดลง การเพิ่มปริมาณเจลาตินซึ่งเป็นโปรตีน ทำให้มีโอกาสในการเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ดระหว่างกรดอะมิโนและน้ำตาลในน้ำมะม่วง ขณะให้ความร้อนเพิ่มมากขึ้น (รอมลี และซูโฮมิน, 2561)

4.3.1.3 ปริมาณน้ำอิสระ

จากตารางที่ 4.5 ผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำอิสระของผลิตภัณฑ์เยลลี่มะม่วงทั้ง 4 สูตรพบว่าสูตรที่ 1 ที่มีการใช้ปริมาณเจลาตินน้อยที่สุดที่ร้อยละ 12 มีปริมาณน้ำอิสระสูงที่สุด และสูตรที่ 4 ที่มีการใช้ปริมาณเจลาตินมากที่สุดที่ร้อยละ 21 มีปริมาณน้ำอิสระต่ำที่สุด แสดงให้เห็นว่าการเพิ่มขึ้นของปริมาณเจลาตินส่งผลให้ปริมาณน้ำอิสระลดลง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ อีรวรรณ และคณะ (2560) ระบุว่าสูตรที่มีปริมาณเจลาตินสูงของกัมมีเยลลี่ร่างจืด การเกิดเจลของเจลาตินจะมีการกักเก็บน้ำและตรึงน้ำไว้ในโครงสร้าง ทำให้ปริมาณน้ำอิสระของผลิตภัณฑ์มีค่าลดลง

4.3.1.4 ลักษณะเนื้อสัมผัส

จากตารางที่ 4.5 การวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัสของตัวอย่างผลิตภัณฑ์เยลลี่มะม่วง จะพบว่าปริมาณเจลาตินที่แตกต่างกันมีผลต่อค่าความแข็ง (hardness), ค่าแรงยึดเหนี่ยว (cohesiveness) ที่เกิดขึ้นภายในตัวอย่าง ค่าความเหนียว (gumminess) และค่าการบดเคี้ยว (chewiness) การเติมเจลาตินในปริมาณที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้ค่าที่กล่าวมานั้นมีการเพิ่มขึ้น เนื่องจากปริมาณเจลาตินที่เพิ่มขึ้นจะทำให้เยลลี่มีโครงสร้างที่แข็งแรงขึ้น เยลลี่จึงมีค่าความแข็ง ความเหนียว และต้องใช้แรงในการบดเคี้ยวมากขึ้น (สุกัญญา, 2563) แต่เยลลี่มะม่วงทั้ง 4 สูตร มีการใช้อัตราส่วนของสารอื่น ๆ ในสูตรไม่แตกต่างกัน ทำให้ไม่มีผลต่ออัตราการคืนตัว/ยืดหยุ่น (springiness) ของผลิตภัณฑ์ (ณัชชากร และคณะ, 2560)

4.3.1.5 การประเมินความชอบทางประสาทสัมผัส

จากการประเมินคะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสของผู้ทดสอบชิมทั้ง 40 คน โดยวิธีการเรียงลำดับความชอบ (Ranking Test) (1 = ไม่ชอบมากที่สุด, 4 = ชอบมากที่สุด) แสดงในตารางที่ 4.6 เพื่อคัดเลือกอัตราส่วนของเจลาตินที่จะนำไปพัฒนาผลิตภัณฑ์ต่อในขั้นตอนต่อไป พบว่าสูตรที่ได้รับ

การยอมรับจากผู้ทดสอบชิมและมีคะแนนความชอบมากที่สุดในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น กลิ่นรส เนื้อสัมผัส และคะแนนความชอบโดยรวม ได้แก่ สูตรที่ 2 ที่มีปริมาณเจลาตินที่ร้อยละ 15 ทำให้ผลิตภัณฑ์เยลลี่มะม่วงไม่แข็งและไม่นุ่มจนเกินไป ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัสที่สูตร 2 ไม่ได้มีความแข็ง ความเหนียว แรงยึดเหนียว ความยืดหยุ่น และค่าการบดเคี้ยวที่ต่ำหรือสูงที่สุดจากทุกสูตร แสดงให้เห็นว่าผู้ทดสอบชิมต้องการให้เยลลี่มะม่วงที่มีลักษณะไม่แข็งและไม่นุ่มจนเกินไป แต่ค่าสีและกลิ่นไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

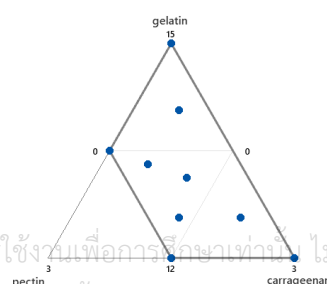
ตารางที่ 4.6 ผลการประเมินความชอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์เยลลี่มะม่วง

สูตร	appearance	color	odor	flavor	texture	overall
1	2.70±1.07 ^b	2.55±1.20 ^{ab}	2.58±1.11 ^{ab}	3.03±1.07 ^a	2.90±1.13 ^a	2.90±1.03 ^a
2	3.23±0.83 ^a	2.95±1.08 ^a	2.83±1.15 ^a	3.10±0.87 ^a	2.98±0.77 ^a	3.23±0.80 ^a
3	2.38±1.10 ^b	2.43±1.01 ^b	2.28±1.11 ^b	2.30±0.97 ^b	2.63±0.95 ^a	2.48±0.93 ^b
4	1.70±0.99 ^c	2.08±1.05 ^b	2.33±1.07 ^{ab}	1.58±0.84 ^c	1.50±0.96 ^b	1.40±0.78 ^c

หมายเหตุ ^{a,b,c,...} หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่มีตัวอักษรต่างกันในแนวตั้งแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq 0.05$) และค่าเฉลี่ย \pm SD จากผู้ทดสอบชิมจำนวน 40 คน

4.3.2 ผลของการใช้ไฮโดรคอลลอยด์ที่มีต่อคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์เยลลี่

ศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของไฮโดรคอลลอยด์ 3 ชนิด ได้แก่ เจลาติน เพคติน และคาราจีแนน โดยใช้โปรแกรม Minitab Statistical Software ในการออกแบบการทดลองซึ่งใช้แผนการทดลองแบบผสม (Mixture Design) ระหว่างเจลาติน เพคติน และคาราจีแนนต่อการขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์เยลลี่มะม่วง โดยมีปริมาณเจลาติน ร้อยละ 12-15 เพคติน ร้อยละ 0-1.5 และคาราจีแนน ร้อยละ 0-3 โดยอัตราส่วนของไฮโดรคอลลอยด์ในแต่ละสูตรจะเท่ากับร้อยละ 15 ของปริมาณส่วนผสมทั้งหมดโดยจะทั้งหมด 9 สูตรดังแสดงในตารางที่ 4.7 และกำหนดให้แต่ละสูตรมีส่วนผสมของน้ำเปล่า ร้อยละ 28.24 มะม่วงมหาชนกที่บดลดขนาด ร้อยละ 56.48 และกรดซิตริก ร้อยละ 0.28 ของปริมาณส่วนผสมทั้งหมด



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการวิจัยเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างถึงที่มาของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 4.1 แผนภาพแสดงอัตราส่วนผสมระหว่างเจลาติน เพคติน และคาราจีแนน






ตารางที่ 4.7 อัตราส่วนการผสมจากการออกแบบการทดลอง Mixture Design





สูตรตัวอย่าง	Percent (%)					
	Gelatin	Pectin	Carrageenan	mango	water	citric acid
1	14.0625	0.3750	0.5625	56.48	28.24	0.28
2	12.0000	0.0000	3.0000	56.48	28.24	0.28
3	12.5625	1.1250	1.3125	56.48	28.24	0.28
4	12.5625	0.3750	2.0625	56.48	28.24	0.28
5	13.5000	1.5000	0.0000	56.48	28.24	0.28
6	13.1250	0.7500	1.1250	56.48	28.24	0.28
7	13.3125	1.1250	0.5625	56.48	28.24	0.28
8	15.0000	0.0000	0.0000	56.48	28.24	0.28
9	12.0000	1.5000	1.5000	56.48	28.24	0.28

หลังจากการออกแบบการทดลอง และได้สูตรที่ใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์เยลลี่มะม่วง พบว่าผลที่ได้มี
คุณลักษณะต่าง ๆ ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้






ตารางที่ 4.8 คุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของไฮโดรคอลลอยด์ 3 ชนิดต่อผลิตภัณฑ์เยลลี่มะม่วง





สูตร	Picture	color			ΔE	a_w
		L*	a*	b*		
1		37.49±0.59 ^e	5.46±0.18 ^a	26.44±0.68 ^a	46.20±0.81 ^d	0.9760±0.0003 ^b
2		39.82±0.10 ^{ab}	3.69±0.09 ^e	24.06±0.22 ^b	46.67±0.05 ^{cd}	0.9730±0.0006 ^c
3		38.36±0.27 ^d	5.29±0.15 ^{ab}	26.65±0.45 ^a	47.01±0.40 ^{bc}	0.9701±0.0011 ^e
4		39.50±0.42 ^{bc}	4.27±0.72 ^d	26.52±0.53 ^a	47.77±0.48 ^a	0.9773±0.0005 ^b
5		37.59±0.48 ^e	4.87±0.36 ^{bc}	24.48±0.41 ^b	45.12±0.21 ^e	0.9726±0.0005 ^{cd}

สูตร	Picture	color				a _w
		L*	a*	b*	ΔE	
6		38.94±0.11 ^{cd}	4.78±0.27 ^c	24.69±0.68 ^b	46.36±0.44 ^{cd}	0.9711±0.0015 ^{de}
7		38.76±0.85 ^d	4.89±0.20 ^{bc}	22.71±0.82 ^c	45.20±0.57 ^e	0.9707±0.0025 ^e
8		34.69±0.23 ^f	5.54±0.13 ^a	21.95±0.35 ^c	41.43±0.22 ^f	0.9790±0.0013 ^a
9		40.40±0.64 ^a	4.90±0.26 ^{ec}	24.66±1.12 ^b	47.59±0.91 ^{ab}	0.9672±0.0006 ^f

หมายเหตุ : a,b,c,... หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่มีตัวอักษรต่างกันในแนวตั้งแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p≤0.05) และค่าเฉลี่ย ±SD จากการทดลอง 5 ซ้ำ

ตารางที่ 4.8 คุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของไฮโดรคอลลอยด์ 3 ชนิดต่อผลิตภัณฑ์เยลลี่มะม่วง

สูตร	Picture	Texture				
		Hardness (g)	Springiness	Cohesiveness	Gumminess	Chewiness
1		9157.19±410.30 ^a	0.97±0.03 ^a	0.42±0.01 ^{bc}	3800.52±167.00 ^b	3697.12±113.67 ^a
2		3585.16±196.55 ^e	0.44±0.02 ^c	0.17±0.01 ^f	1237.74±131.60 ^f	546.48±63.73 ^f
3		5978.70±206.93 ^c	0.94±0.08 ^{ab}	0.37±0.02 ^d	2195.67±180.26 ^e	2065.00±302.88 ^{de}
4		5785.07±366.04 ^{cd}	0.84±0.07 ^b	0.33±0.03 ^e	1941.10±287.55 ^e	1637.67±363.67 ^e
5		7099.86±445.33 ^b	0.91±0.13 ^{ab}	0.47±0.03 ^a	3352.81±356.76 ^c	3066.42±622.14 ^b

สูตร	Picture	Texture				
		Hardness (g)	Springiness	Cohesiveness	Gumminess	Chewiness
6		6700.93±202.05 ^b	0.91±0.03 ^{ab}	0.39±0.04 ^{cd}	2601.26±284.26 ^d	2363.32±334.55 ^{cd}
7		6912.63±216.34 ^b	0.95±0.03 ^a	0.41±0.03 ^c	2709.93±313.35 ^d	2585.51±321.99 ^c
8		9405.65±322.02 ^a	0.87±0.12 ^{ab}	0.44±0.03 ^{ab}	4137.43±210.25 ^a	3607.96±608.32 ^a
9		5488.24±265.54 ^d	0.88±0.06 ^{ab}	0.37±0.01 ^d	2022.24±143.81 ^e	1791.25±198.00 ^e

หมายเหตุ : ^{a,b,c...} หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่มีตัวอักษรต่างกันในแนวตั้งแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และค่าเฉลี่ย \pm SD จากการทดลอง 5 ซ้ำ

4.3.2.1 ลักษณะปรากฏ

จากตารางที่ 4.8 พบว่าลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์เยลลี่มะม่วงทั้ง 9 สูตร พบว่าทั้ง 9 สูตรมีสีเหลืองในโทนเดียวกัน สูตร 1 3 5 7 และ 8 เมื่อแกะออกจากพิมพ์ มีลักษณะคงตัว เป็นสีเหลือง ตามลักษณะพิมพ์ สูตรที่ 2 และ 4 เมื่อแกะออกจากพิมพ์จะมีมีลักษณะรูปร่างไม่เป็นไปตามพิมพ์ และแตกต่างกันหมด เนื่องจากมีการอยู่ตัวที่รวดเร็วของเจลขณะหยอดใส่พิมพ์ ทำให้ไม่สามารถเกลี่ยหรือทำให้มีลักษณะปรากฏที่ดีได้ สูตรที่ 6 และ 9 เมื่อแกะออกจากพิมพ์ จะพบว่าเยลลี่มีลักษณะไม่เต็มพิมพ์ และ พบฟองอากาศในเนื้อเยลลี่ เนื่องจากขณะเป็นสารละลายทั้ง 2 สูตร จะมีความหนืดสูง ทำให้ขณะหยอดลงพิมพ์ไม่สามารถไหลไปเต็มบริเวณกันพิมพ์ได้

4.3.2.2 ค่าสี

จากตารางที่ 4.8 พบว่าผลิตภัณฑ์เยลลี่มะม่วงทั้ง 9 สูตรมีค่าความสว่าง (L^*) ค่าความเป็นสีเขียวและแดง (a^*) และค่าความเป็นสีน้ำเงินและเหลือง (b^*) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 34.69 - 40.40, 3.69 - 5.54 และ 26.44 - 21.95 ตามลำดับ สูตรที่มีค่าความสว่าง (L^*) และ ค่าความเป็นสีเหลือง (b^*) น้อยที่สุด คือ สูตรที่ 8 เมื่อเปรียบเทียบกับสูตรที่เหลืองที่มีอัตราส่วนของเจลาตินลดลง และเพิ่มอัตราส่วนของเพคตินและคาราจีแนน พบว่ามีค่าความสว่างและค่าความเป็นสีเหลืองมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของธีระวรรณและคณะ (2560) ที่พบว่าเมื่อมีการลดปริมาณเจลาตินลงจะทำให้เยลลี่กัมมีไบรารัจิตมีค่าความสว่างจะมีค่าเพิ่มขึ้น ค่า b^* ของผลิตภัณฑ์เยลลี่มะม่วงมีค่าเป็นบวกทั้งหมด แสดงถึงความเป็นสีเหลืองของผลิตภัณฑ์ ซึ่งสีของผลิตภัณฑ์เยลลี่มะม่วงเป็นสีจากธรรมชาติไม่ได้มีการเติมแต่งสี และเมื่อเปรียบเทียบระหว่างสูตรที่ 8 กับสูตรที่ 2 ที่มีการลดอัตราส่วนของเจลาตินลงแต่เพิ่มอัตราส่วนของคาราจีแนน พบว่าค่า a^* มีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เนื่องจากองค์ประกอบทางเคมีที่พบในคาราจีแนนเป็นสารประกอบประเภทพอลิแซ็กคาไรด์ เป็นสารที่สกัดจากพืชที่มีคลอโรฟิลล์เป็นส่วนประกอบหลักจึงมีผลทำให้ผลิตภัณฑ์มีสีเขียวเพิ่มมากขึ้นตามปริมาณคาราจีแนนที่เติม (วัฒนา, 2564)

4.3.2.3 ปริมาณน้ำอิสระ

ผลจากการวิเคราะห์ปริมาณน้ำอิสระ (a_w) ได้ผลดังตารางที่ 4.8 พบว่าค่าปริมาณน้ำอิสระของผลิตภัณฑ์เยลลี่มะม่วงทั้ง 9 สูตรมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ซึ่งทั้ง 9 สูตร มีค่าปริมาณน้ำอิสระระหว่าง 0.9672- 0.9790 ซึ่งโดยปกติแล้วผลิตภัณฑ์กัมมีเยลลี่จัดเป็นอาหารกึ่งแห้ง จะมีปริมาณน้ำอิสระ (a_w) ระหว่าง 0.6000 - 0.8500 (รอมลี และชูโฮมิน, 2561) โดยตัวอย่างที่มีปริมาณน้ำอิสระมากที่สุดคือ ตัวอย่างสูตรที่ 8 มีค่าปริมาณน้ำอิสระอยู่ที่ 0.9790

4.3.2.4 ลักษณะเนื้อสัมผัส

จากผลการวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์เยลลี่มะม่วงทั้ง 9 สูตรที่มีอัตราส่วนร้อยละของไฮโดรคอลลอยด์ที่แตกต่างกัน ซึ่งได้จากการวัดด้วยวิธี Texture Profile Analysis (TPA) โดยพบว่าค่าความแข็ง (Hardness), อัตราการคืนตัว/ยืดหยุ่น (Springiness), แรงยึดเหนี่ยวไม่ถาวรได้แก่ ทั้งสิ้น อีกทั้ง ยังมีจุดเปลี่ยนแปลงเนื้อหาและต้องอ้างถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้ (Cohesiveness) ที่เกิดขึ้นภายในตัวอย่าง, ค่าความเหนียว (Gumminess) และค่าการบดเคี้ยว

(Chewiness) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 4.8 เมื่อทำการพิจารณาคุณลักษณะของเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์เยลลี่มะม่วง พบว่าสูตรที่ 2 มีค่าความแข็ง, อัตราการคืนตัว, แรงยึดเหนี่ยว, ค่าความเหนียว และค่าการบดเคี้ยวมีค่าน้อยที่สุด โดยเมื่อเปรียบเทียบกับสูตรที่ 8 กับสูตรที่ 2 ที่มีการลดอัตราส่วนเจลาตินลงเพิ่มอัตราส่วนคาราจีแนน พบว่าค่าความแข็ง, อัตราการคืนตัว, แรงยึดเหนี่ยว, ค่าความเหนียว และค่าการบดเคี้ยวมีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เนื่องจากคาราจีแนนมีความคงตัวที่ค่าความเป็นกรด-ต่างเป็นกลาง แต่โดยทั่วไปแล้วผลิตภัณฑ์เยลลี่จะมีค่าความเป็นกรด-ต่างในช่วง 3.00 - 3.80 จะเกิดการไฮโดรไลซิส (Hydrolysis) พันธะไกลโคไซด์ (Glycosidic Linkage) มีผลทำให้สูญเสียความความหนืดและการเกิดเจลของผลิตภัณฑ์เยลลี่ส่งผลต่อค่าความแข็ง, แรงยึดเหนี่ยว, ค่าความเหนียว และค่าการบดเคี้ยวจึงมีค่าลดลง (รอมลี และซูโฮมิน, 2561) และเมื่อเปรียบเทียบกับสูตรที่ 8 กับสูตรที่ 5 ที่มีการลดอัตราส่วนของเจลาตินลง เพิ่มอัตราส่วนของเพคตินพบว่าค่าความแข็ง, ค่าความเหนียว และค่าการบดเคี้ยวมีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เนื่องจากเพคตินเป็นสารพอลิแซ็กคาไรด์ ประเภทเฮทเทอโร-โพลีแซคคาไรด์ เจลที่ได้จากเพคตินจะมีลักษณะอ่อนนุ่ม และไม่ยืดหยุ่น (รอมลี และซูโฮมิน, 2561; อัจฉรา, 2549)

4.3.2.5 การประเมินความชอบทางประสาทสัมผัส

การประเมินความชอบทางประสาทสัมผัสโดยได้ทำการคัดเลือก 5 สูตรจาก 9 สูตร โดยพิจารณาจากระยะเวลาในการคงตัวเป็นของเหลวก่อนการขึ้นรูปของผลิตภัณฑ์ เพื่อให้สามารถหยอดลงพิมพ์ได้จำนวนตามผู้ทดสอบชิม 40 คน ที่วางแผนไว้

ซึ่งจากการทดสอบของค่าการยอมรับของผู้บริโภคโดยใช้อัตราส่วนของไฮโดรคอลลอยด์ 3 ชนิด ซึ่งมีปริมาณเจลาติน ร้อยละ 12-15 เพคติน ร้อยละ 0-1.5 และคาราจีแนน ร้อยละ 0-3 ของปริมาณส่วนผสมทั้งหมด ผ่านการทดสอบโดยผู้ทดสอบจำนวน 40 คน โดยใช้เกณฑ์ทดสอบได้แก่ ลักษณะปรากฏ, สี, กลิ่น, กลิ่นรส, เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ด้วยวิธีการให้คะแนนตามความชอบแบบ 9-point hedonic scale (1 = ไม่ชอบมากที่สุด, 9 = ชอบมากที่สุด) ได้ผลแสดงดังตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.9 ผลการประเมินความชอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์เยลลี่มะม่วง

สูตร	appearance	color	odor	flavor	texture	overall
1	7.25±1.03 ^b	6.90±0.93 ^b	6.53±1.28 ^{ns}	6.33±1.31 ^c	6.48±1.18 ^{ab}	6.80±1.04 ^{ab}
3	6.88±1.40 ^b	6.75±1.13 ^b	6.63±1.66 ^{ns}	5.88±1.49 ^{bc}	4.78±2.08 ^d	5.83±1.34 ^d
5	7.25±0.90 ^b	6.75±0.87 ^b	6.05±1.41 ^{ns}	5.80±1.30 ^{abc}	5.68±1.56 ^c	6.18±1.01 ^{cd}
7	7.00±1.18 ^b	6.80±0.82 ^b	6.48±1.24 ^{ns}	6.50±1.44 ^{ab}	6.18±1.5 ^{bc}	6.53±1.28 ^{bc}
8	7.83±0.98 ^a	7.45±0.90 ^a	6.40±1.24 ^{ns}	6.58±1.38 ^a	6.95±1.2 ^a	7.08±1.05 ^a

หมายเหตุ ^{a,b,c} ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่มีตัวอักษรต่างกันในแนวตั้งแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) และค่าเฉลี่ย \pm SD จากผู้ประเมินความชอบทางประสาทสัมผัส 40 คน

จากตารางที่ 4.9 การประเมินความชอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์เยลลี่มะม่วง พบว่าคุณภาพในด้านลักษณะปรากฏ, สี, กลิ่นรส และเนื้อสัมผัส ของทั้ง 5 สูตร มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) แต่คุณภาพในด้านกลิ่น พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

โดยสูตรที่ได้รับการยอมรับจากผู้ทดสอบชิม ที่มีคะแนนความชอบมากที่สุดในด้านลักษณะปรากฏ, สี, กลิ่น, กลิ่นรส, เนื้อสัมผัส และคะแนนความชอบโดยรวมคือ สูตรที่ 8 ที่มีปริมาณเจลาตินร้อยละ 15 ของปริมาณส่วนผสมทั้งหมด จึงได้มีการคัดเลือกสูตรที่ 8 มาพัฒนาต่อจนมีคะแนนการยอมรับด้านกลิ่น, กลิ่นรส และเนื้อสัมผัสเกิน 7 คะแนน จาก 9 คะแนน

4.4 การพัฒนาผลิตภัณฑ์เยลลี่มะม่วงจากมะม่วงมหาชนก

จากการประเมินความชอบทางประสาทสัมผัสทั้ง 5 สูตร พบว่าสูตรที่ได้รับการยอมรับจากผู้ทดสอบชิมมากที่สุด คือ สูตรที่ 8 ที่มีปริมาณเจลาตินร้อยละ 15 ของปริมาณส่วนผสมทั้งหมด จึงได้นำมาพัฒนาต่อให้คะแนนการยอมรับด้านกลิ่น, กลิ่นรส และเนื้อสัมผัส มีระดับคะแนนมากกว่าหรือเท่ากับ 7 คะแนนจาก 9 คะแนน โดยที่ผู้ทดสอบชิมได้ให้ข้อเสนอแนะว่าต้องการให้เยลลี่มีกลิ่นมะม่วงที่ชัดเจนและมีรสหวานมากขึ้น จึงได้ทำการพัฒนาการยอมรับด้านกลิ่นด้วยการเติมกลิ่นผสมอาหาร กลิ่นมะม่วงชนิดผงในอัตราส่วนร้อยละ 0.01 เพื่อเพิ่มกลิ่นและกลิ่นรสในขณะรับประทานให้มีความเป็นมะม่วงเพิ่มขึ้น มีการเติมซูคราโลส ร้อยละ 0.02 จากนั้นใช้มะม่วงมหาชนกผลสุก เพื่อเพิ่มความหอมธรรมชาติจากมะม่วงและความหวานจากซูคราโลส เป็นการพัฒนาผลิตภัณฑ์เยลลี่มะม่วงด้านกลิ่นรส นอกจากนี้การเติมกลิ่นมะม่วงชนิดผง สารทดแทนความหวานหรือซูคราโลสในผลิตภัณฑ์เยลลี่มะม่วงจะส่งผลต่อเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ จึงได้สูตรที่ปรับปรุงเรียบร้อยแล้วแสดงในตารางที่ 4.10 ดังนี้

ไม่วารณเด็ๆ ทงสน อักทงทามมีเหตุดแปลงเนอหาและตองอั้งอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.10 สูตรปรับปรุงที่ใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์เยลลี่มะม่วง

Percent (%)					
Gelatin	mango	water	citric acid	mango flavor	sucralose
15	56.46	28.22	0.28	0.01	0.03

4.4.1 คุณสมบัติทางเคมีกายภาพของมะม่วงมหาชนกสด

ตารางที่ 4.11 ค่าความหวาน ค่าความเป็นกรด-ด่าง และค่าสีของมะม่วงมหาชนกสด

ค่าความหวาน (°Brix)	ค่าความเป็นกรด-ด่าง	ค่าสี			
		L*	a*	b*	ΔE
17.00	4.53	50.38	18.18	54.56	76.46
±0.00	±0.04	±0.01	±0.01	±0.11	±0.07

จากนั้นจึงได้ทำการวัดคุณสมบัติทางกายภาพ และประเมินความชอบทางประสาทสัมผัสจากผู้ทดสอบชิม 40 คน ได้ผลดังนี้



ภาพที่ 4.2 ลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์เยลลี่มะม่วง

4.4.2 ลักษณะปรากฏ

จากภาพที่ 4.2 แสดงให้เห็นว่าผลิตภัณฑ์เยลลี่มะม่วงมีสีเหลืองใสจากสีธรรมชาติของมะม่วงมหาชนก ผิวเรียบเนียน เนื้อสัมผัสนุ่มลื่น ยืดหยุ่น เป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน 519/2547 ที่กำหนดไว้ว่า เยลลี่ต้องเป็นก้อนวงคงรูป ไม่ติดภาชนะบรรจุ มีสีที่ดีตามธรรมชาติของส่วนประกอบที่ใช้ เนื้อสัมผัสเหนียวนุ่ม ยืดหยุ่น ไม่แข็งกระด้างงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.12 ค่าปริมาณน้ำอิสระ ค่าความหวาน ค่าความเป็นกรด-ด่าง และค่าสีของผลิตภัณฑ์เยลลี่มะม่วงสูตรปรับปรุง

a _w	ค่าความหวาน (°Brix)	ค่าความเป็นกรด-ด่าง	ค่าสี			
			L*	a*	b*	ΔE
0.9863	29.44	4.64	38.79	5.48	29.06	48.78
±0.0008	±0.17	±0.01	±0.23	±0.38	±0.39	±0.38

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ย ± SD จากการทดลอง 5 ซ้ำ

4.4.3 ค่าความหวานและค่าความเป็นกรด-ด่าง

จากตารางที่ 4.12 จะเห็นได้ว่าค่าความหวานของผลิตภัณฑ์เยลลี่มะม่วงหลังจากเติมซูคราโลสอยู่ที่ 29.44 °Brix ซึ่งมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นมาจากค่าความหวานของมะม่วงสดที่วัดได้ เนื่องจากซูคราโลสเป็นสารทดแทนความหวานที่รสชาติคล้ายน้ำตาลซูโครส ไม่ให้พลังงาน แต่มีความหวานมากถึง 600 เท่า เมื่อเทียบกับน้ำตาลซูโครส (กมลทิพย์ และสุธีรา, 2559) แม้เติมเพียงร้อยละ 0.02 ก็สามารถเพิ่มค่าความหวานของผลิตภัณฑ์เยลลี่มะม่วงได้มาก

ค่าความเป็นกรด-ด่างของผลิตภัณฑ์เยลลี่มะม่วงอยู่ที่ 4.64 ซึ่งไม่เป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์เยลลี่ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ที่ค่าความเป็นกรด-ด่างที่เหมาะสมกับการเกิดเจลจะอยู่ในช่วง 2.8-3.5 และค่าความเป็นกรด-ด่างที่เหมาะสมที่สุดของการเกิดเจลคือ 3.2 ซึ่งการที่เยลลี่มะม่วงมีค่าความเป็นกรด-ด่างสูงกว่ามาตรฐาน อาจมีเหตุผลมาจากอัตราส่วนของกรดซิตริกที่ใช้ในการปรับกรดเยลลี่มะม่วง ตามสูตรมีการเติมเพียงร้อยละ 0.28 เนื่องจากค่าความเป็นกรดที่สูงอาจส่งผลต่อความแข็งแรงของเจลและรสชาติของเยลลี่มะม่วง (ภาสุรี และกมลวรรณ, 2562)

4.4.4 ค่าสี

ค่าความสว่างและค่าความเป็นสีน้ำเงินและสีเหลืองของเยลลี่มะม่วงมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจากค่าสีของเยลลี่ที่ยังไม่ผ่านการพัฒนาสูตร จะแสดงในตารางที่ 4.12 เนื่องจากมีการเปลี่ยนวัตถุดิบในการผลิตจากเนื้อมะม่วงแช่เยือกแข็งเป็นมะม่วงมหาชนกผลสุก เมื่อวัดค่าสีของมะม่วงมหาชนกสดจะได้ค่า L*, a* และ b* เท่ากับ 50.38, 18.18 และ 54.56 ในตารางที่ 4.11 ซึ่งเป็นค่าที่มากกว่ามะม่วงแช่เยือกแข็ง จึงเป็นเหตุผลให้ค่าสีของผลิตภัณฑ์เยลลี่มะม่วงมีแนวโน้มของค่าความสว่างและค่าความเป็นสีเหลืองที่เพิ่มขึ้น นอกจากนี้การเติมซูคราโลสที่เป็นสารให้ความหวานแทนน้ำตาล ซึ่งจัดอยู่ในกลุ่มของน้ำตาลแอลกอฮอล์ที่ไม่สามารถเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ด (maillard reaction) ได้ เนื่องจากซูคราโลสไม่มีหมู่ที่เป็นอัลดีไฮด์ และคีโตนที่จะทำปฏิกิริยากับสารประกอบไนโตรเจน ที่จะทำให้เกิดสารสีน้ำตาลที่เรียกว่า เมลานอยดิน (melanoidins) (กมลทิพย์, 2561) จึงทำให้ผลิตภัณฑ์เยลลี่มะม่วงที่พัฒนาสูตรแล้วมีค่าสีที่สว่างขึ้นกว่าเดิม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.5 ปริมาณน้ำอิสระ

จากการหาปริมาณน้ำอิสระในผลิตภัณฑ์เยลลี่มะม่วงพบว่าเยลลี่มะม่วงมีปริมาณน้ำอิสระอยู่ที่ 0.9863 ซึ่งเป็นปริมาณที่สูง อาจเกิดได้จากการใช้ซูคราโลสแทนน้ำตาลซูโครส เนื่องจากการเติมซูคราโลส ไม่มีคุณสมบัติในการเพิ่มปริมาณของแข็งที่ละลายได้ ทำให้ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ลดลงน้อยกว่าการใช้ซูโครส ปริมาณของแข็งที่สามารถในการจับกับน้ำได้น้อยลง (กมลทิพย์ และสุธีรา, 2559) ส่งผลให้ปริมาณน้ำอิสระเพิ่มขึ้น

ตารางที่ 4.13 ผลการวิเคราะห์เนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์เยลลี่มะม่วงสูตรปรับปรุง

Hardness (g)	Springiness	Cohesiveness	Gumminess	Chewiness
9141.36±251.50	0.78±0.06	0.39±0.01	3581.56±120.73	2738.00±257.12

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ย ± SD จากการทดลอง 5 ซ้ำ

4.4.6 ลักษณะเนื้อสัมผัส

จากตารางที่ 4.13 พบว่าการใช้สารให้ความหวานแทนน้ำตาลหรือซูคราโลสมีผลทำให้ค่าความแข็ง อัตราการคืนตัว/ยืดหยุ่น ค่าแรงยึดเหนี่ยวที่เกิดขึ้นภายในตัวอย่าง ค่าความเหนียว และค่าการบดเคี้ยวของเยลลี่มะม่วงลดลง สอดคล้องกับงานวิจัยของ ปัทมา และปาริฉัตร (2564) ที่ใช้ซูคราโลสเป็นสารให้ความหวานแทนน้ำตาลในตัวอย่างเยลลี่ซ่า ผลคือค่าความแข็ง อัตราการคืนตัว/ยืดหยุ่น และค่าการบดเคี้ยวของเยลลี่ทุกตัวมีค่าลดลง ซึ่งโดยปกติแล้วเยลลี่จะใช้น้ำตาลซูโครสเป็นสารให้ความหวานในผลิตภัณฑ์ เพราะน้ำตาลซูโครสจะช่วยสร้างพันธะไฮโดรเจนภายในเจล ทำให้เกิดโครงสร้างสามมิติ มีผลทำให้เจลแข็งแรง (กมลทิพย์, 2561) ดังนั้นการใช้ซูคราโลสทดแทนน้ำตาลซูโครสจะทำให้ความแข็งแรงของเจลลดลง ส่งผลต่อเนื้อสัมผัสของเยลลี่มะม่วงทำให้ค่าต่าง ๆ ที่วัดได้ลดลง

ตารางที่ 4.14 ผลการประเมินความชอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์เยลลี่มะม่วงสูตรปรับปรุง

appearance	color	odor	flavor	texture	overall
7.83±0.90	7.78±1.17	7.13±1.22	7.05±1.04	7.08±1.05	7.10±0.87

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ย ± SD จากผู้ประเมินความชอบทางประสาทสัมผัส 40 คน

4.4.7 การประเมินความชอบทางประสาทสัมผัส

จากข้อมูลในตารางที่ 4.14 พบว่าการประเมินความชอบทางประสาทสัมผัสทั้ง 6 ด้านของผลิตภัณฑ์เยลลี่มะม่วงมีคะแนนความชอบเกิน 7 จาก 9 ในทุกด้าน ได้แก่ ด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น กลิ่นรส เนื้อสัมผัส และคะแนนความชอบโดยรวม จากการพัฒนาปรับปรุงสูตรโดยใช้มะม่วงมหาชนกผลสุกแทนเนื้อมะม่วงแช่เยือกแข็งและเติมซูคราโลสที่เป็นสารให้ความหวานแทนน้ำตาล ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์เยลลี่

มะม่วงมีรสชาติหวานและหอมมากขึ้น เนื่องจากมะม่วงมหาชนกเมื่อสุกจัดจะมีจุดเด่นในเรื่องของกลิ่นหอม การใช้มะม่วงมหาชนกสดจึงทำให้แนวโน้มของคะแนนความชอบในด้านกลิ่นและกลิ่นรสเพิ่มขึ้น อีกทั้งคะแนนการยอมรับด้านเนื้อสัมผัสมีแนวโน้มการเพิ่มขึ้นจากสูตรเดิม แสดงให้เห็นว่าผู้ทดสอบชิมชอบเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์เยลลี่ที่มีความนุ่มขึ้นจากเดิม ซึ่งสอดคล้องกับค่าความแข็งของเยลลี่ก่อนพัฒนาสูตรในตารางที่ 4.8 และเยลลี่หลังพัฒนาสูตรในตารางที่ 4.13 ที่ค่าความแข็งของเยลลี่มะม่วงมีค่าลดลง เนื้อผลิตภัณฑ์จะมีความนุ่มขึ้น ใช้แรงการบดเคี้ยวที่น้อยลง

ผลิตภัณฑ์เยลลี่มะม่วงจะมีการบรรจุลงในบรรจุภัณฑ์ปิดสนิทแบบถาดที่มีช่องแยก โดยใน 1 ช่อง จะมีเยลลี่ 1 ชิ้น และมีส้อมให้ด้านในบรรจุภัณฑ์ ควรเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ 4-8 องศาเซลเซียส และเก็บให้พ้นแสงแดด โดยจะรับประทานเป็นขนมทานเล่นหรือนำไปตกแต่งในเมนูเบเกอรี่ เครื่องดื่มน้ำแข็ง ไอศกรีม เป็นต้น



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผล

จากการศึกษากระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์เยลลี่มะม่วงทำให้ทราบถึงขั้นตอนการผลิต การเตรียมวัตถุดิบในการทำเยลลี่มะม่วง จากนั้นจึงศึกษาผลของการใช้ไฮโดรคอลลอยด์ทั้ง 3 ชนิด ได้แก่ เจลาติน เพคติน และคาราจีแนน พบว่าการใช้เจลาตินเป็นสารก่อเจลจะได้เยลลี่มะม่วงที่มีเนื้อสัมผัสนุ่มลื่น ยืดหยุ่นได้ดี สีใส ถ้าใช้คาราจีแนนเป็นสารก่อเจลจะได้เยลลี่มะม่วงที่มีเนื้อสัมผัสแน่นแต่เปราะ สีเหลืองทึบ ถ้าใช้เพคตินเป็นสารก่อเจลจะทำให้เยลลี่ไม่สามารถขึ้นรูปได้ เนื้อสัมผัสจะเหนียว หนืด ติดพิมพ์ จึงได้ทำการศึกษาอัตราส่วนของเจลาตินที่เหมาะสมในการใช้เป็นสารก่อเจลเพื่อขึ้นรูปผลิตภัณฑ์

โดยจะใช้เจลาตินในปริมาณที่แตกต่างกัน 4 ระดับ คือ ร้อยละ 12, 15, 18 และ 21 ผู้ทดสอบชิมให้ คะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสของสูตรที่ใช้เจลาตินที่ร้อยละ 15 มากที่สุด เพราะเนื้อสัมผัสของเยลลี่ จะมีความนุ่มลื่น ไม่แข็งกระด้าง จากนั้นจึงออกแบบการทดลองแบบผสมที่มีการใช้เจลาติน คาราจีแนน และเพคตินได้รวม 9 สูตร เมื่อประเมินคุณภาพและลักษณะทางประสาทสัมผัสพบว่า เยลลี่มะม่วงสูตรที่มี ปริมาณเจลาตินร้อยละ 15 ยังมีคุณลักษณะด้านกลิ่น กลิ่นรส และเนื้อสัมผัสที่มีคะแนนต่ำกว่า 7 คะแนน จาก 9 คะแนนจึงพัฒนาผลิตภัณฑ์โดยการเติมกลิ่นมะม่วงชนิดผง ชูคราโลส และใช้มะม่วงมหาชนกสดแทน การใช้มะม่วงมหาชนกแช่เยือกแข็ง ทำให้แนวโน้มความชอบด้านกลิ่น กลิ่นรส ค่าความสว่างและค่าความเป็นสีเหลืองของเยลลี่มะม่วงเพิ่มขึ้น เมื่อนำเยลลี่มะม่วงไปตรวจคุณสมบัติในด้านต่าง ๆ พบว่าการเติมชูคราโลสมีผลต่อเนื้อสัมผัส ทำให้เยลลี่นุ่มขึ้น ใช้แรงในการบดเคี้ยวลดลง แนวโน้มของค่าความเป็นกรด-ด่าง เพิ่มขึ้นเป็น 4.64 ปริมาณน้ำอิสระอยู่ที่ 0.9863 และค่าความหวานเท่ากับ 29.44 จากการพัฒนาปรับปรุง สูตรทำให้คะแนนความชอบของผู้ทดสอบชิมเกิน 7 คะแนน จาก 9 คะแนน ในทุกด้าน

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 พัฒนาสูตรผลิตภัณฑ์เยลลี่มะม่วงให้ได้ค่าความเป็นกรด-ด่างตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์เยลลี่ ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข

5.2.2 อาจจะมีการคลุกแป้งหรือน้ำตาลเพื่อลดความชื้นในผลิตภัณฑ์ ทำให้เก็บได้นานขึ้นหรือ อาจจะใช้ที่อุณหภูมิห้อง

5.2.3 ศึกษาการใช้น้ำตาลชูโครสร่วมกับชูคราโลสเพื่อเพิ่มความแข็งแรงให้กับโครงสร้างเจลของ ผลิตภัณฑ์เยลลี่มะม่วง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

- กมลทิพย์ กรรไพบรา. 2561. ผลของการใช้สารทดแทนน้ำตาลต่อคุณภาพของกัมมี่เยลลี่ดาดลา. วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา. 23: 949-952
- กมลทิพย์ กรรไพบรา และสุธีรา ศรีสุข. 2559. การพัฒนากัมมี่เยลลี่ดาดลาพลังงานต่ำด้วยซูคราโลส. หน้า 313. ในการประชุมวิชาการ งานเกษตรนครสวรรค์ ครั้งที่ 14. พิษณุโลก: มหาวิทยาลัยนครสวรรค์
- กรขกรณ์ นิลศาสตร์. 2557. การศึกษาการปรับปรุงแบบการรับรู้สีตามเวลาของสารให้ความหวานสังเคราะห์. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. สาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร. คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม. มหาวิทยาลัยศิลปากร.
- ณัชชากร วรสาร, นภักดิ์ ใจภักดี และเอกพล ลีพงษ์ษา. 2560. การเตรียมและประเมินผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่ที่มีส่วนผสมของกลูโคแมนแนน. หน้า 932-939. ในการประชุมวิชาการเสนอผลงานวิจัยบัณฑิตศึกษา ระดับชาติและนานาชาติ 2560. ขอนแก่น: มหาวิทยาลัยขอนแก่น
- ณรงค์ นิยมวิทย์. 2538. องค์ประกอบและการเปลี่ยนแปลงทางเคมีกายภาพของอาหาร. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: พอร์แมทพรีนติ้ง
- ธาวิดา ศิริสัมพันธ์. 2560. มหาชนก มะม่วงพันธุ์ไทยนามพระราชทาน. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: https://www.technologychaoban.com/royal-funeral-pyre-report/article_34146.14 พฤศจิกายน 2565.
- ธีรวรรณ สุวรรณ, วีระ ประจวบพรหม, วิโรพร งามรูป, ณัฐยานี ชูสุข และจันทิมา ภูงามเงิน. 2560. การพัฒนาผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่โบราณจืด. วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา. 22: 189-198
- ธีระรัตน์ ชินแสน, อุดร จิตจักร, เกศจิตต์ ขามคุลา และนภาพร เวชกามา. 2563. การผลิตมะม่วงมหาชนกเพื่อการส่งออกตลาดญี่ปุ่น: กรณีศึกษาบ้านหนองบัวชุม ตำบลหนองหินอำเภอหนองกุงศรี จังหวัดกาฬสินธุ์. Thai journal of east Asian studies. 24: 36-52
- นงลักษณ์ พยัคฆ์ศิรินาวิน. ปัจจัยที่มีผลต่อการพัฒนาสีผิวและคุณภาพของมะม่วงพันธุ์มหาชนก. วิทยานิพนธ์ปริญญาปรัชญาดุษฎีบัณฑิต. สาขาวิชาเกษตรศาสตร์. คณะเกษตรศาสตร์. มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี.
- นิธิยา รัตนปนนท์. 2551. เคมีอาหาร. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ: โอ.เอส. พรีนติ้ง เฮ้าส์
- ปัทมา สุภาพผลและปาริฉัตร เชื้อสูงเนิน. 2565. สมบัติทางเคมีกายภาพและคุณค่าทางโภชนาการของเยลลี่ชาลดน้ำตาลจากสารสกัดจากเหง้าข้าว. Life Sciences and Environment. 23: 149-152
- ปริญรัชต์ ธนวิยุทธ์ภักดี และทรงศักดิ์ ศรีอนุชาติ. 2561. สารให้ความหวานแทนน้ำตาลเพื่อสุขภาพและการควบคุมน้ำหนัก. Thai journal of science and technology. 8:94-96.
- เอก ประภาศกระทรวงสารธารณสุข ฉบับที่ 213 (พ.ศ.2543) เรื่อง แยม เยลลี่ และมาร์มาเลดในภาชนะบรรจุที่ไม่ผ่านการปิดสนิท. 2544. ราชกิจจานุเบกษา. 118 ตอนพิเศษ ๖๖. กรุงเทพฯ: กระทรวงสาธารณสุข กรมอนามัย

ประจักษ์เวท สาตมาสี. 2560. การเลือกใช้ไฮโดรคอลลอยด์ในอุตสาหกรรมอาหาร. วารสารอาหาร (Food Journal). 47: 29-34

ปาริฉัตร หงสประภาส. 2545. เคมีกายภาพของอาหาร คอลลอยด์ อิมัลชัน และเจล. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปิยนันท์ อึ้งทรงธรรม, วาริทธิย์ พึ่งพันธ์ุ, ปัทมาภรณ์ อักษรชู และจุฑารัตน์ สุภาณุวัฒน์. 2553. คุณค่าทางโภชนาการในผลไม้. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.

พรทิพย์ ธนตีกุล. 2565. ผลของการจี้แวนคุณภาพเยลลี่ถั่วเหลืองแพะงอก. วารสารวิทยาศาสตร์และวิทยาศาสตร์ศึกษา. 5: 215-221.

ภาสุรี ฤทธิเลิศ และกมลวรรณ วารินทร์. 2562. การพัฒนาผลิตภัณฑ์กัมมีผลิตภัณฑ์เยลลี่มะม่วงหาวมะนาวโห่. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. คณะเทคโนโลยีการเกษตร. มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ในพระบรมราชูปถัมภ์.

รอมลี เจดอเลาะ และชูไอมิน เจ๊ะมะลี. 2561. ผลของไฮโดรคอลลอยด์ต่อคุณภาพและความคงตัวของเยลลี่ลูกหยีฮาลาลระหว่างการเก็บรักษา. RMUTI JOURNAL Science and Technology. 12: 62-74

วัฒนา วิริวุฒิก. 2563. อัตราส่วนที่เหมาะสมของเจลาตินที่มีต่อการผลิตกัมมีน้ำสับประรดเสริมเยื่อหุ้มเมล็ดพิศข้าว. วารสารเกษตรพระจอมเกล้า. 38: 400-407.

วัฒนา วิริวุฒิก. 2564. อัตราส่วนของคาราจีแนนและน้ำตาลซูโครสที่เหมาะสมต่อคุณภาพของเยลลี่ชาเขียวกลั่นน้ำผึ้งมะนาว. วารสารเกษตรพระจอมเกล้า. 39: 148-155.

วิชมณี ยืนยงพุทธกาล, สันต วิเชียรโชติ และ อุดมลักษณ์ สุขออตตา. 2560. การพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารเจลเพื่อสุขภาพสำหรับผู้สูงอายุจากผลไม้ไทย ที่มีองค์ประกอบของสารไฟโบรติกโดยใช้เยลลี่ข้าวไรซ์เบอร์รี่ เป็นผลิตภัณฑ์ต้นแบบ.

วิวัฒน์ หวังเจริญ, ผู้เรียบเรียง. 2561. สถิติและการใช้โปรแกรมสำเร็จรูปในการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร. เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยแม่โจ้

ศูนย์พัฒนาการค้าและธุรกิจไทย. 2564. รายงานแนวโน้มสินค้ามะม่วงในตลาดจีน. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: https://www.ditp.go.th/contents_attach/732720/732720.pdf. 14 พฤศจิกายน 2565.

สุกัญญา เขียวสะอาด, สรัญญา ชวนพงษ์พานิช และอัศวิน ดาดูเคล. 2563. การพัฒนาผลิตภัณฑ์กัมมีเยลลี่จากสารสกัดดอกบุนนาค. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 28: 2186-2200

สุนทรีย์ ทับมาโนช. 2565. รายงานพิเศษแปรรูปเพิ่มมูลค่ามะม่วงมหาชนกกาฬสินธุ์. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก <https://thainews.prd.go.th/RegionNews/RegionNews/Detail/TCACG220616155053421>. 13 พฤศจิกายน 2565.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2561. มะม่วงพีชทางเลือกสดใสของกาฬสินธุ์. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก:

<http://oaezone.oae.go.th/view/1รายละเอียดข่าว/ข่าว%20สศก/26895/TH-TH>. 13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อัจฉรา เทียมภักดี. 2549. ผลของพีเอช เจลาติน เพกทิน น้ำตาล และน้ำผลไม้ ที่มีต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของกัมมีเยลลี่. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

อนุวิทย์ สนศิริ. 2553. ส่วนผสมที่เหมาะสมของวัสดุผสมสำหรับแม่พิมพ์ขึ้นรูปด้วยความร้อนของพลาสติกแผ่น. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต. สาขาวิศวกรรมอุตสาหกรรม. คณะวิศวกรรมศาสตร์. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

อุบล ชินวัง, ทินน์ พรหมโชติ, สาธิต พสุวิทย์กุล และจุฑาทิพย์ เปลี่ยมสติ. 2561. วารสารเกษตรพระจอมเกล้า. 36: 85-97

อรนาฎ มาตังคสมบัติ และพนิดา ัญญศรีสังข์. 2652. สารให้ความหวานแทนน้ำตาลกับผลต่อสุขภาพร่างกายและสุขภาพช่องปาก. J dent assoc thai. 69: 381-383.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล	ปาณิสรา อุปลัมภ์
วัน เดือน ปี เกิด	24 มิถุนายน 2542
ประวัติการศึกษา	จบการศึกษาจากโรงเรียนสตรีภูเก็ต อำเภอเมืองภูเก็ต จังหวัดภูเก็ต ปัจจุบันกำลังศึกษาในคณะอุตสาหกรรมอาหาร หลักสูตรวิทยาศาสตร์ บัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร สถาบัน เทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ประสบการณ์การทำงาน และผลงานวิจัย	การพัฒนาผลิตภัณฑ์เยลลี่มะม่วง (Development of mango jelly)
รางวัลที่เคยได้รับ	-
ชื่อ-นามสกุล	วิรมณ แสงโชติ
วัน เดือน ปี เกิด	24 กุมภาพันธ์ 2544
ประวัติการศึกษา	จบการศึกษาจากโรงเรียนราชวินิต มัธยม เขตดุสิต จังหวัดกรุงเทพมหานคร ปัจจุบันกำลังศึกษาในคณะอุตสาหกรรมอาหาร หลักสูตรวิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ประสบการณ์การทำงาน และผลงานวิจัย	การพัฒนาผลิตภัณฑ์เยลลี่มะม่วง (Development of mango jelly)
รางวัลที่เคยได้รับ	-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล	สิริวิชญ์ ถวิลวัฒน์
วัน เดือน ปี เกิด	26 เมษายน 2544
ประวัติการศึกษา	จบการศึกษาจากโรงเรียนกรุงเทพคริสเตียนวิทยาลัย เขตบางรัก จังหวัดกรุงเทพมหานคร ปัจจุบันกำลังศึกษาในคณะอุตสาหกรรมอาหาร หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ประสบการณ์การทำงาน และผลงานวิจัย รางวัลที่เคยได้รับ	การพัฒนาผลิตภัณฑ์เยลลี่มะม่วง (Development of mango jelly)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้