



รายงานการวิจัย
เรื่อง

การพัฒนาผลิตภัณฑ์กัมมี่สมุนไพรไทยแคลอรีต่ำ : ชิง
THE DEVELOPMENT OF LOW CALORIE THAI HERBAL GUMMIES:
GINGER

นายณราธิป ปุณเกษม

มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต

2556

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต



รายงานการวิจัย
เรื่อง

การพัฒนาผลิตภัณฑ์กัมมี่สมุนไพรไทยแคลอรีต่ำ : ชิง
THE DEVELOPMENT OF LOW CALORIE THAI HERBAL GUMMIES:
GINGER

นายณราธิป ปุณเกษม

(หลักสูตรเทคโนโลยีการประกอบอาหารและการบริการ)
(โรงเรียนการเรือน)

มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต
2556

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต
(งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต ปีงบประมาณ 2555)

หัวข้อวิจัย	การพัฒนาผลิตภัณฑ์กัมมี่สมุนไพรไทยแคลอรีต่ำ : ชিং
ผู้ดำเนินการวิจัย	นายณราธิป ปุณเกษม
ที่ปรึกษา	นางจันทร์จนา ศิริพันธุ์วัฒนา
หน่วยงาน	โรงเรียนการเรือน
ปี พ.ศ.	2556

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของความเข้มข้นของน้ำชিং และสารก่อเจลดต่อคุณภาพของกัมมี่ชিং โดยคัดเลือกสูตรที่เหมาะสมที่สุด เพื่อนำไปศึกษาผลของการใช้สารทดแทนความหวานในกัมมี่ชিং จากการศึกษาพบว่าสิ่งทดลองที่สามารถขึ้นรูปได้ คือ 1:1/3:1, 1:1/4:0, 1:1.5/3:1 และ 1:1.5/4:0 จากนั้นนำมาตรวจวัดคุณภาพทางกายภาพ เคมี และประสาทสัมผัส พบว่า ค่า L^* ของสิ่งทดลองทั้ง 4 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เนื่องจากมีอัตราส่วนของน้ำชিং และสารก่อเจลดแตกต่างกันคือ อัตราส่วนน้ำชিং 1:1 และ 1:1.5 สารก่อเจลด 3:1 และ 4:0 ส่วนในค่า a^* และ b^* ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ด้านองค์ประกอบทางเคมีสิ่งทดลองทั้ง 4 มีปริมาณโปรตีน และเส้นใยอาหาร ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ส่วนความชื้น เถ้า ไขมัน และคาร์โบไฮเดรต แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ทางด้านประสาทสัมผัส ได้แก่ ความชอบโดยรวม ลักษณะปรากฏ กลิ่น ความยืดหยุ่น สี และรสชาติ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ทั้ง 4 สิ่งทดลองมีค่าเฉลี่ยทางด้านกายภาพและเคมีใกล้เคียงกัน ผู้วิจัยจึงเลือกสิ่งทดลองที่มีคะแนนความชอบมากที่สุดมาทดแทนน้ำตาลด้วยสารให้ความหวาน โดยผู้วิจัยเลือกสิ่งทดลองที่ใช้ น้ำชিং 1:1 และสารก่อเจลดเท่ากับ 4:0 ในการใช้สารทดแทนความหวาน (แมนนิทอล) แบ่งเป็น 3 ระดับ คือ อัตราส่วนน้ำตาล ต่อ แมนนิทอล เท่ากับ 100:0 (สิ่งทดลองมาตรฐาน) 50:50 และ 0:100 เมื่อนำมาตรวจสอบคุณภาพทางกายภาพ เคมี และประสาทสัมผัส พบว่าเมื่อทดแทนสารให้ความหวาน ค่า L^* มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ค่า a^* ไม่มีความแตกต่าง และค่า b^* มีแนวโน้มลดลง ปริมาณโปรตีน ความชื้น เส้นใยอาหาร และคาร์โบไฮเดรต ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ส่วนคุณภาพทางประสาทสัมผัส นั้น ความชอบโดยรวม ลักษณะปรากฏ ความยืดหยุ่น และรสชาติ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่สี และกลิ่น แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยสิ่งทดลองที่ใช้แมนนิทอลเพียงอย่างเดียวได้รับคะแนนความชอบมากที่สุด

Research Title	THE DEVELOPMENT OF LOW CALORIE THAI HERBAL GUMMIES: GINGER	
Researcher	Mr. NARATIP	POONNAKASEM
Research Consultants	Mrs. CHANCHANA	SIRIPANWATTANA
Organization	School of Culinary Arts	
Year	2013	

The objective of this study was to study ratio of ginger juice and jelling agent on quality of ginger gummies and select the best condition and determine effect of sweetener on quality of ginger gummies. The result showed that four ratio (water: ginger / gelatin: pectin) of 1:1/3:1, 1:1/4:0, 1:1.5/3:1 and 1:1.5/4:0 can be formed. They were measured physical, chemical and sensorial qualities. It was found that L^* value was significantly different ($p \leq 0.05$), because of the different in water: ginger and gelatin: pectin ratio, while a^* and b^* were not significantly different ($p > 0.05$). From chemical composition, it was found that protein and crude fiber were not significantly different ($p > 0.05$). Moisture, ash, lipid and carbohydrate were significantly different ($p \leq 0.05$). Result from sensory evaluation, it was showed that overall acceptance, appearance, odor, resilient, color and taste were significantly different ($p \leq 0.05$). The result showed that the physical and chemical qualities of 4 treatments were not different, so the sensorial qualities were used to choose the best treatment for next experiment. The best treatment of 1:1/4:0 was used to study the effect of sweetener on quality of ginger gummies. Three levels of sweetener (mannitol) of 100:0, 50:50 and 0:100 (sugar: mannitol) were studied. From the physical qualities, it was found that L^* value was increase, a^* value was not significantly different and b^* value was decrease. From chemical composition, it was found that protein, moisture content, crude fiber and carbohydrate were not significantly different ($p > 0.05$). Result from sensory evaluation, it was showed that overall acceptance, appearance, resilient, and taste were not significantly different ($p > 0.05$), but color and odor were significantly different ($p \leq 0.05$). Finally, it was found that the gummies from 100% mannitol was the best treatment from result of acceptance.

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยครั้งนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต ที่เล็งเห็นความสำคัญของการวิจัยด้านอาหารที่เป็นอัตลักษณ์ของมหาวิทยาลัยฯ เพื่อนำงานวิจัยไปใช้ประโยชน์สำหรับหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต ที่จัดสรรงบประมาณเพื่อสนับสนุนโครงการวิจัยครั้งนี้ ผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่าน ที่ได้เสียสละเวลาในการเสนอแนะให้ข้อคิดเห็น และติดตามให้การทำวิจัยครั้งนี้เป็นไปตามแผนงานที่วางไว้

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ นักศึกษา เจ้าหน้าที่ หลักสูตรวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร ที่ได้ร่วมแรงร่วมใจในการช่วยงานวิจัยนี้

คณะผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่า การวิจัยครั้งนี้ จะเป็นประโยชน์สำหรับหน่วยงานต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง จะได้นำไปเป็นแนวทางในการพัฒนางานวิจัย หากมีข้อผิดพลาดประการใดในการทำวิจัยครั้งนี้ คณะผู้วิจัยขอน้อมรับ เพื่อนำมาพัฒนาต่อไป

นราธิป ปุณเกษม
(2556)

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญภาพ	ช
 บทที่ 1 บทนำ	 1
ความเป็นมาและความสำคัญ	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
ขอบเขตการวิจัย	2
สมมติฐานการวิจัย	2
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
 บทที่ 2 แนวคิด ทฤษฎี เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	 3
จึง	4
ผลิตภัณฑ์ลูกกวาด	5
กัมมี่	5
ส่วนประกอบที่สำคัญในการผลิตกัมมี่	6
เจลาติน	7
เพคติน	9
กรด	14
ขั้นตอนในกระบวนการผลิตกัมมี่	16
สารทดแทนน้ำตาลหรือสารให้ความหวานพลังงานต่ำ	26
วิจัยที่เกี่ยวข้อง	20
กรอบแนวคิดในการวิจัย	20
 บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	 21
วัตถุประสงค์ วัตถุประสงค์ และสารเคมี	21
วิธีการทดลอง	22

	หน้า
บทที่ 4 ผลการวิจัย	27
คุณภาพของกัมมีซิงสูตรพื้นฐาน	27
ผลของอัตราส่วนของปริมาณขิงต่อน้ำ และอัตราส่วนเจลาตินต่อเพคตินต่อคุณภาพ	28
ผลิตภัณฑ์กัมมีซิง	
ผลของอัตราส่วนการทดแทนสารให้ความหวานต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์กัมมีซิง	32
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	35
สรุปผลการวิจัย	35
อภิปรายผลการวิจัย	35
ข้อเสนอแนะ	36
บรรณานุกรม	37
ภาคผนวก	39
ภาคผนวก ก การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ	40
ภาคผนวก ข การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี	42
ภาคผนวก ค การประเมินคุณภาพทางทางประสาทสัมผัส	49
ประวัติผู้วิจัย	51

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1	คุณค่าทางโภชนาการที่จะได้รับจากการรับประทานชิงในปริมาณ 100 กรัม
3.1	วัตถุดิบในการผลิตกัมมี่
3.2	อัตราส่วนของปริมาณชิงต่อน้ำและอัตราส่วนเจลาตินต่อเพคตินในการผลิตกัมมี่ชิง
3.3	ปริมาณของสารทดแทนความหวานที่เหมาะสมในการผลิตกัมมี่ชิง
4.1	คุณสมบัติทางกายภาพและคุณสมบัติทางเคมีของกัมมี่ชิงสูตรพื้นฐาน
4.2	คุณภาพทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ของกัมมี่ชิงที่มีอัตราส่วนน้ำต่อชิง และเจลาตินต่อเพคตินที่แตกต่างกัน
4.3	คุณภาพทางเคมีของผลิตภัณฑ์กัมมี่ชิงที่มีอัตราส่วนน้ำต่อชิงและเจลาตินต่อเพคตินที่แตกต่างกัน
4.4	คุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์กัมมี่ชิงที่มีอัตราส่วนน้ำต่อชิง และเจลาตินต่อเพคตินแตกต่างกัน
4.5	คุณภาพทางด้านกายภาพของผลิตภัณฑ์กัมมี่ชิงทดแทนสารให้ความหวานที่แตกต่างกัน
4.6	คุณภาพทางเคมีของผลิตภัณฑ์กัมมี่ชิงทดแทนสารให้ความหวานในปริมาณแตกต่างกัน
4.7	คุณภาพทางประสาทสัมผัสผลิตภัณฑ์กัมมี่ชิงทดแทนสารให้ความหวานในปริมาณแตกต่างกัน

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2.1	การแบ่งชนิดของเพคตินตามค่า DM และการนำไปใช้ในผลิตภัณฑ์	11
2.2	โครงสร้างของ Junction zone ในเจลเพคตินชนิดเมทอกซีสูงที่ได้จากการศึกษาด้วย X-ray Diffraction	13
2.3	แผนภาพแสดงขั้นตอนในกระบวนการผลิตกัมมี่หรือพลาสติกส์	16
3.1	ขั้นตอนการผลิตกัมมี่ซิง	23
4.1	ผลิตภัณฑ์กัมมี่ซิงที่มีอัตราส่วนของปริมาณซิงต่อน้ำซิงและอัตราส่วนของเจลาตินต่อเพคติน	29
4.2	ผลิตภัณฑ์กัมมี่ซิงทดแทนสารให้ความหวานที่แตกต่างกัน	32

บทที่ 1 บทนำ

1. ความเป็นมาและความสำคัญ

ชิงเป็นพืชลงหัวพวกเดียวกับมัน ไพล เป็นพืชเมืองของเอเชีย ชอบอากาศร้อนชื้น ต้องการดินโปร่งและอุดมสมบูรณ์ เช่น ดินร่วนปนทราย มีความชื้นสูง ระบายน้ำดี ไม่ชอบดินเหนียวจัด ที่ลุ่มหรือพื้นที่มีน้ำขัง ถ้าใช้ชิงอ่อนควรปลูกในดินทรายหยาบได้แต่ดราไร จะไม่แก่เร็ว ถ้าโดนแดดจัดจะออกดอกและแก่เร็วเกินไปสารสำคัญที่พบกลิ่นหอมเฉพาะตัวของชิงเกิดจากน้ำมันหอมระเหยในเหง้า ซึ่งมีสารสำคัญคือ เซสควิเทอร์พีน ไฮโดรคาร์บอน เซสควิเทอร์พีน แอลกอฮอล์ โมโนเทอร์พีนอยด์ เอสเตอร์ ฟีนอล รสเผ็ดร้อนและกลิ่นฉุนเกิดจากน้ำมันชั้น ในเหง้าเช่นเดียวกัน ส่วนประกอบอื่น ๆ คือ แป้งและยางเมือก นอกจากนี้ ชิงยังมีสารอาหารที่มีคุณค่าต่อร่างกายอีก คือ โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต แคลเซียม วิตามินเอ ฯลฯ สรรพคุณชิงมีฤทธิ์อุ่น ช่วยขับเหงื่อ ไล่ความเย็น ขับลม แก้ท้องอืด ท้องเฟ้อ ช่วยให้เจริญอาหาร และทำให้ร่างกายอบอุ่น ในทางยานิยมใช้ชิงแก่ เพราะชิงยิ่งแก่จะยิ่งเผ็ดร้อน และจะมีใยอาหารมาก

กัมมี่ เป็นผลิตภัณฑ์ลูกกวาด (Confectionery products) ประเภทหนึ่ง ที่ได้รับความนิยมในกลุ่มของเด็กจนถึงวัยรุ่น เนื่องจากมีรูปร่างและสีสันที่สวยงาม และมีรสชาติหวานเป็นที่ถูกปากของเด็กกลุ่มดังกล่าว (วนิดา ไชยมหาวัน, 2542) ลักษณะเฉพาะของกัมมี่ คือเป็นผลิตภัณฑ์ที่เป็นเจล มีความใส เนื้อสัมผัสเนียน ไม่หยาบสาก (สายสนม ประดิษฐ์ดวง และสิริ ชัยเสรี, 2439) สารที่ใช้เป็นตัวก่อเจลในเยลลี่มีหลายชนิด เช่น เจลาติน คาราจีแนน เพกทินและอะการ์ เป็นต้น การเลือกใช้ชนิดของสารที่เป็นตัวก่อเจลและความเข้มข้นที่ระดับต่างๆ จะทำให้ได้เนื้อสัมผัสของเยลลี่แตกต่างและเกิดความหลากหลายของผลิตภัณฑ์ เช่น เยลลี่ที่ทำจากอะการ์จะมีเนื้อสัมผัสที่นุ่มและเปราะ เยลลี่ที่ทำมาเพกทินจะมีความนุ่มและเปราะ แต่จะมีความยืดหยุ่นมากกว่าเจลที่ทำจากอะการ์ ส่วนเยลลี่ที่ทำจากเจลาตินจะมีเนื้อสัมผัสที่หนืดและยืดหยุ่น ซึ่งเป็นลักษณะเฉพาะของกัมมี่เยลลี่ (Edwards, 2000)

การนำเพคตินมาใช้ร่วมกับเจลาติน จึงน่าจะเป็นวิธีการหนึ่งที่จะสามารถช่วยปรับปรุงลักษณะเนื้อสัมผัสของกัมมี่เยลลี่ให้มีความนุ่ม หนืด ยืดหยุ่น ผสมกับลักษณะเนื้อสัมผัสที่เปราะเล็กน้อย อันเกิดจากโครงสร้างเจลสั้นๆ ของเพกทิน (DeMars and Ziegler, 2001) ทำให้เคี้ยวง่าย เกิดความเพลิดเพลินขณะเคี้ยว และเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคมากขึ้น การใช้เพคตินเป็นสารก่อเจลในเยลลี่โดยทั่วไปจะใช้ชนิดที่มีหมู่เมทิลเอสเทอร์สูง เพราะสามารถเกิดเจลได้ในสภาวะที่มีความเข้มข้นของน้ำตาลสูงและพีเอชต่ำ (Nussinovitch, 1997) นอกจากนี้เพกทินจัดอยู่ในกลุ่มของ functional food เนื่องจากเป็นเส้นใยอาหารชนิดที่อุ้มน้ำได้ดี มีความสำคัญในการช่วยลด คอเลสเตอรอลในเลือดได้ และเพกทินชนิดที่มีหมู่เมทิลเอสเทอร์สูงยังใช้เป็นวัตถุเจือปนอาหารและเป็นรูปที่พบมากในธรรมชาติ และไม่ได้ถูกจำกัดในเรื่องของปริมาณการบริโภคต่อวัน (Acceptable daily intakes, ADIs) (Edwards, 2000)

การนำสารก่อเจลซึ่งเป็นสารไฮโดรคอลลอยด์มาใช้ร่วมกัน เพื่อที่จะปรับปรุงคุณภาพเนื้อสัมผัสของอาหารนั้น จะต้องคำนึงถึงปัจจัยต่างๆ ที่จะมีผลกระทบต่อารเกิดเจลและความแข็งแรง

ของเจลที่ได้ เนื่องจากความแข็งแรงของเจลมีความสัมพันธ์อย่างมากกับเนื้อสัมผัสของอาหารและมีผลต่อความยอมรับของผู้บริโภค และถึงแม้จะมีผลงานวิจัยเป็นจำนวนมากที่ได้ศึกษาถึงปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการเกิดเจลและความแข็งแรงของเจลในไฮโดรคอลลอยด์ชนิดต่างๆ แต่เนื่องจากความต้องการผลิตภัณฑ์ใหม่ๆของผู้บริโภคยังคงมีเพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ การศึกษาเนื้อสัมผัสของระบบเจลผสมจึงเป็นเรื่องที่จำเป็น เนื่องจากอาจมีการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของสายพอลิเมอร์ หรือเกิดสายพอลิเมอร์ใหม่ภายในรูพรุนของโครงสร้างพอลิเมอร์เดิม ซึ่งการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างย่อมมีผลทำให้เนื้อสัมผัสเปลี่ยนแปลงไปจากเดิมได้

ผลิตภัณฑ์กัมมีซิงเป็นผลิตภัณฑ์ที่ทำขึ้นเพื่อใช้รับประทานเป็นของหวาน หรือขนมหวาน รับประทานหลังอาหาร หรือรับประทานเล่นเพื่อดับกลิ่น ชับลม นอกจากนั้นกัมมีซิงยังเป็นผลิตภัณฑ์ขนมที่ให้พลังงานต่ำ และยังไม่ทำให้ฟันผุ

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

- 2.1 เพื่อศึกษาผลของความเข้มข้นของน้ำซิง และสารก่อเจลต่อคุณภาพของกัมมีซิง
- 2.2 เพื่อศึกษาผลของการใช้สารทดแทนความหวานในการผลิตกัมมีซิง

3. สมมติฐานการวิจัย

ผลิตภัณฑ์กัมมีซิงมีอัตราส่วนของเจลาตินต่อเพคตินที่เหมาะสม และสารทดแทนความหวานที่เหมาะสม ที่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

4. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ผลิตภัณฑ์กัมมีซิงจะเป็นตัวเลือกใหม่ให้แก่ผู้บริโภค

บทที่ 2

แนวคิด ทฤษฎี เอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. ชิง

1.1 ข้อมูลทั่วไป

ชื่อวิทยาศาสตร์ : *Zingiber officinale* Roscoe ชื่อวงศ์ : Zingiberaceae

ชื่อสามัญ : Ginger ชื่ออื่น : ชิงแกลง, ชิงแดง (จันทบุรี), ชิงเผือก (เชียงใหม่), สะเอ (แม่ฮ่องสอน), ชิงบ้าน, ชิงแครง, ชิงป่า, ชิงเขา, ชิงดอกเดียว (ภาคกลาง), เกีย (จีนแต้จิ๋ว) ชิงมีถิ่นเดิมในเอเชียเขตภูมิอากาศร้อน ชิงเป็นที่นิยมสูงมากในญี่ปุ่น และ เกาหลี อีกทั้งมีหลักฐานยืนยันว่าจีนมีการใช้และเพาะปลูกชิงมานานหลายพันปี โบราณคนเอเชียใช้ชิงเป็นทั้งเครื่องเทศปรุงอาหารและสมุนไพรรักษาโรค ชิงอาจถูกใช้เป็นยามาก่อน ชิงในฐานะอาหารหรือเครื่องเทศพัฒนาขึ้นทีหลัง ชิงเป็นเครื่องเทศที่มีกลิ่นหอมสดชื่น และรสเผ็ดร้อน ชิงยิ่งแก่ รสยิ่งเผ็ดร้อน ชิงอ่อนมีไฟเบอร์น้อย ชิงอ่อนจึงนิยมนินสดๆ นำมาปรุงอาหาร ทำชิงดองหรือเครื่องดื่ม ส่วนชิงแก่นิยมทำขนมและของหวาน นำมาทำเป็นชิงแห้งปั่นละเอียดใช้แต่งกลิ่นอาหารเป็นส่วนผสมเครื่องแกง

1.2 คุณค่าทางโภชนาการ

ชิงนับได้ว่าเป็นสมุนไพรไทย ที่หาได้ง่าย และชิงยังเป็นสมุนไพรที่สามารถแก้อาการท้องอืดท้องเฟ้อ อีกทั้งชิงยังช่วยให้เจริญอาหารได้เป็นอย่างดี สำหรับคุณค่าทางสมุนไพรของชิง อีกอย่างหนึ่งคือ มีความสามารถในการขับลม และแก้อาการปวดท้องของเรา จึงทำให้รู้สึกได้ถึง ความสบายท้อง รู้สึกปลอดโปร่ง ทำให้ไม่อืดอึด นอกจากนี้ ชิง ยังมีสรรพคุณ ช่วยลดอาการคลื่นไส้ อาการปั่นป่วนในท้อง (ทวีทอง หงษ์วิวัฒน์ และคณะ, 2550) คุณค่าโภชนาการของชิงแสดงดังตารางที่ 2.1

1.3 สรรพคุณทางยา

ชิงมีฤทธิ์อุ่น ช่วยขับเหงื่อ ไล่ความเย็น ขับลม แก้อาการท้องอืด ท้องเฟ้อ ช่วยให้เจริญอาหาร และทำให้ร่างกายอบอุ่นในทางยานิยมใช้ชิงแก่เพราะชิงยิ่งแก่จะยิ่งเผ็ดร้อนและจะมีใยอาหารมาก รักษาอาการคลื่นไส้อาเจียนโดยนำชิงแก่สด ประมาณ 2-3 เหว้ามาทุบพอแตกต้มกับน้ำ รักษาใช้หวัด โดยนำชิงแก่สด 7 กรัม และชิงแห้ง 2 กรัม ต้มกับน้ำตาลทรายแดง ต้มเพื่อรักษาอาการ หรือใช้ชิงแก่ 2-3 เหว้า นำมาทุบให้ละเอียดต้มกับน้ำอาบเพื่อขับเหงื่อลดอาการไข้เนื่องจากหวัด รักษาอาการไอ ขับเสมหะ โดยนำชิงสดมาคั้นน้ำให้ได้ประมาณครึ่งถ้วย ผสมน้ำผึ้งประมาณ 1 ช้อนชา ต้มกับน้ำ 2 ถ้วย ต้มวันละ 3 ครั้ง หรือใช้ชิงสดฝนกับมะนาวเติมเกลือเล็กน้อย ใช้กวาดคอหรือจิบบ่อยๆ รักษาอาการปวดประจำเดือนในช่วงก่อนหรือระหว่างมีประจำเดือน โดยนำชิงแห้งประมาณ 30 กรัม ต้มกับน้ำ ต้มบ่อยๆ แก้อาการท้องเสีย ท้องร่วง โดยใช้ชิงแห้งบดชงกับน้ำอุ่น ต้มวันละ 1 ครั้ง รักษาแผลที่เกิดจากไฟไหม้หรือถูกน้ำร้อนลวก โดยตำชิงสดให้ละเอียด นำกากมาพอกที่แผลเพื่อบรรเทาอาการอักเสบเป็นหนองรักษาอาการปวดฟันโดยนำชิงแก่ทุบให้ละเอียดคั่วกับน้ำสารส้มจนเกรียม แล้วบดจนเป็นผง พอกบริเวณ (ทวีทอง หงษ์วิวัฒน์ และคณะ, 2550)

ตารางที่ 2.1 คุณค่าทางโภชนาการที่จะได้รับการรับประทานซึ่งในปริมาณ 100 กรัม

คุณค่าทางโภชนาการของซิง	ปริมาณ	
	กรัม	มิลลิกรัม
ไขมัน	0.6	-
โปรตีน	0.4	-
เส้นใยอาหาร	0.8	-
ธาตุเหล็ก	-	1.2
แคลเซียม	-	18
ฟอสฟอรัส	-	22
คาร์โบไฮเดรต	4.4	-
วิตามินซี	-	1
เบต้าแคโรทีน	-	10
ไนอะซิน	-	1
ไรอะมิน	-	0.02
ไลโบฟามีน	-	0.02

ที่มา: ดัดแปลงจาก ทวีทอง หงษ์วิวัฒน์ และคณะ, 2550

2. ผลิตภัณฑ์ลูกกวาด (Confectionery products)

ผลิตภัณฑ์ลูกกวาดได้เริ่มมีมาตั้งแต่เมื่อสองพันปีก่อนคริสต์ศักราช ชนชาติอียิปต์เป็นชาติแรกที่มีศิลปะในการทำผลิตภัณฑ์และประดิษฐ์เครื่องมือขึ้นมาใช้ ซึ่งผลิตภัณฑ์แรกที่ผลิตขึ้นมาเรียกว่า Sweetmeats ทำจากการนำผลไม้ น้ำ สมุนไพรรสหวาน และเครื่องเทศ มาผสมกับน้ำผึ้ง ต่อมาชนชาติกรีกได้นำแป้งเปียกมาช่วยทำให้ผลิตภัณฑ์มีความคงรูปมากขึ้น สิ่งที่ทำให้รสหวานในสมัยแรกนั้นจะเป็นน้ำผึ้ง เนื่องจากยังไม่มีการผลิตน้ำตาลทราย และส่วนประกอบในการทำผลิตภัณฑ์เหล่านี้ก็ไม่มีมาก จึงทำให้ผลิตภัณฑ์ในสมัยนั้นยังไม่มีหลากหลาย ต่างจากในสภาพปัจจุบันที่พบว่าอุตสาหกรรมลูกกวาดมีขนาดใหญ่เป็นอันดับ 9 ของอุตสาหกรรมอาหารทั้งหมด เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีความเป็นวิทยาศาสตร์และศิลปะค่อนข้างมากมาย และเป็นกลุ่มของผลิตที่มีรูปแบบแตกต่างกันมากที่สุด ผลิตภัณฑ์ลูกกวาดสามารถแบ่งได้เป็น 3 กลุ่ม ดังนี้ (สายสนม ประดิษฐ์ดวง และสิริ ชัยเสรี, 2539) Sugar Confectionary เป็นผลิตภัณฑ์ที่ทำจากน้ำตาลเป็นส่วนใหญ่ รวมถึงผลิตภัณฑ์ที่เคลือบด้วยน้ำตาล เช่น High boiled sweet, Toffee, Fudge, Fondant และ Jellies เป็นต้น Chocolate Confectionary เป็นผลิตภัณฑ์ที่ทำจากช็อกโกแลตทั้งในรูปแท่งหรือแผ่น และรวมถึงพวกที่เคลือบผิวด้วยช็อกโกแลต และ Flour Confectionary เป็นผลิตภัณฑ์ที่อาจจัดอยู่ในพวกขนมอบ ส่วนใหญ่จะเป็นขนมเค้กชนิดพิเศษ หรืออยู่ในรูปแบบที่แปลกออกไป และอาจรวมถึงบิสกิตด้วย

ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนั้น ลูกกวาดจัดเป็นผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจากน้ำตาลมีลักษณะแข็ง เมื่อเคี้ยวจะแตก ผลิตโดยละลายน้ำตาล กลูโคสไซรัปหรือเบแซ และน้ำเข้าด้วยกัน นำมาเคี้ยวจนได้ที่ นวดผสม ริด อัดเป็นเม็ด แล้วทำให้เย็น ในระหว่างกรรมวิธีอาจเติมส่วนผสมอื่นๆ

อีกก็ได้ (มอก. 696-2530) อุตสาหกรรมลูกกวาดมีขนาดตั้งแต่ที่เป็นร้านค้าเล็กๆ ทำการผลิตภายในบ้านไปจนถึงที่เป็นสาขาย่อยของบริษัทใหญ่ในกลุ่มอุตสาหกรรมอาหาร ทั้งนี้อาจเป็นเพราะผลิตภัณฑ์ลูกกวาดที่มีน้ำตาลเป็นส่วนผสมหลัก มีอายุการเก็บรักษาที่ยาวนานโดยไม่ต้องทำการแช่เย็น และสามารถวางขายในตลาดได้คราวละหลายปี (Edwards, 2000)

ในประเทศสหรัฐอเมริกาจะกำหนดให้ผลิตภัณฑ์ลูกกวาดจัดอยู่ในสองกลุ่มแรกเท่านั้นและนิยมใช้คำว่า แคนดี้ (Candies) มากกว่าคำว่า คอนเฟกชันนารี อุตสาหกรรมลูกกวาดมีขนาดตั้งแต่ที่เป็นร้านค้าเล็กๆ ทำการผลิตภายในบ้าน ไปจนถึงที่เป็นสาขาย่อยของบริษัทใหญ่ในกลุ่มอุตสาหกรรมอาหาร ทั้งนี้อาจเป็นเพราะผลิตภัณฑ์ลูกกวาดที่มีน้ำตาลเป็นส่วนผสมหลัก มีอายุการเก็บรักษาที่ยาวนาน โดยไม่ต้องทำการแช่เย็น และสามารถวางขายในตลาดได้คราวละหลายปี (Edwards, 2000)

ลูกกวาดชนิดที่ทำให้เกิดเจล (Gelled confections) จัดเป็นหนึ่งในกลุ่มผลิตภัณฑ์ลูกกวาดที่มีการขยายตัวทางตลาด และมีการพัฒนารูปแบบของผลิตภัณฑ์ไปอย่างรวดเร็ว เนื่องจากสามารถปรับปรุงหรือดัดแปลงลักษณะของเนื้อสัมผัสได้อย่างหลากหลาย โดยการผสมผสานกันของสารที่ทำให้เกิดเจลชนิดต่างๆ และใช้ระดับความเข้มข้นของสารและวิธีการผลิตที่แตกต่างกันออกไป (Pope, 1997) นอกจากนั้นวัฒนธรรม และความเป็นอยู่ ก็ยังมีส่วนทำให้รสชาติของผลิตภัณฑ์ดังกล่าวมีความแตกต่างกันอีกด้วย ตัวอย่างเช่น เยลลี่เบบี้ของประเทศอังกฤษซึ่งถูกพัฒนาขึ้นมาโดยนักผลิตลูกกวาดชาวออสเตรเลีย จะมีลักษณะภายนอกที่คล้ายคลึงกับกัมมีแบร์ของประเทศเยอรมัน แต่ทั้งสองจะมีรสชาติและเนื้อสัมผัสที่แตกต่างกันอย่างสิ้นเชิง นอกจากนั้น กัม และเจลาตินพาสติลล์ที่ผลิตในประเทศฝรั่งเศส และอังกฤษ ก็มีความแตกต่างในลักษณะนี้เช่นเดียวกัน (Edwards, 2000)

3. กัมมี

กัมมีเยลลี่จัดเป็นผลิตภัณฑ์กลุ่มลูกกวาด ชนิดที่มีน้ำตาลเป็นส่วนประกอบหลัก เป็นลูกกวาดแบบเคี้ยว (Chewy confectionary) และยังเป็นลูกกวาดชนิดที่เกิดเจล (สุวรรณฯ สุภิมารณ, 2543) ตามพระราชบัญญัติ พ.ศ. 2537 “เยลลี่” หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากน้ำผลไม้ที่ได้จากการคั้น หรือสกัดจากผลไม้ หรือน้ำผลไม้ที่ผ่านกรรมวิธี หรือทำให้เข้มข้น หรือแช่แข็ง ผสมกับสารที่ให้ความหวาน และทำให้มีความเหนียวพอเหมาะ โดยไม่มีเนื้อผลไม้เจือปน น้ำผลไม้หรือน้ำที่สกัดได้จากผลไม้ที่ไม่ต้องผ่านการกรองเพื่อให้ใส ปราศจากชิ้นหรือเศษของผลไม้ และอาจทำให้เข้มข้นโดยการระเหยน้ำออก ปริมาณน้ำผลไม้หรือน้ำที่สกัดได้จากผลไม้ที่ใช้ต้องไม่น้อยกว่าร้อยละ 20 ของน้ำหนัก กัมมีเยลลี่ต้องมีลักษณะกึ่งแข็งกึ่งเหลว คงรูป ไม่เยิ้ม น้ำ สีสวยสม่ำเสมอ และสีไม่คล้ำ มีกลิ่นและรสชาติตามธรรมชาติของน้ำผลไม้ ต้องใสผ่านแสงได้ ไม่มีชิ้นของเศษผลไม้ที่ใช้ และอาจใช้สีผสมอาหารในการปรุงแต่งได้ (สำนักงานมาตรฐานอุตสาหกรรม, 2537)

คำนิยามหรือคำจำกัดความของผลิตภัณฑ์ในกลุ่มกัมมีเยลลี่ ในปัจจุบันยังไม่แน่นอนเท่าใดนัก เยลลี่จัดเป็นผลิตภัณฑ์ที่เกิดเจลทั่วไป ที่สามารถใช้สารที่ทำให้เกิดเจลที่กฎหมายอนุญาตให้ใช้ชนิดใดก็ได้ แต่สำหรับกัมมีนั้นจะไม่สามารถใช้สารก่อเจลที่เป็นกัมได้ทุกชนิด ปกติจะใช้สตาร์ช ดัดแปรผสมกับเจลาตินเป็นส่วนผสมหลักในการทำให้เกิดเจล แต่ในกัมมีบางชนิดยังอาจใช้กัมอะนาเซียในการผลิตอยู่ (Edwards, 2000) สำหรับผู้บริโภคทั่วไปจะเข้าใจว่ากัมและเยลลี่เป็นผลิตภัณฑ์เดียวกัน และมักเรียกรวมว่า เยลลี่ เพราะมีลักษณะคล้ายกันคือ เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีความยืดหยุ่น นุ่ม เหนียว

ต้องเคี้ยวกิน ไม่ได้ใช้แบบลูกกวาด มีเนื้อสัมผัสแตกต่างกันไป ตั้งแต่อ่อนนุ่มแต่มีความยืดหยุ่นสูง ไปจนถึงเหนียวแข็งกัดขาดได้ยาก ตัวอย่างที่รู้จักกันดี ได้แก่ เยลลี่ กัมมีแบร์ พาสติลล์ และผลิตภัณฑ์อื่นที่เรียกด้วยชื่อทางการค้า ผลิตภัณฑ์เหล่านี้มีความชื้นค่อนข้างสูงอยู่ระหว่างร้อยละ 10-20 เนื่องจากมีสมบัติในการจับตัวกับน้ำ (Water binding) ของไฮโดรคอลลอยด์ ซึ่งมีส่วนทำให้เนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ต่างกันไปด้วย จึงสามารถใช้ปริมาณความชื้นเป็นตัวชี้บ่งชนิดของผลิตภัณฑ์ได้ดังนี้ (สุวรรณ สุภิมารถ, 2543) ผลิตภัณฑ์เยลลี่ จะมีความชื้นร้อยละ 18-25 มีเนื้อสัมผัสนุ่ม กัดขาดได้ง่าย ใช้มีดตัดได้ โดยไม่เหนียวติดใบมีด ผลิตภัณฑ์กัมชนิดแข็ง (Hard gum) มีความชื้นร้อยละ 10-13 ลักษณะเนื้อแข็งและเหนียว กัดขาดได้ยาก หนึบมาก เคี้ยวได้นาน ชนิดนุ่ม (Soft gum) มีความชื้นอยู่ในช่วงร้อยละ 16-20 เนื้อจะนุ่มเหนียวมีความยืดหยุ่นสูง พาสติลล์ (Pastilles) เป็นผลิตภัณฑ์ที่อยู่กึ่งกลางระหว่างกัมมีและเยลลี่ ที่พบในตลาด มักจะทำเป็นยาอม

ส่วนประกอบโดยเฉลี่ยของผลิตภัณฑ์ในกลุ่มกัมมีเยลลี่ มีส่วนแบ่งการตลาดในประเทศไทยประมาณครึ่งหนึ่งของตลาดลูกกวาด และมีแนวโน้มว่าจะได้รับความนิยมเพิ่มขึ้น เพราะผู้บริโภคจะนิยมรับประทานผลิตภัณฑ์ที่เคี้ยวได้มากกว่า (สุวรรณ สุภิมารถ, 2543)

4. ส่วนประกอบที่สำคัญในการผลิตกัมมี

วัตถุดิบสำคัญที่ใช้ในการผลิตกัมมีและเยลลี่ ได้แก่ น้ำตาล สารก่อเจล กรดอินทรีย์ น้ำผลไม้ กลิ่น สี

4.1 น้ำตาล

น้ำตาลเป็นสารให้รสหวานแก่ผลิตภัณฑ์ น้ำตาลที่นิยมใช้ในผลิตภัณฑ์ลูกกวาด ได้แก่ น้ำตาลซูโครสหรือน้ำตาลทราย กลูโคสไซรัป น้ำตาลฟรักโทส น้ำตาลเดกซ์โทรส และน้ำตาลมอลโทส

4.1.1 น้ำตาลซูโครส

น้ำตาลซูโครสหรือน้ำตาลทรายที่ผลิตเป็นอุตสาหกรรมนั้นจะผลิตจากอ้อย (Sugar cane) ซึ่งเป็นพืชที่ปลูกในเขตร้อน ประมาณร้อยละ 60 และผลิตจากหัวบีท (Beet root) ซึ่งปลูกในเขตอบอุ่นประมาณร้อยละ 40 (Yadkin, 1971) กรรมวิธีการผลิตน้ำตาลทรายจากอ้อยและหัวบีท มีหลักการคล้ายกัน คือ สกัดเอาสารละลายน้ำตาลออกมา (ในกรณีที่เป็นอ้อย ใช้วิธีบีบคั้นเอาน้ำอ้อย ส่วนหัวบีท จะต้องใช้น้ำสกัด) นำมารองให้สะอาด แล้วต้มระเหยเอาน้ำออกจนถึงระดับที่น้ำตาลสามารถตกผลึกแยกตัวออกมาได้

4.1.2 กลูโคสไซรัป

กลูโคสไซรัป (คอร์นไซรัป หรือแบะแซ) ได้จากการที่นำแป้งที่ได้มาบริโภค เช่น แป้งข้าวโพด แป้งมันสำปะหลัง หรือแป้งมันฝรั่ง มาทำการไฮโดรไลซ์ด้วยกรดหรือเอนไซม์เพียงบางส่วน โดยผ่านการทำให้บริสุทธิ์ และทำให้เข้มข้นขึ้น กลูโคสไซรัปที่ได้จะเป็นสารละลายเนื้อเดียวของดี(+)-กลูโคส มอลโทส และพอลิเมอร์อื่นๆ ของกลูโคส ในสัดส่วนที่แตกต่างกันไป ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการย่อยแป้งด้วยตัวกลางและกระบวนการที่ต่างกัน ระดับการสลายตัวของสตาร์ชจะมีผลต่อชนิดและสมบัติของกลูโคสไซรัป ซึ่งนิยามกำหนดด้วยค่าสมมูลเดกซ์โทรส (Dextrose Equivalent D.E.) หมายถึง ปริมาณของน้ำตาลรีดิวซ์ในรูปดี-กลูโคสที่มีในน้ำหนักแห้งทั้งหมดของผลิตภัณฑ์ หากการไฮโดรไลซ์สตาร์ชกลายเป็นสายตรงทั้งหมด เรียกว่าเดกซ์ทริน ผลผลิตจะมีค่า D.E. เป็นศูนย์ และหาก

ไฮโดรไลซ์สตาร์ชจนได้น้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวทั้งหมด ผลผลิตจะมีค่า D.E. เป็น 100 ปกติกลูโคสไซรัปที่ผลิตได้จะมีค่า D.E. อยู่ในช่วงกว้างมาก (สายสนม ประดิษฐ์ดวง และสิริ ชัยเสรี, 2539)

4.2 สารก่อเจล

กัมมี่และเยลลี่ จัดเป็นผลิตภัณฑ์ Sugar confectionery ชนิดที่มีลักษณะเป็นเจล ส่วนผสมหลักที่สำคัญนอกจากน้ำตาล กลูโคสไซรัป และน้ำตาลอินเวิร์ตแล้ว ยังมีสารก่อเจล (Gelling agent) ซึ่งเป็นสารประเภทไฮโดรคอลลอยด์ (Hydrocolloid) รวมอยู่ด้วย จึงทำให้มีการเรียกชื่อผลิตภัณฑ์ในกลุ่มนี้ว่า Hydrocolloid confectionery หรือ Hydrocolloid สารไฮโดรคอลลอยด์นี้ช่วยให้ได้ลักษณะ เนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์แตกต่างกันออกไปสารไฮโดรคอลลอยด์ที่นำมาใช้หลายชนิด เช่น วุ้น เพคติน เจลาติน แป้ง กัมอาระบิก หรือบางครั้งใช้ผสมรวมกัน (สุวรรณา สุภิมารณ, 2543) ในผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลีนั้นเจลาตินเป็นส่วนผสมสำคัญที่ทำให้เกิดเจลในผลิตภัณฑ์

5. เจลาติน

เจลาติน (Gelatin) เป็นโปรตีนชนิดหนึ่งที่ได้จากการไฮโดรไลซ์คอลลาเจน ซึ่งเป็นส่วนประกอบที่สำคัญที่สุดในเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน กระดูก และเอ็นของสัตว์ทุกชนิด การใช้เจลาตินในผลิตภัณฑ์นั้น ต้องละลายเจลาตินให้หมดก่อน ซึ่งทำให้ 2 วิธี คือ แช่เจลาตินในน้ำเย็นก่อน 1-5 ชั่วโมง หรือแช่ค้างคืนไว้ในห้องเย็น เพื่อหลีกเลี่ยงการเสื่อมเสียจากจุลินทรีย์แล้วให้ความร้อนโดยการตุ๋นด้วยหม้อ 2 ชั้น จนได้อุ่นหนุมิประมาณ 60 องศาเซลเซียส หรืออาจใช้วิธีค่อยๆ เติมเจลาตินลงไป ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 75-90 องศาเซลเซียส (สุวรรณา สุภิมารณ, 2543) เจลที่ได้จากเจลาตินจะมีลักษณะเนื้อสัมผัสที่อ่อนนุ่ม มีความยืดหยุ่น และฉ่ำไหวได้ มีความใส และเกือบจะไม่มีสี สามารถละลายได้ในปาก ให้ความรู้สึกและรสชาติที่ดีเมื่อรับประทาน (Smewing, 1999)

การผลิตเจลาตินทำได้โดยนำเอาวัสดุที่เป็นแหล่งของคอลลาเจนมาล้างทำความสะอาดสับให้เป็นชิ้นเล็กๆ จากนั้นนำไปแช่ในสารละลายกรดหรือด่าง เพื่อให้คอลลาเจนซึ่งเป็นโปรตีนโมเลกุลใหญ่ถูกย่อยสลายให้แตกตัวเป็นโปรตีน โมเลกุลที่เล็กลงได้ง่ายขึ้น (Poppe, 1997) และช่วยกำจัดส่วนที่ไม่ใช่เนื้อเยื่อเกี่ยวพันออก (Fennema, 1996) การแช่ในสารละลายกรดหรือด่างนั้นขึ้นอยู่กับแหล่งของคอลลาเจนที่ใช้เป็นวัตถุดิบและเป้าหมายของการนำเจลาตินไปใช้งาน โดยถ้าวัตถุดิบเป็นหนังหมูและกระดูก (Ossein) มักจะมีการสกัดด้วยกรดละลายกรด วิธีนี้ใช้อย่างแพร่หลายในทวีปอเมริกา ส่วนในทวีปยุโรปจะใช้หนังสัตว์ต่างๆ และกระดูกมาเป็นแหล่งของวัตถุดิบ และทำการสกัดด้วยสารละลายด่าง การแช่ ในสารละลายกรดนั้นจะใช้จะใช้เวลาสั้นกว่าการแช่ในสารละลายด่าง คือ 10-48 ชั่วโมง และ 6-20 สัปดาห์ ตามลำดับ หลังจากแช่คอลลาเจนในสารละลายกรดหรือด่างแล้ว จะนำไปปรับสภาพให้เป็นกลาง และล้างด้วยน้ำ (Poppe, 1997) จากนั้นจะนำมาต้มในน้ำเดือด เพื่อทำลายพันธะที่ยึดสายโครงสร้างที่ประกอบเป็นเกลียวของคอลลาเจน โดยโมเลกุลของเจลาตินที่แตกออกมาจะกระจายอยู่ในน้ำร้อน ซึ่งจะถูกรองเพื่อแยกไขมันและสารแขวนลอยออก แล้วนำไประเหยให้เข้มข้น และอบให้แห้งต่อไป ปริมาณของเจลาตินที่ผลิตได้จะแตกต่างกันตามวัตถุดิบที่นำมาใช้ผลิต (Tourtellotte, 1987)

5.1 โครงสร้างทางเคมีของเจลาติน

โมเลกุลของเจลาตินประกอบด้วยสายโซ่ยาวของกรดอะมิโน ที่เชื่อมกันด้วยพันธะเพปไทด์ขนาดของโมเลกุลแปรผันตั้งแต่ที่เป็นพอลิเมอร์สายเดี่ยวมีน้ำหนักโมเลกุลต่ำกว่า 50,000 ไปจนถึงพอลิเมอร์หลายสายที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูงกว่า 1,000,000 Functional group ของเจลาตินมีทั้งชนิดที่เป็นกรดและเป็นด่าง

5.2 สมบัติของเจลาติน

5.2.1 การละลายน้ำ

เมื่อนำเจลาตินมาแช่น้ำเย็น เจลาตินจะดูดซับน้ำและพองตัวได้ 5-10 เท่า (Poppe, 1997) แต่จะสามารถละลายได้เล็กน้อยเท่านั้น ที่ความเข้มข้นของเจลาตินไม่เกินร้อยละ 34 และเมื่อนำเจลาตินมาอุ่นจนได้อุณหภูมิประมาณ 40 องศาเซลเซียส เจลาตินจะละลายหมดในเวลาประมาณ 30 นาที การใช้น้ำร้อนจะช่วยให้เจลาตินละลายได้เร็วขึ้น และควรมีการคนอย่างต่อเนื่องจนกระทั่งเจลาตินละลายหมด เป็นวิธีที่นิยมใช้ในการเตรียมสารละลายเจลาติน

5.2.2 การเกิดเจล (Gelation)

ปัจจุบันเป็นที่ยอมรับกันแล้วว่ากลไกในการเกิดเจลของเจลาตินนั้น เกิดจากการผันกลับไปเป็น Random coil-helix (Imeson, 1997) โดยขณะที่เจลาตินละลายอยู่ในน้ำร้อน โมเลกุลของเจลาตินจะยังคงอยู่ในรูปของพอลิเมอร์สายเดี่ยว แต่หลังจากที่ลดอุณหภูมิลง ตำแหน่งที่มีหมู่ Imino acid จำนวนมากบนสายพอลิเพปไทด์ จะเกิดการบิดตัวกลายเป็นโครงสร้างแบบเกลียวยึดกันเป็น Triple helical ด้วยพันธะไฮโดรเจน เป็นช่วงสั้น โดยทำหน้าที่เป็น Junction zone และทำให้เกิดเป็นโครงสร้างของเจลแบบ 3 มิติ

5.2.3 ความแข็งแรงของเจล (Gel strength)

ความแข็งแรงเจล คือ น้ำหนักเป็นกรัมที่ต้องใช้ในการกด Probe ทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 12.7 มิลลิเมตร ให้ลึกลงไปจากผิวด้านบนเป็นระยะ 4 มิลลิเมตร วิธีมาตรฐานที่ใช้ในการวัดความแข็งแรงของเจลเพื่อกำหนดเกรดของเจลาตินหรือค่า Bloom strength จะใช้เครื่องมือ Bloom meter ตามวิธีของ British Standards Institute (BS 757, 1975) โดยทำการวัดความแข็งแรงของเจลเยลลี่ที่เตรียมจากสารละลายเจลาตินความเข้มข้นร้อยละ 6.67 บรรจุอยู่ในฟลอสก์มาตรฐาน และได้ผ่านการบ่มที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 16-18 ชั่วโมง ความแข็งแรงของเจล (Gel strength) จะขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ ได้แก่ ชนิดและความเข้มข้นของเจลาติน พีเอช อุณหภูมิ และเวลาที่ใช้ในการบ่ม

5.2.4 จุดหลอมเหลว

จุดหลอมเหลวของเจลาตินตามวิธีของ British Standards Institute คือ อุณหภูมิที่ทำให้เจลของเจลาตินอ่อนตัวจนยอมให้หยดของคาร์บอนเตตระคลอไรด์จมลงไปได้ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อจุดหลอมเหลว ได้แก่ ระยะเวลาในการบ่มเจล ความเข้มข้นของเจลาติน และชนิดของเกลือ โดยจุดหลอมเหลวของเจลาตินเกรดสูงๆ จะขึ้นอยู่กับสถานะของการบ่มเจลในช่วงแรก นอกจากนั้นจุดหลอมเหลวจะเพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นของเจลาติน ส่วนการใช้เกลือโซเดียมคลอไรด์จะมีผลทำให้จุดหลอมเหลวของเจลาตินลดลง

5.2.5 จุดเซตตัว

จุดเซตตัวของสารละลายเจลาตินขึ้นอยู่กับสถานะการให้ความร้อนและการกระทบกระเทือนระหว่างรอให้เซตตัว เมื่อมีแรงภายนอกมากระทบจะมีผลทำให้เจลาตินใช้เวลาเซตตัวนานขึ้น นอกจากนั้นอุณหภูมิในการเซตตัวจะสูงขึ้นหากเจลาตินที่อยู่ในสภาพซอลถูกทำให้เย็นลงอย่างช้าๆ เมื่อเปรียบเทียบกับในกรณีที่ทำให้เย็นลงอย่างรวดเร็ว และจุดเซตตัวของสารละลายเจลาตินความเข้มข้นร้อยละ 10 จะแปรผันอยู่ในช่วง 27-29 องศาเซลเซียส ซึ่งขึ้นอยู่กับค่า Bloom strength และ ชนิดของเจลาตินด้วย (Imeson, 1997)

5.2.6 ความหนืด

การวัดความหนืดของสารละลายเจลาตินโดยทั่วไปจะวัดจากเวลาที่ใช้ในการไหลของสารละลายผ่านปิเปตมาตรฐาน วิธีที่นิยมใช้กันมากที่สุดจะเป็นวิธีของ British Standards Institute (BS 757, 1975) โดยจะใช้เครื่องวัดความหนืดที่ทำด้วยท่อคาปิลลารีแก้ว ปรับตั้งค่ามาตรฐานตาม BS 188 ท่อคาปิลลารีที่ใช้วัดจะต้องสะอาดและแห้ง ในการวัดจะใช้สารละลายเจลาตินที่มีความเข้มข้นร้อยละ 6.66 (เตรียมโดยใช้เจลาติน 7.5 กรัม ละลายในน้ำ 105 มิลลิลิตร) วัดเวลาการไหล ผ่านท่อคาปิลลารีที่อุณหภูมิ 60 ± 0.1 องศาเซลเซียส

5.3 การใช้เจลาตินในอุตสาหกรรมอาหาร

เจลาตินถูกนำมาใช้ในอุตสาหกรรมอาหารมากกว่าอุตสาหกรรมชนิดอื่น โดยเฉพาะในผลิตภัณฑ์ลูกกวาด ขนมหวาน และแฮมซาร์โลว์ เหตุผลหลักที่ใช้เจลาตินกันอย่างกว้างขวางในอุตสาหกรรมอาหาร คือ เจลของเจลาตินจะมีลักษณะเนื้อสัมผัสที่นุ่ม ยืดหยุ่น มีความใส ส่วนใหญ่จะไม่มีสี ในทางอุตสาหกรรมอาหารได้นำเจลาตินมาใช้เป็นสารก่อเจลกันอย่างแพร่หลาย เจลาตินให้เจลที่มีคุณภาพสูงในสารละลายที่เจือจาง ในสถานะที่มีความเข้มข้นสูง เจลของเจลาตินจะมีเนื้อสัมผัสที่ยืดหยุ่นคล้ายกัม และค่อยๆ ละลายอย่างช้าๆ เจลาตินสามารถใช้เป็น Emulsifying agent, thickening agent และ Foaming agent ได้อย่างมีประสิทธิภาพ และสามารถใช้เจลาตินเป็น Flocculating agent ในอุตสาหกรรมเครื่องดื่ม ไวน์ และเบียร์ ซึ่งจะช่วยจับอนุภาคของสารแขวนลอยและรวมตัวกันตกตะกอน จึงทำให้ส่วนผสมมีความใสมากขึ้น

6. เพคติน

เพคตินเป็นสารประกอบประเภทพอลิแซ็กคาไรด์ ทำหน้าที่ยึด (Adhesive) หรือ Firming agent ในผลไม้และผักหลายชนิด (Gross, 1978) สามารถสกัดได้จากเปลือกผลไม้ตระกูลส้มและ พบได้ในเนื้อผลไม้ เช่น แอปเปิ้ลและฝรั่ง (นิธิยา รัตนพานนท์, 2543) เพคติน ถูกนำมาใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร ทำหน้าที่เป็นสารที่ทำให้เกิดเจลในผลิตภัณฑ์แยมและเยลลี่และเป็นสารคงตัว (Stabilizer) ในผลิตภัณฑ์นมที่มีสภาพเป็นกรด โดยป้องกันไม่ให้เคซีนที่เป็นส่วนประกอบอยู่ในน้ำนมรวมตัวกันตกตะกอน

เพคตินที่พบในผลไม้ทั้งรูปที่ไม่ละลายน้ำ เรียกว่า โปรโทเพคติน (Prospecting) และรูปที่ละลายน้ำได้ ซึ่งประกอบด้วยกรดเพกติก (Pectinic acid) และกรดเพกติก (Pectic acid) ในผลไม้ที่ยังไม่สุก โมเลกุลของเพคตินจะประกอบด้วยหมู่เมทิล จำนวนมากและไม่สามารถละลายน้ำได้ เมื่อผลไม้สุก โปรโทเพคตินจะละลายน้ำได้มากขึ้น และเมื่อผลไม้ แก่ จัดและเริ่มเสื่อมสลาย

เพคตินจะถูกไฮโดรไลซ์จนถึงจุดที่ทำให้ผลไม้สูญเสียความแน่นของเนื้อ และ เพคตินจะมีกำลังเกิดเจลลดลง (Gross. 1978)

6.1 ชนิดของเพคติน

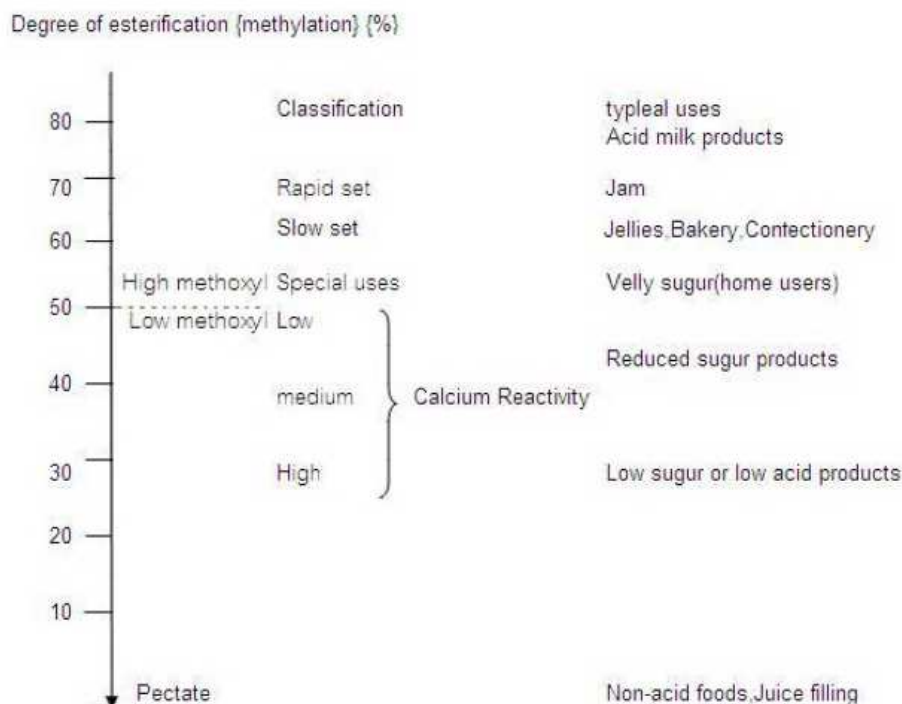
เพคตินในทางการค้าแบ่งได้เป็น 2 ชนิด ตามค่า Degree of methylation คือ เพคตินชนิดเมทอกซีสูง และเพคตินชนิดเมทอกซีต่ำ

6.1.1. เพคตินชนิดเมทอกซีสูง (High methoxyl pectin) คือเพคตินที่มีค่า DM ตั้งแต่ร้อยละ 50 ขึ้นไป เพคตินที่มีในทางการค้าจะมีค่า DM แปรผันอยู่ในช่วงร้อยละ 55-75 การเกิดเจลโดย เพคตินชนิดนี้จะต้องมีส่วนผสมที่เหมาะสม คือ มีปริมาณน้ำตาลร้อยละ 55-65 ค่าพีเอชอยู่ระหว่าง 2.9- 3.0 เพคตินชนิดเมทอกซีสูง ยังสามารถแบ่งออกได้ตามอัตราเร็วของการ เกิดเจล

1) ชนิด Rapid set จะมีค่า DM อยู่ระหว่างร้อยละ 70-75 เพคตินชนิดนี้จะเกิดการเซตตัวเป็นเจลอย่างรวดเร็ว เหมาะในการนำมาใช้ทำแยมผลไม้ เนื่องจากใช้ระยะเวลาในการเซต ตัวของเจลอ้อย ช่วยป้องกันการจมตัวของผลไม้

2) ชนิด Slow set จะมีค่าDM อยู่ระหว่างร้อยละ 55-70 เพคตินชนิดนี้จะเกิดการเซตตัวเป็นเจลช้า การเกิดเจลต้องมีปริมาณน้ำตาลในระบบสูง อุณหภูมิที่ใช้ในการเซตเจลจะต่ำ กว่าชนิดแรก เหมาะในการนำมาใช้ทำเยลลี่และผลิตภัณฑ์ลูกกวาดชนิดอื่น ๆ (May, 1997)

6.1.2 เพคตินชนิดเมทอกซีต่ำ (Low methoxyl pectin) คือเพคตินที่มีค่า DM ตั้งแต่ร้อยละ 50 ส่วนใหญ่จะมีค่า DM อยู่ในช่วงร้อยละ 20-40 แต่ในทางการค้าจะนิยมใช้ค่า DM อยู่ในช่วงร้อยละ 20-40 การเกิดเจลโดยเพคตินชนิดนี้สามารถเกิดเจลได้โดยต้องมีแคลเซียมไอออนอยู่ด้วยอย่างเพียงพอต่อการเกิดเจล (May. 1997) อาจใช้น้ำตาลในปริมาณเพียงเล็กน้อยหรือไม่ใช้เลยก็ได้ เพคตินชนิดเมทอกซีต่ำ ยังสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 กลุ่มตามอัตราในการเกิดปฏิกิริยากับอนุพลของแคลเซียมไอออน คือกลุ่มที่มีความไวต่อแคลเซียมสูง จะมีค่า DM มาก และเกิดเจลได้เร็วที่สุด กลุ่มที่มีความไวต่อแคลเซียมปานกลาง จะมีค่า DM ปาน กลาง และกลุ่มที่มีความไวต่อแคลเซียมต่ำจะมีค่า DM ต่ำโดยการเกิด เจลของเพคตินชนิดเมทอกซี ต่ำทั้ง 3 กลุ่ม จะเกิดเจลได้เร็ว ปานกลาง และช้า ตามลำดับ ชนิดของเพคติน และการนำไปใช้ใน ผลิตภัณฑ์อาหาร แสดงดังภาพที่ 2.1



ภาพที่ 2.1 การแบ่งชนิดของเพคตินตามค่า DM และการนำไปใช้ในผลิตภัณฑ์
ที่มา : May, 2000

6.2 สมบัติของเพคติน

6.2.1 การละลายของเพคติน เพคตินสามารถละลายได้ในน้ำเย็นและให้สารละลายที่มีความหนืด การละลายเพคตินจะต้องคนให้ผงเพคตินกระจายตัวในน้ำอย่างรวดเร็ว เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดเป็นชั้นเจลเคลือบผิวของก้อนเพคติน ซึ่งจะทำให้เพคตินละลายได้ช้าและยากขึ้น (May, 1997) เพคตินไม่ละลายที่สภาวะเดียวกันกับที่เกิดเจล และจะละลายได้ดีขึ้นในน้ำที่มี อุณหภูมิสูงกว่า 60 องศาเซลเซียส เมื่อผงเพคตินสัมผัสน้ำ จะจับตัวกันเป็นก้อนได้ง่าย ทำให้ยาก ต่อการละลาย ดังนั้นจึงต้องมีเทคนิคในการละลายเพคติน ซึ่งมีอยู่ 3 วิธีดังนี้

1) วิธีที่ 1 เป็นการใช้เครื่องมือสำหรับผสมที่มีความเร็วสูง เช่น เครื่องปั่น โดย เทผงเพคตินให้กระจายตัวในน้ำร้อนที่มีเครื่องผสมและกวนด้วยความเร็วต่ำก่อน หลังจากนั้นจึง เพิ่มความเร็วสูงขึ้น เมื่อสารละลายเพคตินเริ่มมีความหนืดเพิ่มขึ้น อุณหภูมิที่เหมาะสมกับวิธีนี้จะอยู่ ในช่วง 60-80 องศาเซลเซียส

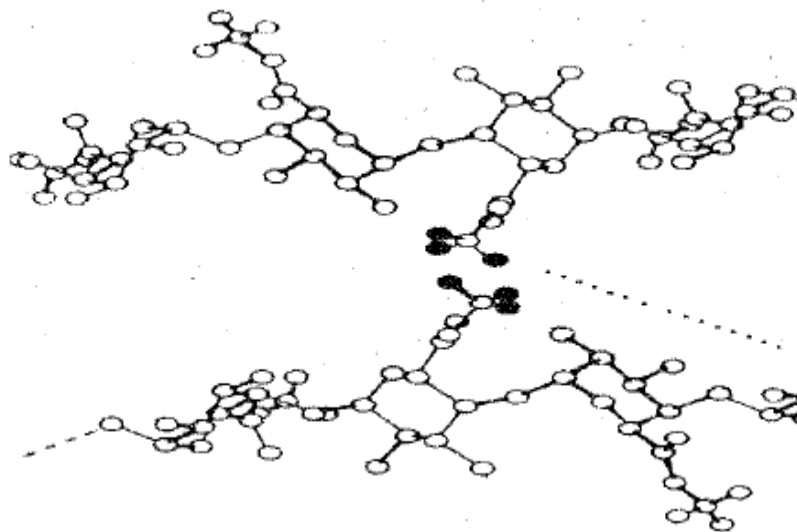
2) วิธีที่ 2 เป็นการทำให้เพคตินเปียกหรือกระจายตัวในของเหลวที่เพคตินไม่ ละลาย เช่น แอลกอฮอล์และไอโซโพรพานอล โดยเติมเพคตินลงไปให้กระจายตัวในสารดังกล่าวแล้ว จึงเติมน้ำ และคนอย่างต่อเนื่อง

3) วิธีที่ 3 โดยการใช้ผสมผงเพคตินกับน้ำตาลทรายให้เข้ากัน ในอัตราส่วน 1 ต่อ 5 โดยน้ำหนัก แล้วจึงเทส่วนผสมของเพคตินลงในน้ำ คนอย่างต่อเนื่องจนเพคตินละลาย

4) ความหนืด ปัจจัยที่มีผลต่อความหนืดของสารละลายเพคติน ได้แก่ ความเข้มข้นของเพคติน ปริมาณแคลเซียมหรือโลหะที่ไม่ใช่หมู่ Alkali ค่าพีเอช สมบัติทางเคมีของเพคติน ค่า Degree of methylation และน้ำหนักโมเลกุลโดยเฉลี่ยของเพคติน สารละลายเจือจางของเพคติน (ที่ความเข้มข้นไม่เกินร้อยละ 0.5) จะมีสมบัติเป็น Newtonian และมีการตอบสนองต่อแคลเซียมไอออน เพียงเล็กน้อยเท่านั้น (May, 1997) สำหรับสารละลายเพคตินที่มีความเข้มข้นเกินร้อยละ 1 จะมีสมบัติ เป็น Pseudoplastic และเมื่อพีเอชของสารละลายเพคตินเจือจางมีค่าสูงขึ้นจะทำให้ค่าความหนืดเพิ่มขึ้น เกลือที่มีค่าประจุ +1 จะมีผลทำให้ค่าความหนืดของสารละลายเพคติน ลดลง เนื่องจากแรงดึงดูดประจุลดลง สารละลายเพคตินเจือจางของเพคตินที่ไม่มีไอออนของแคลเซียมปนอยู่ พบว่าความหนืดจะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อพีเอชมีค่าลดลงในช่วงพีเอชจาก 5.5 จนถึง 2.2 ส่วนพีเอชที่อยู่ช่วงนอกดังกล่าวหากมี ค่าเพิ่มขึ้น ค่าความหนืดจะสูงขึ้นตามไปด้วย

5) การเกิดเจล เพคตินชนิดเมทอกซีสูงจะเกิดเจลได้ในสภาวะที่มีพีเอชต่ำ มีค่าน้ำอิสระต่ำ หรือมีความเข้มข้นของของแข็งที่ละลายได้สูง และมีอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเกิดเจลโดยพีเอชที่เหมาะสมต่อการเกิดเจลของเพคตินชนิด Slow set และ Rapid set คือ ในช่วงประมาณ 3.2 และ 3.4 ตามลำดับ (Nussinovitch, 1997) การกวนหรือการกระทบกระเทือน ในช่วงที่เพคติน กำลังสร้างเจล จะทำให้ได้เจลที่ไม่แข็งแรง โดยทั่วไปเจลเพคตินที่เกิดขึ้นจะไม่สามารถนำมาหลอม ละลายได้อีก ในสภาวะที่มีพีเอชต่ำ แรงผลักระหว่างประจุบนโมเลกุลของเพคตินจะลดลง ทำให้ โมเลกุลของเพคตินเข้ามาใกล้กันได้มากขึ้น และในสภาวะที่มีค่าน้ำอิสระต่ำ หรือมีปริมาณของแข็งที่ ละลายได้ อยู่ในปริมาณสูง แรง Hydrophobic interaction ระหว่างหมู่ เอสเทอร์จะมีความคงตัวมาก ขึ้น ดังนั้นในสภาวะของค่าพีเอชและค่าน้ำอิสระที่เหมาะสม สายพอลิเมอร์ของเพคตินจะรวมตัวกัน เกิดเป็นโครงสร้างตาข่ายสามมิติ และคงตัวอยู่ได้ด้วยแรงดึงดูดจาก พันธะไฮโดรเจน และพันธะไฮโดรโฟบิก (Hydrophobic interaction) ที่เกิดระหว่างหมู่ เมทิล ซึ่งจากการศึกษาการเกิดเจลในเพคตินชนิดเมทอกซีสูงด้วยวิธี X-ray Diffraction และพิจารณา ค่าพลังงานอิสระมาตรฐานของการเกิดเจล พบว่าแรงสำคัญระหว่างโมเลกุลที่ทำให้เกิด Junction zone ประกอบด้วยแรงจากพันธะไฮโดรเจนและแรงจาก Hydrophobic Interaction ดังนั้นโครงสร้างของ Junction zone ในเจลเพคตินชนิดเมทอกซีสูง ที่ได้จากการศึกษาด้วย X-ray Diffraction ประกอบด้วยแรงจากพันธะไฮโดรเจน (จุดไขว่ปลา) และแรงจาก Hydrophobic Interaction (วงกลมทึบ) แสดงดังภาพที่ 2.2

6) ความแข็งแรงของเจล ปัจจัยที่มีผลต่อความแข็งแรงของเจล เพคตินชนิดเมทอกซีสูง ได้แก่ ชนิดและความเข้มข้นของน้ำตาล ชนิดและความเข้มข้นของเพคติน และความเข้มข้นของ ไฮโดรเจนไอออน (อุไรรัช บุรณะคงคาตรี, 2538)



ภาพที่ 2.2 โครงสร้างของ Junction zone ในเจลเพคตินชนิดเมทอกซีสูงที่ได้จากการศึกษาด้วย X-ray Diffraction

ที่มา : Nussinovitch, 1997

7) ชนิดและความเข้มข้นของน้ำตาล น้ำตาลเป็นปัจจัยสำคัญในการเกิดเจล โดยทำหน้าที่เป็น Diffraction Agent และเป็นปัจจัยสนับสนุนให้เกิดพันธะไฮโดรเจนภายในโครงสร้างตาข่าย น้ำตาลจะดึงชั้นของน้ำที่อยู่รอบๆ สายเพคติน ทำให้สาย เพคตินเข้ามาใกล้กัน เมื่อความเข้มข้นของน้ำตาลในระบบเพิ่มสูงขึ้นจะทำให้เจลมีความแข็งแรงมากขึ้นหากมีน้ำตาลมากเกินไปการเกิดเจลของเพคตินจะลดลง เนื่องจาก น้ำส่วนใหญ่จะไปทำลายน้ำตาล ทำให้ไม่เพียงพอต่อการพองตัวและการละลายของเพคตินจึงส่งผล ให้เกิดโครงสร้างตาข่ายของเจลลดน้อยลง ชนิดของน้ำตาลก็มีผลต่อความ แข็งแรง ของเจลเช่นกัน โดยพบว่าการใช้กลูโคสหรือซูโครส จะมียผลทำให้ความแข็งแรง ของเจลลดลง แต่ค่าพีเอชและอุณหภูมิในการเกิดเจลจะเพิ่มสูงขึ้น ซึ่งผลดังกล่าวจะเกิดขึ้นในกรณีที่ใช้น้ำตาลมอลโทสด้วยเช่นกัน (May, 2000) ส่วนการใช้น้ำตาลฟรักโทสจะมีผลต่อความแข็งแรงของเจลเล็กน้อย แต่จะมีผลทำให้อุณหภูมิในการเกิดเจลต่ำลง (May, 1997) ปริมาณน้ำตาลซูโครสที่เหมาะสมต่อการเกิดเจลของเพคตินชนิดเมทอกซีสูง อยู่ในช่วงร้อยละ 50-80

8) ชนิดและความเข้มข้นของเพคติน เพคตินทำหน้าที่เป็นสารที่ทำให้ผลิตภัณฑ์ เกิดเจล โครงสร้างตาข่ายของเจลเพคตินซึ่งสามารถคงตัวอยู่ได้ด้วยพันธะไฮโดรเจน และ พันธะไฮโดรโฟบิก จะอุ้มสารละลายไว้ภายในโครงสร้างดังกล่าว (หมู่เมทิลที่มีอยู่ในโครงสร้างโมเลกุลของเพคตินจะมีความสำคัญต่อการเกิดเจล เนื่องจากพันธะไฮโดรโฟบิกที่เกิดขึ้น จะ เกิดโดยหมู่เมทิลบนสายโซ่ของเพคติน และหากมีหมู่เมทิลมากขึ้น หรือมีค่า Degree of Methylation สูงขึ้น จะส่งผลให้สารละลายของเพคตินมีความหนืดเพิ่มสูงขึ้น และสามารถเกิดเจลได้เร็วขึ้นแต่การ ที่มีหมู่เมทิลบนสายโซ่ของเพคตินมากขึ้นนั้น ก็ย่อมต้องเพิ่มปริมาณน้ำตาลให้มากขึ้นตามไปด้วยเนื่องจาก

น้ำตาลจะทำหน้าที่ยึดจับกับน้ำที่อยู่ล้อมรอบหมู่เมทิล และช่วยผลักดันให้เกิดพันธะไฮโดร-
โฟบิกระหว่างหมู่เมทิลเพิ่มมากขึ้นได้

9) ความเข้มข้นของไฮโดรเจนไอออน เมื่อปริมาณไฮโดรเจน
ไอออนในผลิตภัณฑ์ เพิ่มขึ้น ไอออนลบบนสายโซ่ของเพคตินจะลดลง ซึ่งมีผลทำให้แรงผลักระหว่าง
สายลดลง สายเพคตินจะเข้ามาใกล้กันมากขึ้น และเกิดพันธะไฮโดรเจนระหว่างเพคติน น้ำ และ
น้ำตาล (Crandall; & Wicker. 1986) ดังนั้นการลดค่าพีเอช หรือการมีปริมาณไฮโดรเจนไอออนเพิ่ม
มากขึ้น จะมีผลทำให้อุณหภูมิที่ใช้ในการเกิดเจลสูงขึ้น และเจลที่ได้จะมีความแข็งแรงมากขึ้น การลด
ค่าพีเอชลงเรื่อย ๆ จนถึงจุด ๆ หนึ่ง จะทำให้อุณหภูมิในการเกิดเจลเพิ่มขึ้นจนเข้าใกล้จุดอุณหภูมิที่
เจลเกิดการแยกตัว (Deposit) ซึ่งที่ค่าพีเอชต่ำกว่านี้ จะทำให้เพคตินสร้างเจลบางส่วนก่อนกำหนด
(Pre-Gel) และ เจลของเพคตินที่ได้จะไม่แข็งแรง และไม่เหนียวเหนียวกันนอกจากนั้นยังสามารถเกิด
Syneresis ได้ ง่ายด้วย (May, 2000)

6.3 การใช้เพคตินในอุตสาหกรรมอาหาร

การนำเพคตินมาใช้ประโยชน์สมัยแรกสุดนั้น จะเป็นการนำเพคตินมาใช้ในการผลิต
แยม และเยลลี่ โดยเพคตินจะเป็นส่วนประกอบสำคัญในแยมและเยลลี่ผลไม้ นอกจากนั้นน้ำตาล
และกรด (May. 2000) ในระยะแรกการผลิตแยมจะใช้เพคตินที่มีหมู่เอสเทอร์สูงต่อมาได้เริ่มใช้เพคติน
ที่มีหมู่ เอสเทอร์ต่ำกันมากขึ้น เนื่องจากจะให้เจลที่มีการกระจายตัวดีและมีความยืดหยุ่นมากกว่า
เพคตินยังถูกนำมาใช้ในการปรับปรุงลักษณะเนื้อสัมผัสของเจลในผลิตภัณฑ์กัมมีเยลลี่ให้มีความ
ยืดหยุ่น และยังคงไว้ซึ่งโครงสร้างเนื้อสัมผัสสั้น ๆ (Short Texture)

การศึกษากัมมีเยลลี่ที่ใช้เจลาตินผสมกับเพคตินชนิดที่เมทอกซีสูง และกำหนดค่า
พีเอชเท่ากับ 3.3 พบว่าการเพิ่มเพคตินทำให้ระยะทางที่เจลถูกกดจนแตกมีค่าลดลง นอกจากนั้น
พบว่าแรงที่ใช้กดจนแตกมีค่าลดลง เมื่อเพิ่มปริมาณเพคตินในช่วงร้อยละ 0-1 หากยังคงเพิ่มปริมาณ
เพคตินมากขึ้นแรงกด ที่ใช้จะมีค่าเพิ่มสูงขึ้น (DeMars; & Ziegler. 2001)

เพคตินที่ใช้ในผลิตภัณฑ์ประเภทเยลลี่ มักเป็นชนิด Slow Set ทั้งนี้เพื่อต้องการให้
เจลเซต ตัวอย่างช้า ๆ ซึ่งจะมีเวลาให้ฟองอากาศที่กระจายตัวอยู่ในเนื้อเยลลี่ได้ลอยตัวขึ้นไปยังผิวได้
ทำให้เนื้อเยลลี่ที่ได้มีความใส นอกจากแยม เยลลี่ และขนมหวานต่าง ๆ แล้ว ยังมีการนำเพคตินมา
ใช้ในผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ เช่น ใช้ทำไส้ขนม เจลเคลือบผิว หรือใช้แต่งหน้าเค้ก เป็นต้น ในผลิตภัณฑ์นม
นิยมใช้เพคตินเป็นสารเพิ่มความข้นหนืดและความคงตัว เช่น นมเปรี้ยวและโยเกิร์ต (May, 2000)

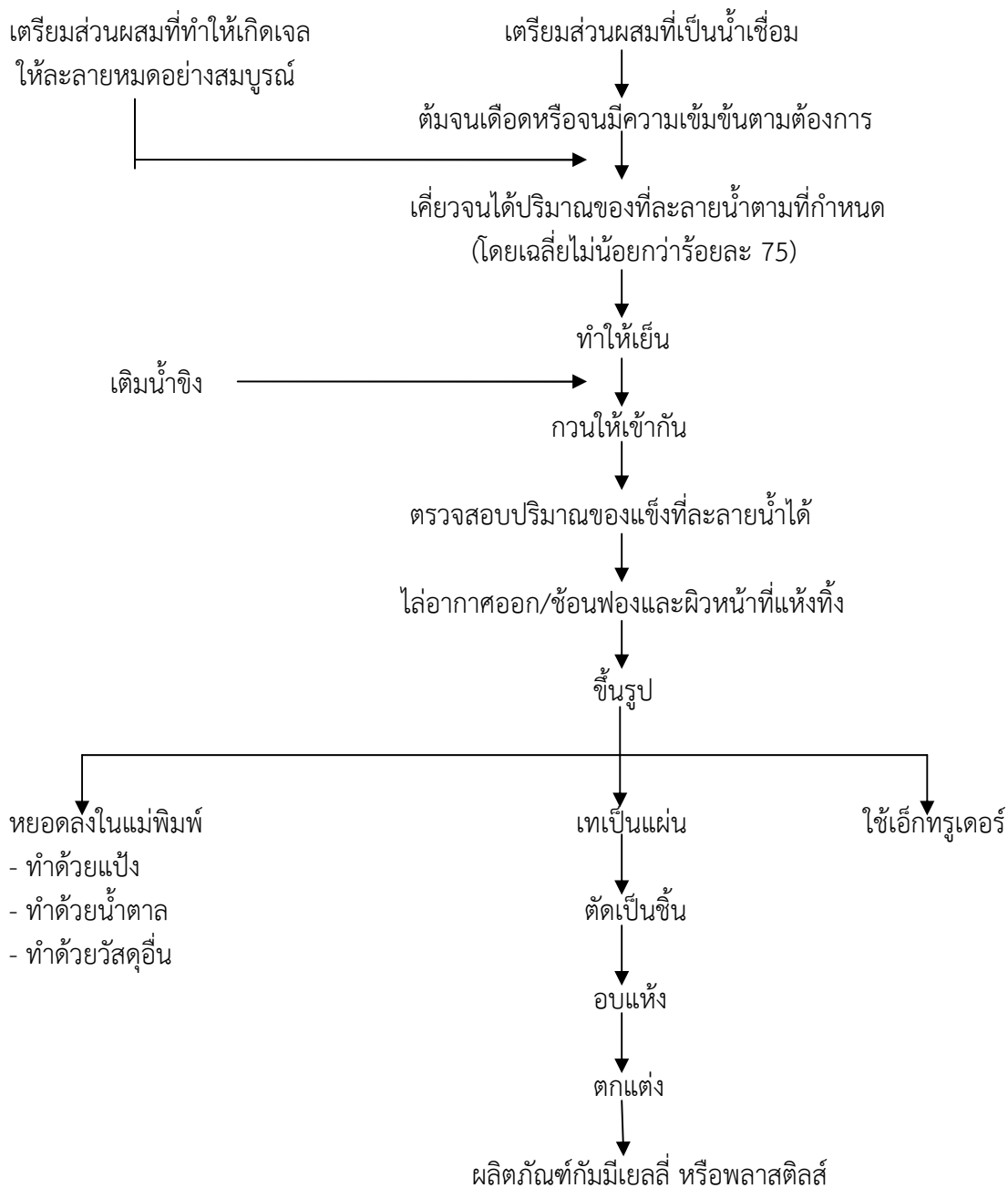
7. กรด

กรดเป็นสารปรุงแต่งที่ช่วยให้กัมมีเยลลี่มีรสชาติดีขึ้น โดยต้องให้มีความสมดุลระหว่าง
รสหวานและรสเปรี้ยว ซึ่งดูได้จากอัตราส่วนของบริกซ์กับกรดที่นิยมใช้มากที่สุดในผลิตภัณฑ์
Confectionary คือ กรดซิตริก ซึ่งเป็นสารที่ไม่มีสี ไม่มีกลิ่น และมีรสเปรี้ยวของกรดอย่างเด่นชัด
(สุวรรณ สุภิมารณ, 2543) สำหรับกรดชนิดอื่น ได้แก่ กรดมาลิก กรดทาร์ทาริก และกรดแลกติก
(Gross, 1978) หลักในการใช้กรดนั้น ปริมาณที่ใช้จะผันแปรตามกลิ่นของผลไม้ ในลักษณะช่วยเสริม
กันให้ดีขึ้น โดยใช้เกณฑ์ดังนี้

กรดสามารถแตกตัวให้ไฮโดรเจนไอออนที่มีความสำคัญต่อการเกิดเจลของเพคตินชนิดที่มีเมทิลเอสเทอร์สูงโดยเมื่อปริมาณไฮโดรเจนไอออนเพิ่มขึ้นไอออนลบบนสายเพคตินจะลดลง (Nussinovitch, 1997) ทำให้แรงผลักระหว่างสายน้อยลงดังนั้นสายเพคตินจะเข้าใกล้กันมากขึ้นส่งผลให้เกิดพันธะไฮโดรเจนระหว่างเพคตินน้ำและน้ำตาลเกิดเป็นโครงสร้างเจลได้หากมีปริมาณไฮโดรเจนไอออนมากเกินไปจะยับยั้งการเกิดเจล เนื่องจากสายพอลิเมอร์ของเพคตินจะถูกตัดให้เป็นสายสั้นๆ หรืออีกทางหนึ่งสายเพคตินจะเข้ามารวมตัวกันมากจนเกิดการแยกตัวออกจากสารละลาย (อุไรรัช บุรณะคงคาตรี, 2538) กรดยังมีความสำคัญต่อการเกิดเจลของเจลาตินซึ่งเกี่ยวข้องกับค่า Isoelectric point (pI) เจลาตินจะไม่สามารถละลายได้หากอยู่ในสถานะที่มีค่าพีเอชเท่ากับค่า pI ของมัน นอกจากนั้นในสถานะที่มีพีเอชต่ำกว่า 5 หรือสูงกว่า 9

ในการผลิตกัมมีเยลลี่ มักจะใช้กรดร่วมกับสารที่ทำหน้าที่เป็นบัฟเฟอร์ เพื่อควบคุมค่าพีเอชให้คงที่ โดยใช้กรดอ่อนที่กล่าวมาข้างต้นร่วมกับเกลือของกรดอ่อนชนิดนั้นๆ เช่น การใช้ กรดซิตริก ร่วมกับเกลือโซเดียมซิเตรตหรือโพแทสเซียมซิเตรต ปริมาณของการใช้โซเดียมซิเตรตหรือบัฟเฟอร์อื่นใกล้เคียงกัน โดยทั่วไปอยู่ที่ 85 กรัม ต่อน้ำหนักสารให้ความหวาน 45 กิโลกรัม การใช้บัฟเฟอร์สามารถช่วยชะลอการเซตตัวของผลิตภัณฑ์ (Gross, 1978) และยังช่วยป้องกันไม่ให้น้ำตาลซูโครสถูกไฮโดรไลซ์ไปเป็นน้ำตาลอินเวิร์ต เนื่องจากน้ำตาลอินเวิร์ตที่เกิดขึ้น จะมีสมบัติในการดูดความชื้นได้ง่าย ซึ่งอาจทำให้ผลิตภัณฑ์เยิ้มและเหนียวติดวัสดุที่ใช้ห่อ (อุไรรัช บุรณะคงคาตรี, 2538)

8. ขั้นตอนในกระบวนการผลิตกัมมี



ภาพที่ 3 แผนภาพแสดงขั้นตอนในกระบวนการผลิตกัมมีเยลลี่ หรือพลาสติกส์
ที่มา : สุวรรณ สุภิมารถ (2543)

การเตรียมส่วนผสมของสารที่ทำให้เกิดเจล จะต้องแน่ใจว่าส่วนผสมทั้งหมดละลายได้อย่างสมบูรณ์ ในกรณีที่ผู้ใช้ไฮโดรคอลลอยด์มากกว่า 1 ชนิด ควรเตรียมแต่ละชนิดแยกกัน แล้วจึงผสมรวมกันภายหลังหรือกำหนดตามข้อกำหนดของผู้ขาย การละลายไฮโดรคอลลอยด์จะใช้วิธีเทหรือเติมไฮโดรคอลลอยด์ลงในน้ำเสมอ เพื่อให้ละลายได้ง่าย และปริมาณของน้ำจะขึ้นอยู่กับชนิดของสารไฮโดรคอลลอยด์ที่ใช้ เช่น เจลาติน ดูดน้ำได้ 5-10 เท่าของน้ำหนักตัว แต่สามารถแช่ เจลาตินใน น้ำอัตราส่วน 1:1 ไว้ก่อน แล้วจึงอุ่นให้ละลายที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส วันที่เป็นเส้นจะต้องแช่น้ำนานถึง 12 ชั่วโมง แต่ถ้าเป็นวันผงแช่น้ำเพียง 1 ชั่วโมง สิ่งที่ควรระวัง คือ สารที่ต้องแช่น้ำไว้นานๆ ควรเก็บไว้ในที่เย็นเพื่อป้องกันการเสื่อมเสียจากจุลินทรีย์ (สุวรรณ สุภิมากร, 2543) สำหรับการละลายเพคตินนั้นสามารถเติมเพคตินลงไปในน้ำโดยตรง แต่จะต้องมีการคนให้กระจายตัวอย่างรวดเร็ว เพราะหากคนช้าไปจะทำให้เพคตินเกาะตัวกันเป็นก้อนเจล หรืออาจเลือกใช้วิธีหนึ่งคือนำเพคตินมาผสมกับน้ำตาลทรายในอัตราส่วน 1:5 ก่อนเทลงในน้ำ น้ำตาลจะช่วยไม่ให้เพคตินเกาะตัวกันเมื่อสัมผัสกับน้ำ (Edwards, 2000)

การเตรียมส่วนผสมที่เป็นน้ำเชื่อมจะแยกเตรียมไว้ต่างหาก โดยเฉพาะถ้าใช้เพคตินเป็นส่วนผสม จำเป็นต้องควบคุมให้พีเอชน้อยกว่า 4.5 เพื่อป้องกันไม่ให้เพคตินถูกไฮโดรไลซ์ แต่การต้มที่พีเอช 4.5 เป็นเวลานานๆ อาจมีผลทำให้น้ำตาลเกิดอินเวอร์ชันได้เช่นกัน ดังนั้นการแยกเตรียมส่วนผสมจึงเป็นในกรณีดังกล่าวนี้ เมื่อเทส่วนผสมที่มีไฮโดรคอลลอยด์ลงในน้ำเชื่อม(รวมเรียกว่าลิเคอร์) จะต้มเคี่ยวต่อจนได้ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ตามต้องการ อย่างน้อยที่สุดร้อยละ 75 อุณหภูมิสุดท้ายของส่วนผสมทั้งหมด จะมีผลวิกฤตต่อเวลาในการเซตตัวของเจล เช่น ลิเคอร์-เพคตินที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส จะแข็งตัวได้เร็วกว่าลิเคอร์ที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส ถึง 2 เท่า

ภายหลังจากต้มเคี่ยวและปล่อยให้ลิเคอร์เย็นลง จึงเติมส่วนผสมอื่นๆ เช่น สี กลิ่น และลำดับสุดท้าย คือ กรด ซึ่งต้องเติมเป็นอันดับท้ายเสมอ เนื่องจากมีผลต่อความแข็งของเจลเป็นอย่างมาก และสามารถทำลายสภาพของไฮโดรคอลลอยด์ได้ ถ้าลิเคอร์ร้อนเกินไป สำหรับลิเคอร์ของเพคตินจะเกิด เจลอย่างรวดเร็วภายในครึ่งชั่วโมงหลังจากเติมกรด ตรวจวัดปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ในลิเคอร์อีกครั้ง ถ้ายังต่ำกว่ากำหนดต้องต้มเคี่ยวต่อไป ถ้าสูงกว่าจะใช้วิธีเจือจางด้วยน้ำร้อนในทางปฏิบัติแล้วควรหลีกเลี่ยงการต้มเคี่ยวต่อ เพราะไฮโดรคอลลอยด์บางชนิดเสื่อมสภาพได้ง่าย และหากสังเกตพบว่ามีฟองอากาศอยู่มาก ต้องไล่ฟองอากาศออกก่อน โดยเทลิเคอร์ใส่ในภาชนะแล้วนำเข้าตู้อบอุณหภูมิประมาณ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20-30 นาที ซ้อนฟองและผิวหน้าที่แห้งทิ้งไป

หลังจากได้ส่วนผสมที่ไล่ฟองออกและมีความใสแล้วจะนำมาเทลงในแม่พิมพ์การขึ้นรูปผลิตภัณฑ์กัมและเยลลีนิยมทำกัน 3 แบบ คือ หยอดลงในพิมพ์ เทแผ่เป็นแผ่น และใช้เอ็กทราเดอร์ การขึ้นรูปโดยการหยอดลงในแม่พิมพ์นั้น อาจใช้แม่พิมพ์ที่ทำด้วยแป้งหรือทำด้วยน้ำตาล ซึ่งแป้งที่ใช้ควรมีความชื้นน้อยกว่าร้อยละ 6 และควรเป็นแป้งเก่า การผสมน้ำมันแร่เพียงเล็กน้อยลงในแป้งจะช่วยให้แป้ง จับตัวกันได้ดีขึ้น ทำให้ขึ้นรูปพิมพ์ได้ง่าย หากใช้น้ำตาลเป็นแม่พิมพ์ จะผสมกลีเซอรินลงไป ในน้ำตาลเล็กน้อย แต่วิธีนี้จะอบผลิตภัณฑ์ให้แห้งได้ช้าและยาก เพราะน้ำตาลดูดซับน้ำออกจากเนื้อขนมได้ไม่ดีเท่าแป้ง ในกรณีของเยลลี่วันต้องแช่แป้งที่อบให้อุ่น เพื่อป้องกันไม่ให้เนื้อขนมเกิด Thermal Shock แต่ถ้าจะหลอตกก็มีเยลลี่จากเจลาติน ต้องใช้แป้งที่แช่เย็นเล็กน้อย เพื่อช่วยให้เกิด

ชั้นผิวได้เร็ว การหยอดเนื้อขนมลงในแม่พิมพ์อาจใช้วัสดุแข็ง เช่น พลาสติก โลหะ หรือเซรามิกที่เคลือบด้วยเทปลอนซึ่งจะมีรูเล็กๆ อยู่ที่ก้นแม่พิมพ์ (สุวรรณ สุภิมารณ, 2543)

การอบแห้งผลิตภัณฑ์ที่ขึ้นรูปแล้ว มักจะใช้ในกรณีที่หลอมเยลลี่ลงในแม่พิมพ์แบ่ง ในห้องอบความร้อนขนาดใหญ่ซึ่งเป็นห้องปิดที่มีฉนวนหุ้ม มีอุปกรณ์ดูดซับความชื้น ควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ให้อยู่ในช่วงร้อยละ 30 - 50 มีการหมุนเวียนของอากาศดี อุณหภูมิอยู่ที่ร้อยละ 40 - 60 องศาเซลเซียส การอบนี้ใช้เวลาอย่างน้อยตามแต่ละชนิดของผลิตภัณฑ์ เช่น ถ้าเป็นเจลาตินเนื่อนั้น อาจใช้เวลาเพียง 1 ชั่วโมง ถ้าเป็นกัมมีเยลลี่เนื้อแข็งและชิ้นใหญ่ อาจต้องใช้เวลารอบถึง 10 วัน (Edwards, 2000) ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ในผลิตภัณฑ์จะเพิ่มขึ้นหลังการอบร้อยละ 70-90 หลังจากนั้นจะโรยแป้งบนขนม เพื่อให้ผิวหน้าแห้งทั่วกัน นำออกจากตู้อบและปล่อยให้เย็น (สุวรรณ สุภิมารณ, 2543)

9. สารทดแทนน้ำตาลหรือสารให้ความหวานพลังงานต่ำ

สารให้ความหวานแทนน้ำตาลชนิดที่ให้พลังงาน ได้แก่ ฟรุคโทส ซึ่งเป็นน้ำตาลจากผลไม้ มอลทิทอล ซอร์บิทอล และไซลิทอล สารให้ความหวานกลุ่มนี้ ไม่เหมาะสำหรับผู้ที่ต้องการควบคุมน้ำหนัก และผู้ป่วยโรคเบาหวาน ส่วนสารให้ความหวานที่ไม่ให้พลังงาน หรือให้พลังงานต่ำ ได้แก่ ซูคราโลส สตีเวีย ซึ่งเป็นสารสกัดจากหญ้าหวาน แอสปาแตม อะซิซัลเฟม-เค แซคคารินหรือที่เรียกว่า ซันทอส สารให้ความหวานกลุ่มนี้ เหมาะสำหรับผู้ที่ต้องการควบคุมน้ำหนัก และผู้ป่วยโรคเบาหวาน

9.1 ซอร์บิทอล (Sorbitol)

9.1.1 ซอร์บิทอลพบทั่วไปในผลไม้โดยเฉพาะเชอร์รี่และสาลี่ ซึ่งซอร์บิทอลในปริมาณสูงยังพบในเครื่องดื่มที่ผ่านการหมักเช่น ไชเดอร์ ส่วนทางอุตสาหกรรมนิยมผลิตซอร์บิทอลโดยกระบวนการไฮโดรจีเนชันน้ำตาลกลูโคสที่ได้มาจากแป้งซึ่งสามารถผลิตออกมาได้ในรูปของเหลวและผลึกถ้าวัตถุดิบเริ่มไม่ใช่กลูโคสจะต้องนำมาผ่านกระบวนการไฮโดรไลซิสเพื่อให้ได้กลูโคสก่อน ซอร์บิทอลละลายน้ำได้ดีมาก (235 กรัมต่อน้ำ 100 ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส) ซอร์บิทอลมีความหวานเป็น 0.5-0.7 เท่าของน้ำตาล ไม่ทำให้ฟันผุ และให้พลังงานเพิ่มเพียงเล็กน้อย ซอร์บิทอลจึงถูกนำมาใช้ในอาหารสำหรับผู้ป่วยโรคเบาหวาน

9.1.2 ความปลอดภัย

ซอร์บิทอลเป็นสารให้ความหวานที่เพิ่มมวลแก่ผลิตภัณฑ์โดยไม่ทำให้ฟันผุ ซึ่งถือเป็นข้อดีของการนำมาประยุกต์ใช้ในอาหาร รวมทั้งการที่ร่างกายสามารถเมตาไลส์ซอร์บิทอลได้ และส่งผลให้น้ำตาลกลูโคสในเลือดเพิ่มขึ้นเล็กน้อยอย่างไม่มีนัยสำคัญ ดังนั้นจึงสามารถนำไปใช้ได้กับผู้ป่วยโรคเบาหวาน

9.1.3 การประยุกต์ใช้

ผลิตภัณฑ์ลูกกวาด ขนมหวาน ถือได้ว่าเป็นผลิตภัณฑ์อีกกลุ่มหนึ่งที่นิยมใช้ซอร์บิทอลเพื่อให้ความหวานแทนน้ำตาล การใช้ซอร์บิทอลในผลิตภัณฑ์ช็อกโกแลตนิยมเติมในลักษณะที่เป็นผงไปและควรลดปริมาณน้ำในส่วนผสม ทั้งนี้เพื่อลดการละลายของสารต่างๆ ซึ่งจะทำให้ความหนืดเพิ่มขึ้น บริษัทผู้ผลิตรายสำคัญในประเทศสหรัฐอเมริกา

9.2 แมนนิทอล (Mannitol)

9.2.1 แมนนิทอล เป็นสารให้ความหวาน ที่เป็นน้ำตาลแอลกอฮอล์ จากน้ำตาลมอลโตส ที่ผ่านกระบวนการไฮโดรจิเนชันเป็นสารให้ความหวานแคลอรีต่ำ ซึ่งสามารถพบได้ตามธรรมชาติในผลไม้ตระกูลเบอร์รี่และผลไม้หลายชนิด เยื่อไผ่ และ สาหร่ายทะเล

9.2.2 ความปลอดภัย

มีรสชาติหวานให้พลังงานเพียงครึ่งหนึ่งของน้ำตาลทราย (น้ำตาลทรายให้พลังงาน 1.6-2.0 กิโลแคลอรีต่อกรัม) เหมาะกับเป็นอาหารสำหรับผู้ป่วยโรคเบาหวานเนื่องจากร่างกายจะย่อยและดูดซึมช้า จึงไม่ทำให้ระดับน้ำตาลในกระแสเลือดขึ้นสูง ทนต่อกรดและความร้อนดีกว่าน้ำตาล ไม่ทำให้ฟันผุ

9.2.3 การประยุกต์ใช้

แมนนิทอลสามารถนำไปใช้ในอาหารต่างๆได้ โดยกำหนดระบบปริมาณสูงสุดในอาหารต่างๆ ดังนี้ Pressed mint (ร้อยละ 98) ลูกกวาดชนิดแข็ง (ร้อยละ 5) ลูกอมแก้ไอ (ร้อยละ 5) หมากฝรั่ง (ร้อยละ 31) ลูกกวาดชนิดนุ่ม (ร้อยละ 40) แยมและเยลลี่ไม่ตามมาตรฐาน (ร้อยละ 15) บริษัทผู้ผลิตรายสำคัญได้แก่ Frances's Roquette Freres และ SPI Polyols

9.3 ไซลิทอล (Xylitol)

9.3.1 ไซลิทอล เป็นน้ำตาลแอลกอฮอล์ที่พบได้ใน ผัก และผลไม้หลายชนิด หรือ แม้แต่ในร่างกายก็สามารถผลิตได้ ในระหว่างการเกิดกระบวนการสันดาปของกลูโคสไซลิทอลจะมีความหวานอร่อยเหมือนกับน้ำตาล แต่ให้พลังงานน้อยกว่าน้ำตาลถึงร้อยละ 40 ที่สำคัญคือ มีสรรพคุณในการลดจำนวนแบคทีเรียในช่องปากที่เป็นต้นเหตุสำคัญของปัญหาฟันผุ

9.3.2 ความปลอดภัย

ไซลิทอลเป็นสารที่ให้ความหวานได้ใกล้เคียงน้ำตาล ไม่ทำให้ฟันผุ และไม่เพิ่มระดับน้ำตาลในเลือด จึงถูกนำมาใช้ในอาหารส่วนใหญ่ ไซลิทอลมีความปลอดภัยสูงทั้งนี้ เนื่องมาจากการศึกษาระดับสูงสุดสามารถบ่งชี้ได้ในอาสาสมัครที่มีสุขภาพแข็งแรง และอาสาสมัครผู้ป่วยที่เป็นโรคเบาหวาน พบว่าบริโภคไซลิทอลสูงถึง 200 กรัมต่อวันไม่ก่อให้เกิดผลเสียทางด้านคลินิก แต่อาจมีผลข้างเคียงที่เกิดขึ้นก็คือ เกิดการระบายท้องหรือเกิดการปั่นป่วนในระบบทางเดินอาหาร ไซลิทอลมีความปลอดภัยที่สามารถใช้ได้ในระดับที่กำหนดไว้ในหลายๆประเทศ ทาง JECFA ไม่ได้กำหนดระดับปริมาณการใช้ในอาหาร ซึ่งหมายถึงว่าบนพื้นฐานของข้อมูลต่างๆที่มี ปริมาณที่ได้รับในแต่ละวันไม่ก่อให้เกิดอันตรายแก่สุขภาพ

9.3.3 การประยุกต์ใช้

ไซลิทอลถูกนำมาใช้ในอาหารหลายๆชนิด เช่น ลูกอม ช็อกโกแลต และหมากฝรั่ง ซึ่งสามารถใช้ได้โดยไม่ต้องเปลี่ยนสูตรที่เคยใช้ ในอาหารอาจให้ความหวานเพียงชนิดเดียวหรือใช้ร่วมกับน้ำตาลแอลกอฮอล์อื่นๆ เช่น มอลติทอล ซอร์บิทอล แลคติทอล หรือ ไอโซมมอลต์ ผลิตภัณฑ์ส่วนใหญ่นิยมใช้ไซลิทอลแทนน้ำตาลก็คือ ลูกอม ขนมหวาน โดยเฉพาะลูกอมปราศจากน้ำตาลและหมากฝรั่ง บริษัทที่เป็นผู้นำในการผลิตไซลิทอลของโลก (คิวพร คิวเวซ, 2546)

10. วิจัยที่เกี่ยวข้อง

อุไรรัช บุรณะคงคาตรี (2538) ศึกษาผลของ pH ความเข้มข้นและชนิดน้ำตาลต่อความแข็งแรงของเจลเพคตินชนิดเมทอกซีสูง พบว่าฟรุกโตสไซรัป (Fructose syrup) มีผลต่อค่าความแข็งแรงของเจลโดยค่าความแข็งแรงของเจลจะลดลงเมื่อความเข้มข้นของน้ำตาลเพิ่มขึ้น และ pH มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความแข็งแรงของเจลเล็กน้อย โดยการเพิ่ม pH จะทำให้ความแข็งแรงเพิ่มขึ้นเล็กน้อยที่ความเข้มข้นสูงกว่า 66 °Brix แต่เมื่อความเข้มข้นน้ำตาลต่ำกว่า 50-65 °Brix การเพิ่มของ pH จะทำให้ความแข็งแรงลดลง ในกลูโคสไซรัป (Glucose Syrup) ความแข็งแรงของเจลจะลดลงเมื่อเพิ่มความเข้มข้นน้ำตาลในช่วง 50-60 °Brix หรือเมื่อ pH เพิ่มขึ้น ความเข้มข้นน้ำตาลจะมีผลต่อความแข็งแรงของเจลมากกว่า pH ใน น้ำตาลทั้งสองชนิด โดยฟรุกโตสไซรัปให้ค่าความแข็งแรงสูงสุดของเจลมากกว่ากลูโคสไซรัป ส่วนการยอมรับทางด้านรสชาติของเยลลี่ พบว่าเยลลี่ที่เตรียมจากฟรุกโตสไซรัปซึ่งมีความเข้มข้นน้ำตาล 50.80 °Brix pH 2.2 และที่เตรียมจากกลูโคสไซรัปความเข้มข้นน้ำตาล 50.60 °Brix pH 2.52 เป็นตัวอย่างเยลลี่ผู้ทดสอบชอบมากที่สุดคือน้ำตาลชนิดนั้นๆ นอกจากนี้ผู้ทดสอบมีความชอบเยลลี่ที่เตรียมจากฟรุกโตสไซรัปมากกว่าที่เตรียมจากกลูโคสไซรัปที่ค่าความแข็งแรงของเจลเท่ากัน

Demars and Ziegler (1996) ได้ศึกษาเนื้อสัมผัสและโครงสร้างของผลิตภัณฑ์ประเภทลูกกวาดที่ทำ จากเจลาตินและเพคตินชนิด High Methoxyl Pectin (HM) โดยใช้เจลาติน 3, 4.5 และร้อยละ 6 และใช้เพคตินร้อยละ 0-1.5 พบว่า การเติมเพคตินจะไปลดความเครียด (Strain) ที่รอยแตกของเจล และความเค้นของเจล (Stress) จะแตกต่างกันขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของเจลาตินและเพคติน ความเข้มข้นของเพคตินสูงจะเพิ่มความหนืด, เพิ่มอัตราการเกิดเจล และป้องกันการรวมตัวกันของ Gelatin-Rich phase ในการวิเคราะห์ทางประสาทสัมผัสเจลของเพคตินจะมีเนื้อสัมผัสนุ่มและเปราะมากกว่าเจลาติน เจลของเจลาตินจะแน่นและเหนียวมากกว่าเจลของเพคติน

อัจฉรา เทียมภักดี (2549) ทำการศึกษาเรื่องผลของเจลาตินอัตราส่วนของซูโครสต่อกลูโคสไซรัปและกรดซิตริกต่อคุณสมบัติทางกายภาพ และคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์กัมมีเยลลี่ จากการศึกษาพบว่าปริมาณเจลาติน อัตราส่วนของซูโครสต่อกลูโคสไซรัปและปริมาณกรดซิตริกจะมีผลต่อค่าความหนืด ความแข็ง ความยากง่ายในการเคี้ยว ความเหนียว หนืดและความติดเหนียวของผลิตภัณฑ์กัมมีเยลลี่ (ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95) โดยเมื่อปริมาณเจลาตินเพิ่มขึ้นจะมีผลทำให้ค่าความหนืดความแข็งความยากง่ายในการเคี้ยวความเหนียวหนืดและความติดเหนียว จะเพิ่มขึ้น แต่เมื่ออัตราส่วนของซูโครสต่อกลูโคสไซรัป และปริมาณกรดซิตริกเพิ่มขึ้นจะทำให้ ความหนืด ความแข็ง และค่าความเหนียวหนืดลดลงเล็กน้อย สรุปได้ว่า เจลาตินจะมีผลต่อค่าคุณภาพเหล่านี้มากกว่าอัตราส่วนของซูโครสต่อกลูโคสไซรัป และปริมาณกรดซิตริก

11. กรอบแนวคิดในการวิจัย

กรอบแนวความคิดของงานวิจัยเรื่องการพัฒนาผลิตภัณฑ์กัมมีสมุนไพรไทยแคลอรีต่ำ : ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 ส่วนหลัก ดังนี้ (1) คุณภาพของกัมมีซิงสุตรพื้นฐาน (2) ผลของอัตราส่วนของปริมาณซิงต่อน้ำ และอัตราส่วนเจลาตินต่อเพคตินต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์กัมมีซิง และ (3) ผลของอัตราส่วนการทดแทนสารให้ความหวานต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์กัมมีซิง และ Output คือ ผลิตภัณฑ์กัมมีซิง

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

1. วัตถุดิบ วัสดุอุปกรณ์และ สารเคมี

1.1 วัตถุดิบ

- 1.1.1 ชিংแก่ (ตลาดมหานาค)
- 1.1.2 น้ำตาลทรายขาวบริสุทธิ์ (มิตรผล, บริษัท น้ำตาลมิตรผล จำกัด)
- 1.1.3 กลูโคสไซรัป (DE 40)
- 1.1.4 กรดมะนาว
- 1.1.5 เพคติน (เมทอกซีสูง แบบเซ็ตตัวช้า)
- 1.1.6 เจลาติน (250 bloom strength, type A)

1.2 วัสดุอุปกรณ์

- 1.2.1 อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์ทางกายภาพ
 - เครื่องวัดเนื้อสัมผัส (Texture Analyser รุ่น TX-XT2, England)
 - เครื่องวัดค่าสี (Muncell Colors System)
- 1.2.2 อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์ทางเคมี
 - เครื่องวัดปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (Atago รุ่น N-1 α)
 - เครื่องวัดความเป็นกรด-เบส (pH-Meter, 3020/ Jenway/ Sweden)
 - เครื่องชั่งตวงวัด 4 ตำแหน่ง (Precisa 240A/Switzerland)
 - ตู้อบลมร้อน (Hot air oven Memmert/ Germany)
 - เครื่องวิเคราะห์โปรตีน (KJELTEC 2200/ Sweden)
 - เครื่องวิเคราะห์ไขมัน (Soxtec Avanti2050 Auto System/ Sweden)
 - เครื่องวิเคราะห์ปริมาณเถ้า (Furnace 6000 Thermolyne)
- 1.2.3 อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการผลิตกัมมีเยลลีสมุนไพร
 - เตาความร้อนไฟฟ้า (Hot plate, Heidolph : MR3001/ Germany)
 - เครื่องชั่งขนาด 1 กิโลกรัม (Precisa 240A/Switzerland)

1.3 สารเคมี

- 1.3.1 สารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด
 - Sodium Hydroxide (NaOH) (Merck/ Germany)
 - Potassium hydrogen phthalate (KHP) (Merck/ Germany)
 - Phenolphthalein (Merck/ Germany)
 - 95% Ethyl alcohol (Merck/ Germany)
 - NaOH 0.1 N (Merck/ Germany)
 - phenolphthalein indicator (Merck/ Germany)

1.3.2 สารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์ปริมาณไขมัน

- Hexene (Merck/ Germany)

1.3.3 สารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน

- CuSO_4 (Merck/ Germany)
- KSO_4 (Merck/ Germany)
- octanol (Merck/ Germany)
- Conc H_2SO_4 (Merck/ Germany)
- NaOH 32 % (Merck/ Germany)
- Boric acid 4 % (Merck/ Germany)
- HCl 0.1 N (Merck/ Germany)

1.3.4 สารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์ปริมาณใยอาหาร

- H_2SO_4 1.25 % (Merck/ Germany)
- NaOH 1.25 % (Merck/ Germany)
- Acetone (Merck/ Germany)

2. วิธีการทดลอง

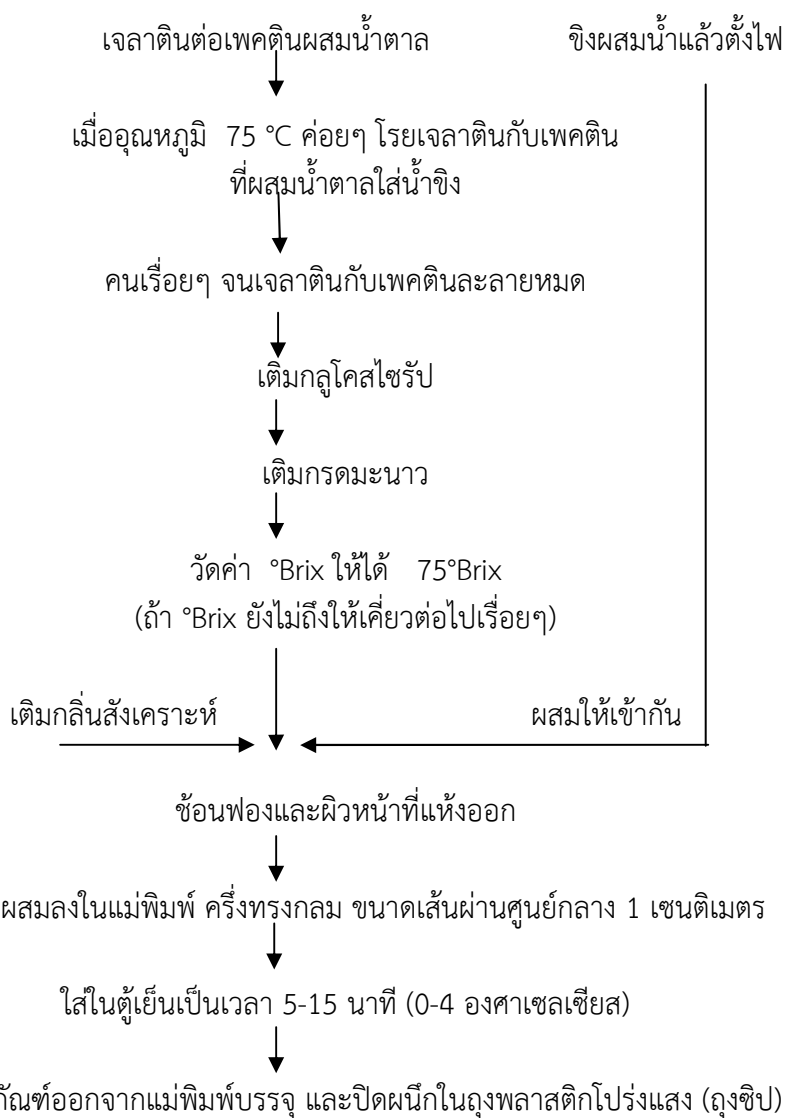
2.1 คุณภาพของกัมมี่ซิงสูตรพื้นฐาน

เตรียมผลิตกัมมี่ตามสูตรของ โครงการอบรมด้านผลิตชุมชน, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ (ม.ป.ป) (ตารางที่ 3.1) แสดงวิธีการทำกัมมี่ซิงสูตรพื้นฐานตามภาพที่ 3.1 นำกัมมี่ที่ได้จากกระบวนการผลิตมาวิเคราะห์คุณภาพ ทำการทดลอง 3 ซ้ำ

ตารางที่ 3.1 วัตถุดิบในการผลิตกัมมี่

วัตถุดิบ	กรัม	ร้อยละ (น้ำหนักโดยรวม)
เจลาติน	113.5	10
น้ำตาลทราย	450	40
กลูโคสไซรัป	100	9
กรดซิตริก	15	1
น้ำซิง	450	40

ที่มา: โครงการอบรมด้านผลิตชุมชน, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ (ม.ป.ป)



ภาพที่ 3.1 ขั้นตอนการผลิตกัมมีขิง

ที่มา: ดัดแปลงจาก เกวลิน หอมหวาน (2551)

2.1.1 คุณภาพทางกายภาพ ได้แก่

- 1) ค่าสี L*a*b* (Colour meter, P2132)
- 2) เนื้อสัมผัสความแข็ง (Hardness) และความยืดหยุ่น (Springiness) โดย
เครื่อง Texture Analyzer

2.1.2 คุณภาพทางเคมี ได้แก่

- 1) การวิเคราะห์หาปริมาณกรด-เบส (pH meter)
- 2) การวิเคราะห์หาปริมาณความชื้น ตามวิธี AOAC. (2000)
- 3) การวิเคราะห์หาปริมาณโปรตีน ตามวิธี AOAC. (2000)
- 4) การวิเคราะห์หาปริมาณไขมัน ตามวิธี AOAC. (2000)
- 5) การวิเคราะห์หาปริมาณเถ้า ตามวิธี AOAC. (2000)
- 6) การวิเคราะห์หาปริมาณเยื่อใย ตามวิธี AOAC. (2000)
- 7) การวิเคราะห์หาปริมาณคาร์โบไฮเดรต ตามวิธี AOAC. (2000)

2.2 ผลของอัตราส่วนของปริมาณขิงต่อน้ำ และอัตราส่วนเจลาตินต่อเพคตินต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์ขิง

น้ำขิงมีขิงที่ได้จากสูตรพื้นฐานมาดัดแปลง โดยมีปัจจัยคงที่ ได้แก่ ปริมาณน้ำตาล กลูโคส ไซรัปและกรดซิตริก ปัจจัยแปรผัน คือ ปริมาณน้ำต่อขิง 3 ระดับได้แก่ 1:1, 1:1.5 และ 1:2 (ภาวิดา มหัคชพกรณ์ และ วชิรญาณ หงษ์อินทร์, 2554) และปริมาณอัตราส่วนเจลาตินต่อเพคติน 3 ระดับได้แก่ 3:1, 4:0 และ 4.5:1 (DeMars and Ziegler, 2001) วางแผนการทดลองแบบ Factorial 3×3 in CRD จะได้สิ่งทดลองแสดงดังตารางที่ 3.2 จากนั้นนำผลิตภัณฑ์ที่ได้มาวิเคราะห์ทางคุณภาพ ทำการทดลอง 3 ซ้ำ

ตารางที่ 3.2 อัตราส่วนของปริมาณขิงต่อน้ำและอัตราส่วนเจลาตินต่อเพคตินในการผลิตกัมมี่ขิง

สิ่งทดลอง	น้ำต่อขิง (กรัม)	เจลาตินต่อเพคติน
1	1:1	3:1
2	1:1	4:0
3	1:1	4.5:1
4	1:1.5	3:1
5	1:1.5	4:0
6	1:1.5	4.5:1
7	1:2	3:1
8	1:2	4:0
9	1:2	4.5:1

2.2.1 คุณภาพทางกายภาพ ได้แก่

- 1) ค่าสี L*a*b* (Colour meter, P2132)
- 2) เนื้อสัมผัส ความแข็ง (Hardness) และความยืดหยุ่น (Springiness) โดยเครื่อง Texture Analyzer

2.2.2 คุณภาพทางเคมี ได้แก่

- 1) การวิเคราะห์หาปริมาณกรด-เบส (pH meter)
- 2) การวิเคราะห์หาปริมาณความชื้น ตามวิธี AOAC. (2000)
- 3) การวิเคราะห์หาปริมาณโปรตีน ตามวิธี AOAC. (2000)
- 4) การวิเคราะห์หาปริมาณไขมัน ตามวิธี AOAC. (2000)
- 5) การวิเคราะห์หาปริมาณเถ้า ตามวิธี AOAC. (2000)
- 6) การวิเคราะห์หาปริมาณเยื่อใย ตามวิธี AOAC. (2000)
- 7) การวิเคราะห์หาปริมาณคาร์โบไฮเดรต ตามวิธี AOAC. (2000)

2.2.3 การวิเคราะห์ทางประสาทสัมผัส

ประเมินคุณภาพอาหารทางประสาทสัมผัสโดยวิธีการให้คะแนนความชอบ แบบ 9-Point Hedonic Scale ในปัจจัยคุณภาพต่างๆ ดังนี้ ลักษณะปรากฏ กลิ่น ความยืดหยุ่น สี รสชาติ และ ความชอบโดยรวม โดยใช้ผู้ทดสอบ 50 คนที่ไม่ผ่านการฝึกฝน

2.3 ผลของอัตราส่วนการทดแทนสารให้ความหวานต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์ขิง

นำกัมมี่ขิงที่ได้จากอัตราส่วนของปริมาณน้ำขิงและอัตราส่วนเจลาตินต่อเพคตินที่เหมาะสมในการผลิตกัมมี่ขิงมาเปลี่ยนจากการเติมน้ำตาลทรายเป็นสารที่ให้ความหวานทดแทน โดยมีปัจจัยคงที่ ได้แก่ ปริมาณน้ำต่อขิง 1:1.5 และปริมาณอัตราส่วนเจลาตินต่อเพคติน 4.5:1 ปัจจัยแปรผันคือ ปริมาณสารทดแทนความหวาน 2 ระดับได้แก่ 50 และ 100 กรัม ตามตารางที่ 3.3 จากนั้นนำผลิตภัณฑ์ที่ได้มาวิเคราะห์ทางคุณภาพดังนี้

ตารางที่ 3.3 ปริมาณของสารทดแทนความหวานที่เหมาะสมในการผลิตกัมมี่ขิง

สิ่งทดลอง	น้ำตาลทราย	สารทดแทนความหวาน แมนนิทอล (ร้อยละ)
Control	100	0
1	50	50
2	0	100

2.3.1 คุณภาพทางกายภาพ ได้แก่

- 1) ค่าสี L*a*b* (Colour meter, P2132)
- 2) เนื้อสัมผัส ความแข็ง (Hardness) และความยืดหยุ่น (Springiness) โดยเครื่อง Texture Analyzer

2.3.2 คุณภาพทางเคมี ได้แก่

- 1) การวิเคราะห์หาปริมาณกรด-เบส (pH meter)
- 2) การวิเคราะห์หาปริมาณความชื้น ตามวิธี AOAC. (2000)
- 3) การวิเคราะห์หาปริมาณโปรตีน ตามวิธี AOAC. (2000)
- 4) การวิเคราะห์หาปริมาณไขมัน ตามวิธี AOAC. (2000)
- 5) การวิเคราะห์หาปริมาณเถ้า ตามวิธี AOAC. (2000)
- 6) การวิเคราะห์หาปริมาณเยื่อใย ตามวิธี AOAC. (2000)
- 7) การวิเคราะห์หาปริมาณคาร์โบไฮเดรต ตามวิธี AOAC. (2000)

2.3.3 การวิเคราะห์ทางประสาทสัมผัส

ประเมินคุณภาพอาหารทางประสาทสัมผัสโดยวิธีการให้คะแนนความชอบ แบบ 9-Point Hedonic Scale ในปัจจัยคุณภาพต่างๆ ดังนี้ ลักษณะปรากฏ กลิ่น ความยืดหยุ่น สี รสชาติ และ ความชอบโดยรวม โดยใช้ผู้ทดสอบ 50 คนที่ไม่ผ่านการฝึกฝน

2.4 การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

2.4.1 การศึกษากระบวนการผลิตกัมมี่ชิ่งสมุนไพรเปรียบเทียบกับความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดย DRMT วิเคราะห์ความแปรปรวนโดย ANOVA

2.4.2 การศึกษาปริมาณเจลาตินที่เหมาะสมในการผลิตกัมมี่เยลลี่สมุนไพร และศึกษาอัตราส่วนน้ำตาลต่อชิ่งที่เหมาะสมในการผลิตกัมมี่เยลลี่สมุนไพรวางแผนการทดลองแบบ (Completely Randomized Design, CRD) สำหรับคุณภาพทางด้านกายภาพ เคมี และวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ภายในบล็อก (Randomized Completely Block, RCBD) สำหรับการประเมินทางประสาทสัมผัส

บทที่ 4

ผลการวิจัย

1. คุณภาพของกัมมีซิงสูตรพื้นฐาน

ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพของกัมมีซิงสูตรพื้นฐาน (ตารางที่ 4.1) พบว่ากัมมีซิงสูตรพื้นฐานมีค่าสี L^* ซึ่งเป็นค่าความสว่าง เท่ากับ 32.76 ค่า a^* เท่ากับ 1.5 มีสีค่อนข้างแดง และค่า b^* เท่ากับ 8.93 มีสีค่อนข้างเหลือง เนื่องจากในซิงมีความเป็นสีเหลือง ซึ่งสีเหลืองนั้นได้มาจากเบต้าแคโรทีนจึงทำให้ค่าความสว่างของกัมมีซิงต่ำที่เหลือง (ทวีทอง หงษ์วิวัฒน์, 2545) และ วัดค่าความยืดหยุ่นและความแข็งซิงกัมมีซิงสูตรพื้นฐานโดยใช้เครื่อง Texture Analyzer ในลักษณะการเคี้ยวแบบของมนุษย์ มีค่าตามความแข็งและค่าความยืดหยุ่นเท่ากับ 162.6 g และ 1 mm ตามลำดับและคุณค่าทางเคมีของกัมมีซิงนั้นจะเห็นได้ว่ามีปริมาณของคาร์โบไฮเดรตสูงเนื่องจากการเติมน้ำตาล

ตารางที่ 4.1 คุณสมบัติทางกายภาพและคุณสมบัติทางเคมีของกัมมีซิงสูตรพื้นฐาน

คุณภาพ	ค่าที่วัดได้
ทางกายภาพ	
L^*	32.76 ± 5.42
a^*	1.5 ± 1.53
b^*	8.93 ± 3.97
ความแข็ง (g)	164.51 ± 14.65
ความยืดหยุ่น (mm)	1.0 ± 0.00
ทางเคมี	
ความเป็นกรด-เบส	4.59 ± 0.01
โปรตีน(ร้อยละ)	14.5 ± 2.22
ความชื้น (ร้อยละ)	19.23 ± 0.34
เถ้า (ร้อยละ)	0.137 ± 0.40
เส้นใยอาหาร (ร้อยละ)	1.40 ± 0.11
ไขมัน (ร้อยละ)	3.90 ± 0.40
คาร์โบไฮเดรต (ร้อยละ)	55.62 ± 1.95

หมายเหตุ: ตัวเลขที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ย $\pm$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

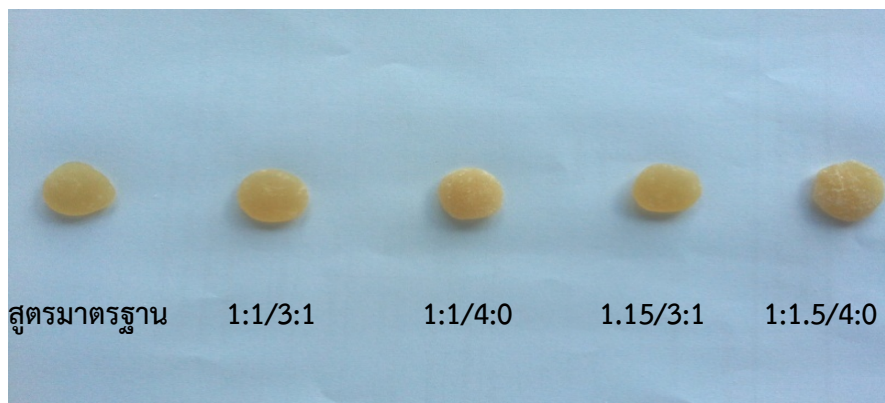
2. ผลของอัตราส่วนของปริมาณขิงต่อน้ำและอัตราส่วนเจลาตินต่อเพคตินต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์ขิง

เมื่อศึกษาปริมาณอัตราส่วนของปริมาณน้ำต่อขิงและอัตราส่วนของเจลาตินต่อเพคตินที่เหมาะสมในการผลิตกัมมี่ขิงมีทั้งหมด 9 สิ่งทดลอง (ตารางที่ 4.2) พบว่า กัมมี่ขิงในสิ่งทดลองที่ 1 (น้ำต่อขิง 1:1 และ เจลาตินต่อเพคติน 3:1), สิ่งทดลองที่ 2 (น้ำต่อขิง 1:1 และ เจลาตินต่อเพคติน 4:0), สิ่งทดลองที่ 4 (น้ำต่อขิง 1:1.5 และ เจลาตินต่อเพคติน 3:1) และ สิ่งทดลองที่ 5 (น้ำต่อขิง 1:1.5 และ เจลาตินต่อเพคติน 4:0) สามารถขึ้นรูปได้ ส่วนสิ่งทดลองที่ 3 (น้ำต่อขิง 1:1 และ เจลาตินต่อเพคติน 4.5:1), สิ่งทดลองที่ 6 (น้ำต่อขิง 1:1.5 และ เจลาตินต่อเพคติน 4.5:1) และ สิ่งทดลองที่ 9 (น้ำต่อขิง 1:2 และ เจลาตินต่อเพคติน 4.5:1) นั้นไม่สามารถขึ้นรูปได้ อาจเกิดเนื่องมาจากใส่เจลาตินมากเกินไป จึงให้กัมมี่ขิงเกิดการแข็งตัวเร็วในขณะที่จะนำมาขึ้นรูปในแม่พิมพ์ (นิธิยา รัตนูปนันท, 2543) และสิ่งทดลองที่ 7 (น้ำต่อขิง 1:2 และ เจลาตินต่อเพคติน 3:1) และ สิ่งทดลองที่ 8 (น้ำต่อขิง 1:2 และ เจลาตินต่อเพคติน 4:0) ก็ไม่สามารถขึ้นรูปได้ อาจเกิดเนื่องมาจากความเข้มข้นของน้ำขิงมากเกินไป จึงทำให้น้ำขิงมากเกินไปจนไม่สามารถเซตตัว ดังนั้นผู้วิจัยจึงเลือกสิ่งทดลองที่ 1, 2, 4 และ 5 มาตรวจสอบคุณภาพด้านกายภาพ เคมี และประสาทสัมผัส

ตารางที่ 4.2 คุณภาพทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ของกัมมี่ขิงที่มีอัตราส่วนน้ำต่อขิง และเจลาตินต่อเพคตินที่แตกต่างกัน

คุณภาพทางกายภาพ	น้ำต่อขิง/เจลาตินต่อเพคติน			
	1:1/3:1	1:1/4:0	1:1.5/3:1	1:1.5/4:0
L*	28.9 ^{ab} ± 1.15	32.76 ^a ± 5.42	32.1 ^a ± 2.40	25.46 ^b ± 1.53
a* ^{ns}	1.7 ± 0.78	1.5 ± 1.52	1.16 ± 0.31	1.9 ± 0.97
b*	7.6 ^b ± 1.01	12.7 ^{ab} ± 3.97	8.93 ^b ± 1.70	7.6 ^a ± 2.96
ความแข็ง(g)	139.19 ^b ± 12.39	164.51 ^a ± 14.65	168.69 ^a ± 10.25	147.72 ^b ± 9.60
ความยืดหยุ่น(mm)	1.00 ^a ± 0.00	1.00 ^a ± 0.00	0.60 ^b ± 0.54	1.00 ^a ± 0.00

หมายเหตุ: ตัวอักษร a, b กำกับค่าเฉลี่ยที่ต่างกันในแต่ละแถวกัน แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ns หมายถึงไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)



ภาพที่ 4.1 ผลิตรกัมมี่ซิงที่มีอัตราส่วนของปริมาณซิงต่อน้ำซิงและอัตราส่วนของเจลาตินต่อเพคติน

2.1 คุณภาพทางกายภาพ

จากการวิเคราะห์คุณลักษณะทางกายภาพของกัมมี่ซิง จากตารางที่ 7 ทั้ง 4 สิ่งทดลองนั้นพบว่า ค่าสีนั้นเมื่อพิจารณาตามอัตราส่วนของน้ำตอซิงในสิ่งทดลองที่ 1 กับ 2 จะมีค่า L^* , a^* และ b^* ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) นั้นแสดงว่าความเข้มข้นของน้ำซิงไม่มีผลต่อค่า L^* , a^* และ b^* ส่วนสิ่งทดลองที่ 3 กับ 4 ค่า L^* และ b^* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) แสดงว่าความเข้มข้นของน้ำซิงที่เพิ่มมากขึ้นมีผลต่อค่า L^* และ b^* แต่ไม่มีผลทำให้ค่า a^* ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) และเมื่อพิจารณาตามอัตราส่วนของเจลาตินต่อเพคติน ในสิ่งทดลองที่ 1 กับ 3 จะมีค่า L^* , a^* และ b^* ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แสดงว่าความอัตราส่วนของเจลาตินต่อเพคตินไม่มีผลต่อกัมมี่ซิงในด้านของค่าสี และ ในสิ่งทดลองที่ 2 กับ 4 มีค่า a^* และ b^* ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่ค่า L^* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) แสดงว่าความเข้มข้นของน้ำซิงมีผลต่อค่า L^* ซึ่งเป็นค่าความสว่างมีแนวโน้มที่จะลดลงเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของน้ำซิง ส่วนในด้านความแข็งและความยืดหยุ่นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยอัตราส่วนของน้ำตอซิง และอัตราส่วนของเจลาตินต่อเพคตินมีผลต่อความแข็ง และความยืดหยุ่น เมื่อแยกพิจารณาอัตราส่วนของน้ำซิงที่ 1:1 โดยใช้สารก่อเจล 3:1 และ 4:0 พบว่า ค่าความแข็งจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อใส่เจลาตินซึ่งเป็นสารก่อเจลเพิ่มขึ้น โดยเจลาตินเป็นเจลประเภทที่สามารถผันกลับได้เมื่อได้รับความร้อน แต่จะมีลักษณะเป็นเจลแข็งขึ้นเมื่อทิ้งให้เย็น ต่างจากเจลของเพคตินเมื่อรวมตัวกับน้ำตาล และกรดในปริมาณที่เหมาะสมเกิดเป็นเจลที่อ่อนนุ่ม (นิธิยา รัตนาปนนท์, 2543) แต่ค่าความยืดหยุ่นไม่แตกต่างกัน

ส่วนน้ำซิงที่ความเข้มข้น 1:1.5 ใช้สารก่อเจล 3:1 และ 4:0 พบว่า ค่าความแข็งมีแนวโน้มลดลงเมื่อใส่เจลาตินเพิ่มขึ้นและไม่ใส่เพคติน แต่ความยืดหยุ่นมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มสัดส่วนของเจลาตินเพิ่มขึ้น เมื่อแยกพิจารณาตามอัตราส่วนของสารก่อเจลที่ 3:1 ที่อัตราส่วนของน้ำซิง 1:1 และ 1:1.5 พบว่า ค่าความแข็งมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเพิ่มอัตราส่วนความเข้มข้นของน้ำซิง ส่วนค่าความยืดหยุ่นมีแนวโน้มลดลงเมื่อเพิ่มอัตราส่วนความเข้มข้นของน้ำซิงแสดงว่าความเข้มข้นของน้ำซิงมีผลต่อการเกิดเจล ส่วนสารก่อเจลที่ 4:0 โดยใช้น้ำซิง 1:1 และ 1:1.5 พบว่า ค่าความแข็งมีแนวโน้มลดลงเมื่อเพิ่มอัตราส่วนความเข้มข้นของน้ำซิง แต่ ค่าความยืดหยุ่นเท่ากัน

2.2 คุณภาพทางเคมี

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์กัมมีซิงที่มีอัตราส่วนน้ำต่อซิง และเจลาตินต่อเพคติน (ตารางที่ 4.3) พบว่าปริมาณโปรตีนและเส้นใยอาหาร ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แสดงว่าการเพิ่มอัตราส่วนน้ำต่อซิงและเจลาตินต่อเพคตินไม่มีผลต่อปริมาณโปรตีนและเส้นใยอาหาร แต่เมื่อเพิ่มหรือลดอัตราส่วนน้ำต่อซิงและเจลาตินต่อเพคตินมีผลทำให้ความชื้น เถ้า ไขมันและ คาร์โบไฮเดรต แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.3 คุณภาพทางเคมีของผลิตภัณฑ์กัมมีซิงที่มีอัตราส่วนน้ำต่อซิงและเจลาตินต่อเพคตินที่แตกต่างกัน

คุณภาพทางเคมี	น้ำต่อซิง/เจลาตินต่อเพคติน			
	1:1/3:1	1:1/4:0	1:1.5/3:1	1:1.5/4:0
ความเป็นกรด-เบส	4.26 ^b ± 0.00	4.59 ^a ± 0.01	4.59 ^a ± 0.01	4.25 ^b ± 0.01
โปรตีน ^{ns}	20.07 ± 3.97	19.96 ± 2.22	19.23 ± 6.05	21.69 ± 0.71
ความชื้น	19.94 ^{ab} ± 0.58	19.24 ^b ± 0.34	12.80 ^c ± 1.91	22.11 ^a ± 1.89
เถ้า	0.24 ^a ± 0.41	0.14 ^b ± 0.40	0.24 ^a ± 0.61	0.19 ^{ab} ± 0.20
เส้นใยอาหาร ^{ns}	1.12 ± 0.27	1.40 ± 0.11	0.94 ± 0.34	1.54 ± 0.46
ไขมัน	4.86 ^a ± 1.78	3.90 ^{ab} ± 0.40	0.48 ^c ± 0.41	2.02 ^{bc} ± 1.82
คาร์โบไฮเดรต	52.62 ^a ± 2.59	55.62 ^a ± 1.95	66.32 ^b ± 5.97	52.07 ^a ± 2.12

หมายเหตุ: ตัวอักษร a, b, c กำกับค่าเฉลี่ยที่ต่างกันในแต่ละแถวกัน แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ns หมายถึงไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

2.3 คุณภาพทางประสาทสัมผัส

ผลการวิเคราะห์คุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์กัมมีซิงโดยวิธี 9 - point Hedonic Scale เป็นการให้คะแนนความชอบโดย 1 (ไม่ชอบมากที่สุด) ถึง 9 (ชอบมากที่สุด) จากจำนวนผู้ทดสอบ 50 คน แสดงผลการทดลองดังตารางที่ 8 เมื่อแบ่งพิจารณาในอัตราส่วนของเจลาตินต่อเพคตินพบว่าในสิ่งทดลองที่ใช้อัตราส่วนน้ำต่อซิงและเจลาตินต่อเพคตินที่ 1:1/3:1 กับ 1:1.5/3:1 พบว่า ความชอบโดยรวม ลักษณะปรากฏ ความยืดหยุ่น สี และ รสชาติ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) แต่เมื่อความเข้มข้นของน้ำซิงเพิ่มมากขึ้นจะมีแนวโน้มของลักษณะปรากฏ ความยืดหยุ่น สีและรสชาติลดลง ส่วนกลิ่นไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) นั้นแสดงว่าความเข้มข้นของน้ำซิงมีแนวโน้มที่จะทำให้ผู้ทดสอบรู้สึกถึงความแตกต่างโดยมีผลต่อ ความชอบโดยรวม ลักษณะปรากฏ ความยืดหยุ่น สี และรสชาติ แสดงให้เห็นว่าการใช้น้ำต่อซิงที่อัตราส่วน 1:1 ทำให้ผู้ทดสอบมีความชอบมากกว่าอัตราส่วน 1:1.5

ส่วนในสิ่งทดลองที่ใช้อัตราส่วนน้ำต่อซิงและเจลาตินต่อเพคตินที่ 1:1/4:0 กับ 1:1.5/4:0 จะมีความชอบโดยรวม ลักษณะปรากฏ กลิ่น ความยืดหยุ่น สี และ รสชาติ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แสดงว่าอัตราส่วนของน้ำต่อซิงไม่มีผลต่อลักษณะปรากฏ กลิ่น ความยืดหยุ่น สีและรสชาติของกัมมีซิงในอัตราส่วนของเจลาตินต่อเพคตินที่ 3:1 และ 4:0

ส่วนสิ่งทดลองที่ใช้อัตราส่วนน้ำต่อขิงและเจลาตินต่อเพคตินที่ 1:1.5/3:1 กับ 1:1.5/4:0 พบว่าความชอบโดยรวม ลักษณะปรากฏ ความยืดหยุ่น แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) แต่ ด้านกลิ่น สี และรสชาติ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) นั้นแสดงว่า ความเข้มข้นของอัตราส่วนของน้ำต่อขิงที่ 1:1.5 จะมีผลที่ทำให้ให้กัมมีซิงในอัตราส่วนของเจลาตินต่อเพคตินที่ 3:1 และ 4:0 แตกต่างกัน ในบางปัจจัยคุณภาพของผลิตภัณฑ์ของกัมมีซิง โดยพบว่าที่อัตราส่วน 4:0 มีความเหมาะสมมากกว่าเมื่อพิจารณาจากคะแนนความชอบ

จากผลการวิเคราะห์คุณภาพด้านประสาทสัมผัสทั้ง 4 สิ่งทดลอง พบว่า กลุ่มตัวอย่างของกลุ่มผู้ทดสอบของผลิตภัณฑ์กัมมีซิงเลือกสิ่งทดลองที่ 2 เป็นสิ่งทดลองที่ได้รับคะแนนความชอบมากที่สุด จากคะแนนความชอบในด้านต่าง ๆ ที่กล่าวมาข้างต้นจึงเลือกนำสิ่งทดลองที่ 2 เพื่อทำการทดลองต่อไป

ตารางที่ 4.4 คุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์กัมมีซิงที่มีอัตราส่วนน้ำต่อขิง และ เจลาตินต่อเพคตินแตกต่างกัน

คุณภาพทางประสาทสัมผัส	น้ำต่อขิง/เจลาตินต่อเพคติน			
	1:1/3:1	1:1/4:0	1:1.5/3:1	1:1.5/4:0
ลักษณะปรากฏ	6.5 ^a ± 1.1	6.9 ^a ± 1.4	5.4 ^b ± 1.8	6.8 ^a ± 1.2
กลิ่น	6.0 ^a ± 1.5	6.4 ^a ± 1.8	5.6 ^b ± 1.6	6.0 ^{ab} ± 1.6
ความยืดหยุ่น	6.6 ^a ± 1.3	6.8 ^a ± 1.6	5.0 ^b ± 1.8	6.5 ^a ± 1.7
สี	6.7 ^a ± 1.1	6.8 ^a ± 1.3	6.1 ^b ± 1.5	6.6 ^{ab} ± 1.4
รสชาติ	6.2 ^a ± 1.7	6.5 ^a ± 1.9	5.4 ^b ± 2.0	6.1 ^{ab} ± 1.8
ความชอบโดยรวม	6.4 ^a ± 1.4	6.7 ^a ± 1.7	5.2 ^b ± 1.8	6.3 ^a ± 1.6

หมายเหตุ: ตัวอักษร a, b กำกับค่าเฉลี่ยที่ต่างกันในแต่ละแถวกัน แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

3. ผลของอัตราส่วนการทดแทนสารให้ความหวานต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์ขิง

เมื่อนำกัมมีซิงสูตรที่คัดเลือกได้จากข้อ 2 มาเติมสารทดแทนความหวานทดแทนน้ำตาลคือน้ำตาลแมนนิทอลโดยแบ่งเป็น 2 ระดับคือ 50:50 และ 0:100 แล้วทำการตรวจวัดค่าทางคุณภาพได้ผลดังนี้



ภาพที่ 4.2 ผลิตภัณฑ์กัมมีซิงทดแทนสารให้ความหวานที่แตกต่างกัน

3.1 คุณภาพทางกายภาพ

จากการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพของผลิตภัณฑ์กัมมีซิงทดแทนสารให้ความหวานที่แตกต่างกัน (ตารางที่ 4.5) พบว่า ค่า L^* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) มีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นเมื่อเติมสารทดแทนความหวานเพิ่มขึ้น แต่ค่า b^* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) มีแนวโน้มที่ลดลงเมื่อเติมสารทดแทนความหวาน และค่า a^* ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ส่วนความแข็งมีแนวโน้มที่ลดลงเมื่อเติมสารทดแทนความหวานเพิ่มขึ้น เพราะปริมาณน้ำตาลที่ลดลงทำให้โครงสร้างเจลมีความแข็งแรงลดลง เนื่องจากโครงสร้างเจลเกิดจากพันธะระหว่างน้ำตาล กับ น้ำ ภายในโครงสร้างเจล (นิธิยา รัตนাপนนท์, 2543) แต่ความยืดหยุ่น ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ เฉลิมพล ถนอมวงศ์ (2552) ที่กล่าวว่า คุณลักษณะทางเนื้อสัมผัสด้านความแข็งจะแปรผกผันกับความยืดหยุ่น เมื่อปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้และปริมาณความเข้มข้นของกรดซิตริกเพิ่มขึ้นจะส่งผลต่อค่าความแข็งทำให้ค่าความแข็งเพิ่มขึ้น

ตารางที่ 4.5 คุณภาพทางกายภาพของผลิตภัณฑ์กัมมีซิงทดแทนสารให้ความหวานที่แตกต่างกัน

คุณภาพทางกายภาพ	อัตราส่วนในการทดแทน (น้ำตาล : แมนนิทอล)		
	สิ่งทดลองมาตรฐาน	50:50	0:100
L*	32.77 ^b ± 5.43	44.07 ^a ± 4.84	48.27 ^a ± 2.59
a* ^{ns}	1.53 ± 1.53	1.30 ± 0.10	0.67 ± 0.56
b*	8.93 ^a ± 3.95	5.70 ^{ab} ± 0.44	3.07 ^b ± 1.50
ความแข็ง (g)	164.51 ^a ± 14.65	135.19 ^b ± 7.06	130.98 ^b ± 5.05
ความยืดหยุ่น ^{ns} (mm)	1.00 ± 0.00	1.52 ± 0.82	0.96 ± 0.40

หมายเหตุ: ตัวอักษร a, b กำกับค่าเฉลี่ยที่ต่างกันในแต่ละแถวกัน แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ns หมายถึงไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

3.2 คุณภาพทางเคมี

จากการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านเคมีของผลิตภัณฑ์กัมมีซิงทดแทนสารให้ความหวานพบว่าเมื่อใช้สารทดแทนความหวานเพิ่มขึ้นจะทำให้ปริมาณโปรตีน ความชื้น คาร์โบไฮเดรตและเส้นใยอาหาร ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่ปริมาณด้านเถ้าและไขมัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อใส่สารทดแทนความหวานเพิ่มมากขึ้น โดยเถ้ามีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มสารทดแทนความหวาน และไขมันมีแนวโน้มลดลงเมื่อเพิ่มสารทดแทนความหวาน เนื่องจากองค์ประกอบของน้ำตาล และสารทดแทนความหวานมีความแตกต่างกัน ส่วนค่าความเป็นกรด-เบส เมื่อใส่สารทดแทนความหวานเพิ่มขึ้นจะมีแนวโน้มลดลง ซึ่งอาจเกิดเนื่องจากกระบวนการในการผลิต และฟอกขาวน้ำตาลทราย ดังตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 คุณภาพทางเคมีของผลิตภัณฑ์กัมมีซิงทดแทนสารให้ความหวานในปริมาณแตกต่างกัน

คุณภาพทางเคมี	อัตราส่วนในการทดแทน (น้ำตาล : แมนนิทอล)		
	สิ่งทดลองมาตรฐาน	50:50	0:100
ความเป็นกรด-เบส	4.59 ^b ± 0.00	4.74 ^a ± 0.00	4.75 ^a ± 0.01
โปรตีน ^{ns}	19.96 ± 2.22	20.65 ± 0.13	18.94 ± 0.55
ความชื้น ^{ns}	19.24 ± 0.34	16.86 ± 0.58	20.17 ± 4.31
เถ้า	0.14 ^b ± 0.40	0.36 ^a ± 0.00	0.33 ^a ± 0.00
เส้นใยอาหาร ^{ns}	1.40 ± 0.11	1.03 ± 0.26	2.15 ± 1.56
ไขมัน	3.90 ^a ± 0.40	0.27 ^b ± 0.23	0.11 ^b ± 0.07
คาร์โบไฮเดรต ^{ns}	55.62 ± 1.95	60.83 ± 0.38	58.12 ± 6.02

หมายเหตุ: ตัวอักษร a, b กำกับค่าเฉลี่ยที่ต่างกันในแต่ละแถวกัน แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ns หมายถึงไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

3.3 คุณภาพทางประสาทสัมผัส

ผลการวิเคราะห์คุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์กัมมีซิงทดแทนสารให้ความหวานโดยวิธี 9 – point Hedonic Scale เป็นการให้คะแนนความชอบโดย 1 (ไม่ชอบมากที่สุด) ถึง 9 (ชอบมากที่สุด) จากจำนวนผู้ทดสอบ 50 คน แสดงรายละเอียดดังตารางที่ 4.7

การทดแทนสารให้ความหวานด้วยน้ำตาลแมนนิทอลในปริมาณที่มากขึ้นให้ผลทางด้านความชอบโดยรวม ลักษณะปรากฏ ความยืดหยุ่น และ รสชาติ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) คะแนนความชอบด้านกลิ่น และ สี เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq 0.05$) เมื่อเทียบกับสิ่งทดลองมาตรฐาน เมื่อพิจารณาถึงคุณภาพทางกายภาพจะแสดงให้เห็นว่า ผู้ทดสอบชอบผลิตภัณฑ์กัมมีซิงที่มีสีออกไปทางสว่าง และมีสีเหลืองมากกว่า ส่วนความยืดหยุ่นถึงแม้จะมีความแตกต่างเมื่อตรวจวัดทางกายภาพ แต่ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบไม่แตกต่างกัน

โดยผลิตภัณฑ์กัมมีซิงที่ทดแทนด้วยน้ำตาลแมนนิทอลที่ 0:100 มีคะแนนความชอบโดยรวมไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) กับสิ่งทดลองมาตรฐาน แสดงให้เห็นว่าผลิตภัณฑ์กัมมีซิงสามารถใช้สารทดแทนความหวานทดแทนน้ำตาลได้ในปริมาณร้อยละ 100 โดยไม่ทำให้คุณภาพด้านประสาทสัมผัสและด้านอื่นๆ เปลี่ยนแปลงไป นอกจากนี้แมนนิทอลเป็นสารทดแทนความหวานที่ให้พลังงานต่ำกว่าน้ำตาลและยังไม่ทำให้ฟันของผู้บริโภคผุ

ตารางที่ 4.7 คุณภาพทางประสาทสัมผัสผลิตภัณฑ์กัมมีซิงทดแทนสารให้ความหวานในปริมาณแตกต่างกัน

คุณภาพทางประสาทสัมผัส	อัตราส่วนในการทดแทน (น้ำตาล : แมนนิทอล)		
	สิ่งทดลองมาตรฐาน	50:50	0:100
ลักษณะปรากฏ ^{ns}	6.0 ± 1.5	6.0 ± 1.8	6.5 ± 1.4
กลิ่น	5.4 ^b ± 1.5	6.0 ^{ab} ± 1.8	6.2 ^a ± 1.7
ความยืดหยุ่น ^{ns}	5.3 ± 1.7	5.0 ± 1.9	5.5 ± 2.0
สี	5.7 ^b ± 1.6	6.2 ^{ab} ± 1.6	6.5 ^a ± 1.4
รสชาติ ^{ns}	5.5 ± 1.6	5.5 ± 1.8	5.6 ± 2.0
ความชอบโดยรวม ^{ns}	5.8 ± 1.6	5.8 ± 1.9	6.1 ± 1.9

หมายเหตุ: ตัวอักษร a, b กำกับค่าเฉลี่ยที่ต่างกันในกลุ่มเดียวกัน แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq 0.05$) ns หมายถึงไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

1. สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาผลของความเข้มข้นของน้ำซิงและสารก่อเจลดต่อคุณภาพของกัมมีซิงพบว่า ผลิตภัณฑ์กัมมีซิงที่ใช้ น้ำต่อซิงที่อัตราส่วน 1:1 และ 1:1.5 และอัตราส่วนของเจลาตินต่อเพคติน 4:0 และ 3:1 สามารถขึ้นรูปได้ ผลการศึกษาทางด้านกายภาพ พบว่าคุณลักษณะทางเนื้อสัมผัส ค่าความแข็ง และค่าความยืดหยุ่น ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ความเป็นกรดของผลิตภัณฑ์อยู่ที่ 4.26-4.59 การวิเคราะห์หองค์ประกอบทางเคมีพบว่าผลิตภัณฑ์กัมมีซิงพบว่า ปริมาณโปรตีน และใยอาหาร ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ส่วนปริมาณความชื้น ไขมัน เถ้า และ คาร์โบไฮเดรต แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ด้านคุณภาพทางประสาทสัมผัส กลุ่มตัวอย่างของกลุ่มผู้ทดสอบของผลิตภัณฑ์กัมมีซิงเลือกสิ่งทดลองที่อัตราส่วน 1:1/4:0 เป็นสิ่งทดลองที่ได้รับคะแนนความชอบมากที่สุด

จากการศึกษาผลของการใช้สารทดแทนความหวานเพื่อลดการใช้น้ำตาลในผลิตภัณฑ์กัมมีซิง 3 สิ่งทดลอง คือ สิ่งทดลองพื้นฐาน, น้ำตาลต่อสารทดแทนความหวาน (50:50) และน้ำตาลต่อสารทดแทนความหวาน (0:100) พบว่าค่าความเป็นกรด เถ้า ไขมัน และ คาร์โบไฮเดรต แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และในส่วนของ โปรตีน ความชื้น และ เส้นใยอาหาร ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) คุณภาพทางด้านกายภาพ ค่า L^* , b^* และ a^* ความแข็ง และความยืดหยุ่น แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) คุณภาพทางประสาทสัมผัส ความชอบโดยรวม ลักษณะปรากฏ ความยืดหยุ่น และ รสชาติ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ส่วน กลิ่นและสี แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

2. อภิปรายผลการวิจัย

จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า การใช้อัตราส่วน น้ำต่อซิง ในอัตราส่วน 1:1 ทำให้ผู้ทดสอบชอบมากที่สุด และ การใช้เจลาตินต่อเพคตินเท่ากับ 4:0 ทำให้คะแนนความชอบสูงกว่าที่ 3:1 เนื่องจากการใช้เจลาตินทำให้เกิดเจลที่มีความคงตัวที่อุณหภูมิต่ำ แต่เพคตินกลับให้เจลที่อ่อนนุ่ม และจากการทดลองโดยใช้สารทดแทนความหวานนั้นสามารถนำสารทดแทนความหวานแทนน้ำตาลมาใช้ได้ร้อยละ 100 โดยมีคะแนนความชอบมากกว่าสูตรควบคุม แต่ถ้ายับประทานในปริมาณมากเกินไปจะทำให้เกิดอาการท้องเสีย (ศิวาพร ศิวเวช, 2546)

3. ข้อเสนอแนะ

3.1 ในการละลายเจลาตินควรละลายให้ได้สารละลายใสก่อนที่จะผสมกับสารละลายน้ำตาล เพื่อให้มั่นใจว่าเจลาตินละลายอย่างสมบูรณ์ เนื่องจากอาจจะทำให้เกิดเป็นลิ่ม

3.2 ในการผลิตผลิตภัณฑ์กัมมีเยลลี่ควรมีการควบคุมอุณหภูมิในการผลิตให้ได้ตามที่กำหนดไว้ เพราะจะมีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์

3.2 ภาชนะบรรจุที่เหมาะสมสำหรับผลิตภัณฑ์กัมมีเยลลี่จะสามารถป้องกันแสง และความชื้นได้ เพื่อให้ผลิตภัณฑ์กัมมีเยลลี่เก็บรักษาได้นานขึ้น และช่วยป้องกันการเสื่อมเสีย

บรรณานุกรม

บรรณานุกรมภาษาไทย

- เฉลิมพล ถนอมวงศ์. (2552). ผลของเจลาตินและกรดซิตริกต่อคุณค่าทางประสาทสัมผัสของกัมมี่รสตะไคร้. *วารสารวิทยาศาสตร์ มข.* ฉบับที่ 3. หน้า 325-332.
- ทวีทอง หงษ์วิวัฒน์ และนิตดา หงษ์วิวัฒน์. (2550). *ผัก 333 ชนิด คุณค่าอาหารและการกิน*. กรุงเทพฯ: แสงแดด.
- นิธิยา รัตนานนท์. (2543). *เคมีอาหาร*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์.
- มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, สำนักงาน. (2530). *มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมลูกกวาดและทอฟฟี่*. กรุงเทพฯ: กระทรวงอุตสาหกรรม.
- มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, สำนักงาน. (2537). *มาตรฐานอุตสาหกรรมแยม เยลลี่ มาร์มาเลด*. กรุงเทพฯ: กระทรวงอุตสาหกรรม.
- วนิดา ไชยมหาวัน. (2542). *เยลลี่ผสมธัญหาร*. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี, วิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการพัฒนาลูกกวาด. เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
- สายสนม ประดิษฐ์ดวง และสิริ ชัยเสรี . (2539). *ลูกกวาดและช็อกโกแลต*. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
- สุวรรณา สุภิมารณ. (2543). *เทคโนโลยีการผลิตลูกกวาดและช็อกโกแลต*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ศิวาพร ศิวเวช. (2546). *วัตถุดิบอาหาร (เล่ม 1)*. นครปฐม: ศูนย์ส่งเสริมและฝึกอบรมการเกษตรแห่งชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์วิทยาเขตกำแพงแสน.
- อัจฉรา เทียมภักดี. (2549). *ผลของพีเอช เจลาติน เพกทิน น้ำตาล และน้ำผลไม้ที่มีต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของกัมมี่เยลลี่*. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรบัณฑิต ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรม เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- อุไรรัช บุรณะคงคาตรี. (2538). *ผลของ pH ความเข้มข้น และชนิดน้ำตาลต่อความแข็งของเจล เพคตินชนิดเมทอกซีสูง*. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต บัณฑิตวิทยาลัย กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

บรรณานุกรมภาษาอังกฤษ

- BS757. (1975). *Methods for sampling and testing gelatin*. British Standards Institution.
- DeMars, L.L. and Zigler, G.R. (2001). Texture and structure of gelatin/pectin-based gummy confections. *Food Hydrocolloids*, 15: 643-653.
- Edwards, W.P. (2000). *The Science of Sugar Confectionery*. UK: The Royal Society Of chemistry.
- Fennema, O.R. (1996). *Food Chemistry*. (3rd ed). New York: Marcel Dekker, Inc.

- Gross, D.R. (1978). Fruit Preserve and Jellies. *In Encyclopedia of Food Science*.
(Peterson, M.S. and Johnson, A.H. Eds.).
- Imeson, A. (1997). Gelatin. *In Thickening and Gelling Agents for Food*. (2nd ed). London: An Imprint of Chapman & Hall.
- May, C.D. (1997). Pectins. *Thickening and Gelling Agents for Food*. (Imeson, A. Eds.) :
(2nd ed) London: Imprint of Chapman & Hall.
- Nussionovitch, A. (1997). Pectin. *In Hydrocolloid Application : Gum Technology in the Food and other Industries*. Institute of Biochemistry. Israel: Food Science and Nutrition, Rehovot.
- Poppe, J. (1997). Gelatin. *In Thickening and Gelling Agents for Food*. (Imeson, A., Ed.) :
(2nd ed). London: An Imprint of Chapman & Hall.
- Smewing, J. (1999). Hydrocolloids. *In Food Texture Measurement and Perception*.
Aspen Maryland: Publishers, Inc. Gaithersburg.
- Tourtellotte. (1978). Geratin. *In Encyclopedia of Scicnec*. (Peterson, M.S. and Fohnson, A.H. Ed.), Westport, Conn.
- Yudkin, J. (1971). Sugar is a Food : an Historical Survey. *In Suhar Chemical, Biological and Nutritional Aspects of Sucrose*. (Yudkin, J., Edelman, J. and Hough, L., Eds.), England: Butterworth \$ Co (Publishers) Ltd.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ

ภาคผนวก ก1 การวิเคราะห์คุณลักษณะทางเนื้อสัมผัส

หลักการ

การวัดเนื้อสัมผัสโดยวิธี Texture Profile Analysis (TPA) เป็นการวัดเนื้อสัมผัสในลักษณะเลียนแบบการเคี้ยวของมนุษย์ โดยใช้เครื่องวัดเนื้อสัมผัส และกำหนดสถานะต่างๆดังนี้

1. ทำการ Calibrate Force
2. ใช้หัววัด P 5s
3. ทำการ Calibrate Probe ก่อนการวัด
4. ทำการวิเคราะห์โดยเครื่อง TA-XT2i

สถานะที่ใช้ในการวัด

Option	TPA
Pre-Test speed	2.0 mm/s
Test-speed	2.0 mm/s
Post-Test Speed	5.0 mm/s
Distance	10 mm
Trigger Type	Auto-5g
Time	3 s.
Data Acquisition Rate	200 pps.

ในการวัดจะทำการกดตัวอย่าง 2 ครั้ง ค่าเนื้อสัมผัสที่ได้จากการวัดโดยวิธี TPA ได้แก่ค่า Hardness และ Springiness เป็นต้น

ภาคผนวก ข
การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

ภาคผนวก ข1 การวิเคราะห์หาปริมาณความชื้นตามวิธี AOAC (2000)

หลักการ

การหาความชื้น ตัวอย่างอาหารจะทำได้โดยการอบแห้งด้วยความร้อน ซึ่งน้ำหนักที่หายไปคือความชื้น อาหารแต่ละชนิดจะใช้ความร้อนและเวลาที่แตกต่างกัน

อุปกรณ์และเครื่องมือ

1. ตู้อบลมร้อน (Hot Air Oven)
2. ถ้วยหาความชื้น (Aluminum Can)
3. โถดูดความชื้น (Desiccator)
4. เครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง (Analysis Balance)
5. Tongs หรือ Forceps

วิธีการวิเคราะห์

1. หาน้ำหนักที่คงที่ของถ้วยเปล่า โดยนำเข้าตู้อบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส นาน 2-4 ชั่วโมง ทำให้เย็นในโถดูดความชื้นชั่งน้ำหนัก แล้วนำเข้าอบใหม่ดำเนินการเหมือนครั้งแรกจนได้น้ำหนักคงที่ (น้ำหนักที่เปลี่ยนแปลงไม่มากกว่า 0.005 กรัม)
2. ชั่งตัวอย่างประมาณ 2 กรัมใส่ลงในถ้วยที่ทราบน้ำหนักที่แน่นอน
3. เกลี่ยตัวอย่างแผ่ออกอย่างสม่ำเสมอให้มีเนื้อที่มากที่สุดเท่าที่จะทำได้
4. นำเข้าตู้อบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส นาน 2-4 ชั่วโมง ทำให้เย็นในโถดูดความชื้นชั่งน้ำหนักแล้วนำเข้าอบใหม่ดำเนินการเหมือนครั้งแรกจนได้น้ำหนักคงที่ (น้ำหนักที่เปลี่ยนแปลงไม่มากกว่า 0.005 กรัม)
5. นำผลที่ได้ไปคำนวณปริมาณความชื้นดังต่อไปนี้

การคำนวณ

$$\text{ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)} = \frac{\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ} - \text{น้ำหนักตัวอย่างหลังอบ}}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง}} \times 100$$

ภาคผนวก ข2 การวิเคราะห์หาปริมาณโปรตีนตามวิธี AOAC (2000)

หลักการ

เป็นวิธีการวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในอาหาร (-NH-) ในอาหารได้แก่ protein nitrogen amino nitrogen และ amide nitrogen ซึ่งจากไนโตรเจน (ร้อยละ) ที่วิเคราะห์ได้สามารถเปลี่ยนเป็นปริมาณโปรตีน โดยคูณด้วยแฟคเตอร์สำหรับแปลงกลับ (Conversion Factor) ซึ่งได้จาก $100 / \text{ไนโตรเจน (ร้อยละ) ในอาหาร}$ ($100 / x$)

อุปกรณ์และเครื่องมือ

1. กระดาษ Whatman กรองเบอร์ 1
2. หลอดย่อยโปรตีน (Kjeldahl Flask) ขนาด 250-300 มิลลิลิตร
3. ชุดกลั่นโปรตีน (Semi-Microdistillations)
4. ขวดปรับปริมาตร (Volumetric Flask) ขนาด 1000 มิลลิลิตร
5. ขวดรูปชมพู่ (Erlenmeyer Flask) ขนาด 250 มิลลิลิตร
6. บิวเรตต์ ขนาด 50 มิลลิลิตร
7. Glass Bead

สารเคมี

1. H_2SO_4 (Sulfuric Acid)
2. NaOH (Sodiumhydroxide)
3. H_3BO_3 (Boric Acid)
4. Mix indicator: Methyl Red and Bromocresol Green
5. $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ (Copper (II) Sulphate)
6. K_2SO_4 (Potassium Sulphate)

วิธีการวิเคราะห์

1. พับกระดาษกรองเป็นรูปของจดหมายซั้งตัวอย่างลงในกระดาษกรอง Whatman เบอร์ 1 ให้น้ำหนักแน่นอนประมาณ 0.5 - 1.0 กรัม
2. เติมคอปเปอร์ซัลเฟต 0.8 กรัมโปตัสเซียมซัลเฟต 7 กรัม ลงในหลอดย่อย
3. เติมกรดซัลฟิวริกเข้มข้น 12 มิลลิลิตร
4. ต่อชุดย่อยเข้ากับชุดจับไอกรด เสียบปลั๊ก เปิดสวิทช์เครื่องย่อย ตั้งอุณหภูมิที่ 420 องศาเซลเซียส
5. ตั้งหลอดย่อยบน Stand ปิด Heat Shield ยก Stand ที่มีหลอดย่อยใส่ลงในหลุมของเตาย่อย ปิดฝาหลอดย่อย (Exhaust Mainifold) เปิดสวิทช์ชุดจับไอกรด (Scrubber Unit)
6. ย่อยจนได้สารละลายใสในตู้ควีน (ใช้เวลาประมาณ 30-60 นาที) ย้าย Stand พร้อมหลอดย่อยมาตั้งไว้ข้างๆเครื่องย่อย โดยยังไม่ถอดฝาหลอดย่อย รอให้ไอกรดหมดก่อนทิ้งให้เย็น
7. นำไปกลั่นโดยเติมน้ำกลั่น 30 มิลลิลิตร และสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้นร้อยละ 32 ปริมาตร 100 มิลลิลิตร

8. รองรับสิ่งที่กลั่นได้ด้วยสารละลายกรดบอริกเข้มข้นร้อยละ 4 ปริมาตร 25 มิลลิตร หยด Mix Indicator 2-3 หยด นำพลาสติกไปตั้งไว้ที่ตำแหน่งรองรับของเครื่องกลั่น และเลื่อนฐานขึ้นให้ปลายแท่งแก้วจุ่มอยู่ใต้สารละลาย

9. กลั่นประมาณ 10 นาที ล้างปลายอุปกรณ์ความแน่นด้วยน้ำกลั่นลงในพลาสติกรองรับ

10. ไทเทรตสารละลายที่กลั่นได้กับสารละลายมาตรฐานกรดไฮโดรคลอริก 0.1 นอร์มัลจนได้สีเทา (จุดยุติ) จดปริมาณกรดไฮโดรคลอริกที่ใช้

11. ทำ Blank ด้วยวิธีการเดียวกันตั้งแต่ข้อ 2-10

12. ก่อนการกลั่นตัวอย่างต่อไป ควรล้างระบบโดยใช้น้ำกลั่นใส่ในหลอดย่อยแล้วทำการกลั่นโดยไม่เติมต่าง ประมาณ 3 นาที

13. เมื่อกลั่นตัวอย่างสุดท้ายเสร็จแล้ว ใส่หลอดเปล่าและพลาสติกในตำแหน่งที่รองรับปิดสวิทช์ เช็ดทำความสะอาดเครื่องทั้งหมด

การคำนวณ

$$\text{Nitrogen (ร้อยละ)} = \frac{(T-B) \times 14.007 \times 100 \times N}{\text{Weight Of Sample (mg)}}$$

$$\text{Protein (ร้อยละ)} = \text{Nitrogen}$$

$$T = \text{Sample Titration (ml)}$$

$$B = \text{Blank Titration (ml)}$$

$$N = \text{Normality Of Titrant (N)}$$

$$\text{Conversion Factor} = \text{แฟกเตอร์สำหรับแปลงกลับ} = 6.25$$

(น้ำหนักสมมูลของไนโตรเจนเท่ากับ 14.007)

ภาคผนวก ข3 การวิเคราะห์หาปริมาณเส้นใยตามวิธี AOAC (2000)

หลักการ

การวิเคราะห์ปริมาณใยอาหาร เป็นวิธีการวิเคราะห์ปริมาณคาร์โบไฮเดรตอย่างหนึ่ง ใยอาหารที่อยู่ตามธรรมชาติเป็นสารอินทรีย์ที่เหลือยู่ในอาหารที่ได้แยกเอาไขมันออก โปรตีน และคาร์โบไฮเดรตอื่นๆออกไปแล้ว ในปัจจุบันได้มีการใช้เอนไซม์พวกอะไมเลส และโปรทีเนสช่วยในการละลายแป้งและโปรตีน เพื่อให้กากที่ไม่ละลายที่เหลือยู่นี้ มีองค์ประกอบใกล้เคียงกับกากไม่ดูดซับในระบบการย่อยของมนุษย์

อุปกรณ์และเครื่องมือ

1. ถ้วยแก้ว (Crucible)
2. โถดูดความชื้น (Desicator)
3. ตู้อบลมร้อน (Hot Air Oven)
4. เตาเผา (Furnance)

สารเคมี

1. H_2SO_4 (Sulfuric Acid)
2. NaOH (Sodiumhydroxide)
3. $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{OH}$ (Octanol)

วิธีการวิเคราะห์

1. ชั่งตัวอย่างที่มีน้ำหนักแน่นอน 1-2 กรัม ลงใน Crucible
2. เติม Cilite 1 กรัม
3. วาง Crucible ในช่องของอุปกรณ์ของ Crude Fiber
4. เติมกรดซัลฟิวริกเข้มข้นร้อยละ 1.25 ปริมาณ 150 มิลลิลิตร หยด Octanol 2-3 หยด
5. ต้มให้เดือดนาน 30 นาที ดูดสารละลายกรดซัลฟิวริกทิ้งโดยการกรอง ล้างด้วยน้ำกลั่นร้อนๆปริมาณ 30 มิลลิลิตร จำนวน 3 ครั้ง
6. เติมโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้นร้อยละ 1.25 ปริมาณ 150 มิลลิลิตร หยด Octanol 2-3 หยด ดูดสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ทิ้งโดยการกรอง ล้างด้วยน้ำกลั่นร้อนๆปริมาณ 30 มิลลิลิตร จำนวน 3 ครั้ง
7. นำเข้า Hot Air Oven ที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง
8. ทำให้เย็นในโถดูดความชื้น แล้วชั่งน้ำหนัก
9. นำ crucible ไปเผาต่อในเตาเผา (Furnance) ที่อุณหภูมิ 500-550 องศาเซลเซียส นาน 3 ชั่วโมง
10. ปิดเตาเผา ลอดอุณหภูมิใน Hot Air Oven
11. ทำให้เย็นในโถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนัก

การคำนวณ

$$\text{ปริมาณเส้นใย (ร้อยละ)} = \frac{(\text{น้ำหนักตัวอย่างหลังอบ} - \text{น้ำหนักหลังเผา}) \times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น (กรัม)}}$$

ภาคผนวก ข4 การวิเคราะห์ปริมาณไขมัน AOAC (2000)

หลักการ

วิเคราะห์ปริมาณไขมันด้วยการใช้ Organic Solven ซึ่งสกัดไขมันด้วยวิธีการกลั่นย้อนกลับ สามารถสกัดได้อย่างต่อเนื่อง จากนั้นระเหยแยกตัวทำละลายออกจากไขมัน ตัวอย่างที่ใช้สกัดควรเป็นตัวอย่างที่อบแห้งแล้ว

อุปกรณ์และเครื่องมือ

1. ชุดเครื่องมือและอุปกรณ์เครื่อง Soxtec Avanti 2050 Auto System
2. หลอดบรรจุตัวอย่าง (Thimble) พร้อมที่จับ (Thimble Holder)
3. ถ้วยสกัด (Extraction Cup) พร้อมที่จับ (Extraction Cup Holder)
4. ตู้อบลมร้อน (Hot Air Oven)
5. โถดูดความชื้น (Desiccator)

สารเคมี

เฮกเซน หรือปิโตรเลียมอีเทอร์

วิธีการ

1. เปิดเครื่องทำน้ำเย็น (Cooling Bath) ควบคุมอุณหภูมิที่ 12-15 องศาเซลเซียส
2. Warm เครื่อง Soxtec โดยเปิดปุ่ม Power ปรับอุณหภูมิและตั้งโปรแกรมทำงานตามชนิดของตัวทำละลายที่ใช้
3. ชั่งตัวอย่างอาหารบดแห้งแล้วบดละเอียด 1 กรัม ใส่ใน Thimble
4. นำ Thimble มาใส่ในตัวเครื่อง Soxtec ด้วย Thimble Holder
5. เติมตัวทำละลายประมาณ 50 มิลลิลิตร ใน Extraction Cup ที่ทราบน้ำหนักที่แน่นอน
6. กดปุ่ม Start 1 ครั้งโปรแกรมจะเริ่มทำงานตั้งแต่ขั้นตอน Boiling ไปจนถึง Pre-Drying
7. เมื่อครบเวลาการทำงาน นำ Extraction Cup อบใน Hot Air Oven ที่อุณหภูมิ 100 ± 3 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที จนน้ำหนักคงที่
8. ระบายตัวทำละลายออกจากเครื่อง ใส่ในขวดตัวทำละลายที่ใช้แล้ว
9. คำนวณหาปริมาณไขมันที่สกัดได้

การคำนวณ

$$\text{ปริมาณไขมันของตัวอย่าง (ร้อยละ)} = \frac{100 (W_1 - W_2)}{W}$$

W_1 คือ น้ำหนักของ Extraction Cup และน้ำหนักไขมันที่สกัดได้หลังการอบแห้งแล้ว (กรัม)

W_2 คือ น้ำหนักของ Extraction Cup ที่ทราบน้ำหนักแน่นอน (กรัม)

W คือ น้ำหนักของตัวอย่างอาหารที่อบแห้งแล้ว (กรัม)

ภาคผนวก ข5 การวิเคราะห์ปริมาณเถ้า AOAC (2000)

หลักการ

ทำลายสารอินทรีย์โดยใช้เปลวไฟ หรือเตาเผาที่อุณหภูมิประมาณ 500-550 องศาเซลเซียส จนเหลือแต่สารอนินทรีย์

อุปกรณ์และเครื่องมือ

1. Crucible or Porcelain Dish (ถ้วยกระเบื้องเคลือบ)
2. Desiccator
3. Electric Muffle Furnace
4. Electric Burner
5. Hot Air Oven
6. Tong

วิธีการ

1. อบ Crucible ที่ อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง แล้วชั่งน้ำหนักที่แน่นอนของ Crucible
2. ชั่งน้ำหนักที่แน่นอนของตัวอย่างประมาณ 4-6 กรัม ใส่ Crucible แล้วนำไปเผาไฟอ่อนๆบน Electric burner จนหมดควัน
3. นำตัวอย่างไปเผาในเตาเผาไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 550 ± 20 องศาเซลเซียส ประมาณ 2-3 ชั่วโมง จนกระทั่งได้เถ้าสีขาวหรือสีเทา (ถ้ายังเป็นสีดำให้นำออกมาหยดน้ำกลั่นลงไปให้ท่วมแล้วเผาต่อจนกระทั่งได้เถ้าสีขาว)
4. นำออกมालดอุณหภูมิใน Hot Air Oven ที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส ประมาณ 1 ชั่วโมง จากนั้นนำไปใส่ใน Desiccator ทิ้งให้เย็นในอุณหภูมิห้อง แล้วนำไปชั่ง เเผตัวอย่างซ้ำนานครั้งละ 30 นาที จนได้น้ำหนักต่างกันไม่เกิน 1 มิลลิกรัม

วิธีคำนวณ

$$\text{ปริมาณเถ้า (ร้อยละ)} = \frac{(W_2 - W)}{(W_1 - W)} \times 100$$

เมื่อ W = น้ำหนักของถ้วยกระเบื้องเคลือบ (กรัม)

W_1 = น้ำหนักของถ้วยกระเบื้องเคลือบและตัวอย่างก่อนเผา (กรัม)

W_2 = น้ำหนักของถ้วยกระเบื้องเคลือบและตัวอย่างหลังเผาจนได้น้ำหนักคงที่ (กรัม)

ภาคผนวก ค
การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

ตัวอย่างแบบทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส
ผลิตภัณฑ์ กัมมีซิงทดแทนสารให้ความหวาน

ชื่อผู้ทดสอบ.....วันที่.....

กัมมีซิงทดแทนสารให้ความหวานคือ ผลิตภัณฑ์ที่ทำจากซิงแก๊ เจลาติน กลูโคสไซรัป น้ำตาลทราย น้ำมะนาว และ น้ำตาลมอลนิทอ (สารให้ทดแทนความหวาน) รับประทานหลังอาหารเพื่อดับกลิ่นปาก

คำแนะนำ : กรุณาทดสอบตัวอย่างจากซ้ายไปขวา พร้อมให้คะแนนความชอบในแต่ละตัวอย่าง และบ้วนปากก่อนทุกครั้งก่อนที่จะทดสอบตัวอย่างต่อไป

ระดับการให้คะแนนที่ 1 - 9 ดังนี้

- | | | |
|---------------------|--------------------|------------------|
| 1 = ไม่ชอบมากที่สุด | 4 = ไม่ชอบเล็กน้อย | 7 = ชอบปานกลาง |
| 2 = ไม่ชอบมาก | 5 = เฉย ๆ | 8 = ชอบมาก |
| 3 = ไม่ชอบปานกลาง | 6 = ชอบเล็กน้อย | 9 = ชอบมากที่สุด |

รหัส	.....	.....	.....	.....	.....
ความชอบโดยรวม	.....	.....	.....	.....	.....
ลักษณะปรากฏ	.....	.....	.....	.....	.....
กลิ่น	.....	.....	.....	.....	.....
ความยืดหยุ่น	.....	.....	.....	.....	.....
สี	.....	.....	.....	.....	.....
รสชาติ	.....	.....	.....	.....	.....

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

ประวัติผู้วิจัย

หัวหน้าโครงการวิจัย

นายณราธิป ปุณเกษม เกิดวันอังคารที่ 8 พฤษภาคม พ.ศ. 2527 สำเร็จการศึกษาปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีทางอาหาร (เกียรตินิยมอันดับสอง) จากภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปี พ.ศ. 2548 จากนั้นสำเร็จการศึกษาปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีทางอาหาร จากภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปี พ.ศ. 2551

ประสบการณ์ทำงาน ในปี พ.ศ. 2548 – 2552 ปฏิบัติงานเป็น เจ้าหน้าที่ฝ่ายอบรม อาหาร และ เครื่องดื่มโรงเรียนการอาหารนานาชาติ มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต และ ปี พ.ศ. 2552 จนถึงปัจจุบัน เป็นอาจารย์ หลักสูตรวิทยาศาสตร์และ เทคโนโลยีการอาหาร โรงเรียนการเรือน มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต

ในปี พ.ศ. 2553 มีงานวิจัย เรื่อง “โครงการศึกษาพฤติกรรมผู้บริโภควัยเตาะแตะไทยของชาวญี่ปุ่น” ทุนจากสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย และ สถาบันวัฒนธรรมไทยศึกษา (ประเทศญี่ปุ่น) ในปี พ.ศ. 2554 มีงานวิจัย เรื่อง “การศึกษาคุณภาพของเนย และผลิตภัณฑ์จากเนยสวนดุสิต” ทุนจากมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต และมีผลงานตีพิมพ์ใน Journal of Food Process Engineering เรื่อง “Process development of shelf-stable Chinese steamed bun” ในปี ค.ศ. 2011