

## สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ค
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ฉ
สารบัญตาราง	ณ
สารบัญรูป	ญ
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับการวิจัย	2
1.4 ขอบเขตการวิจัย	3
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 ผลิตภัณฑ์ลูกกวาด	4
2.2 กัมและเฮลลีส	6
2.3 ส่วนประกอบที่สำคัญในการผลิตกัมและเฮลลีส	9
2.3.1 น้ำตาล	9
2.3.2 สารก่อเจล	20
2.3.3 กรด	22
2.3.4 น้ำผลไม้	23
2.3.5 สารที่ให้กลิ่นรส	23
2.4 ขั้นตอนในกระบวนการผลิตกัมและเฮลลีส	24
2.5 ไฮโดรคอลลอยด์	27
2.5.1 เจลาติน	28
2.5.2 เพกทิน	35
2.6 การวัดลักษณะเนื้อสัมผัสของอาหาร	42
2.6.1 การวัดเนื้อสัมผัสโดยใช้ความรู้สึกลึกของมนุษย์	42

2.6.2 การวัดเนื้อสัมผัสโดยใช้เครื่องมือ	44
2.6.3 การวัดสมบัติของเจล	47
บทที่ 3 วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการทดลอง	48
3.1 วัตถุประสงค์และสารเคมี	48
3.2 อุปกรณ์	49
3.3 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ	49
3.4 วิธีการทดลอง	50
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์	63
4.1 ผลการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของวัตถุประสงค์	63
4.2 ผลของพีเอช ความเข้มข้นของเจลาตินและเพกทินต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของกัมมีเยลลี่	64
4.3 ผลของพีเอช ความเข้มข้นของกลูโคสไซรัปและน้ำตาลซูโครสต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของกัมมีเยลลี่	84
4.4 ผลของการเติมน้ำผลไม้ที่มีต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของกัมมีเยลลี่	107
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	122
เอกสารอ้างอิง	124
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก รูปขั้นตอนการเตรียมกัมมีเยลลี่	133
ภาคผนวก ข ผลการทดลอง	137
ภาคผนวก ค การวิเคราะห์ทางกายภาพและเคมี	142
ภาคผนวก ง ตารางการวิเคราะห์หาปริมาณน้ำตาล	149
ภาคผนวก จ แบบประเมินการทดสอบทางประสาทสัมผัส	151
ประวัติผู้เขียน	155

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	ส่วนประกอบโดยเฉลี่ยของผลิตภัณฑ์ในกลุ่มกัมและเฮลลี	8
2.2	ขนาดอนุภาคของน้ำตาลชนิดต่างๆ	10
2.3	รูปแบบของน้ำตาลที่มักใช้ในผลิตภัณฑ์ลูกกวาดที่มีน้ำตาลเป็นส่วนผสมหลัก	10
2.4	ปริมาณการละลายของน้ำตาลซูโครสที่อุณหภูมิต่างๆ	12
2.5	จุดเดือดของสารละลายน้ำตาลที่ความเข้มข้นต่างๆ (ที่บรรยากาศปกติ)	13
2.6	ชนิดของคาร์โบไฮเดรตที่เป็นส่วนประกอบของกลูโคสไซรัปที่ผลิตโดยใช้กรรมวิธีการผลิตที่แตกต่างกัน	17
2.7	ความสัมพันธ์ระหว่างค่า D.E. และสมบัติของกลูโคสไซรัป	18
2.8	สมบัติของเจลาติน type A และเจลาติน type B	29
2.9	กรดอะมิโนที่เป็นองค์ประกอบในคอลลาเจนและเจลาติน type A และ type B	30
2.10	พารามิเตอร์ทางเนื้อสัมผัสและชื่อเรียกที่นิยมใช้	43
3.1	ค่าพีเอชของบัฟเฟอร์ที่เตรียมจากกรดซิตริกและ โซเดียมซิเตรต	50
3.2	แผนการทดลองแบบ Central Composite Design $2^3$ Factorial experiment ร่วมกับ จุดแกน 6 จุด และจุดกึ่งกลาง 5 จุด เมื่อผันแปรค่าพีเอช ความเข้มข้นของเจลาตินและเพกทิน	52
3.3	ปริมาณของวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตกัมมีเฮลลีในส่วนผสมทั้งหมด 500 กรัม เมื่อผันแปรค่าพีเอช ความเข้มข้นของเจลาตินและเพกทิน	53
3.4	น้ำตาลซูโครส กลูโคสไซรัป และกลีซินสับปะรดที่ใช้ในส่วนผสม 500 กรัม	54
3.5	แผนการทดลองแบบ Central Composite Design แบบ $2^3$ Factorial experiment ร่วมกับจุดแกน 6 จุด และจุดกึ่งกลาง 5 จุด เมื่อผันแปรค่าพีเอช ความเข้มข้นของกลูโคสไซรัปและน้ำตาลซูโครส	58
3.6	ปริมาณของวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตกัมมีเฮลลีในส่วนผสมทั้งหมด 500 กรัม เมื่อผันแปรค่าพีเอช ความเข้มข้นของกลูโคสไซรัปและน้ำตาลซูโครส	59
3.7	ปริมาณน้ำตาลและกรดทั้งหมดในรูปกรดซิตริกที่เป็นส่วนประกอบในน้ำมะม่วงเงี้ยว 50% และน้ำสับปะรด	60

ตารางที่		หน้า
3.8	ปริมาณของวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตกัมมีเซลลิมะม่วงในส่วนผสมทั้งหมด 500 กรัม เมื่อผันแปรปริมาณการเติมน้ำมะม่วงเจือจาง 50% ในส่วนผสม	61
3.9	ปริมาณของวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตกัมมีเซลลิมะม่วงในส่วนผสมทั้งหมด 500 กรัม เมื่อผันแปรปริมาณการเติมน้ำสับปะรดในส่วนผสม	61
4.1	ปริมาณความชื้นของเจลาตินและเพกทิน และปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ในกลูโคสไซรัป	63
4.2	ความหนืดของส่วนผสมก่อนเทลงพิมพ์แบ่ง ที่อุณหภูมิ $60 \pm 1$ องศาเซลเซียส เมื่อผันแปรค่าพีเอช ความเข้มข้นของเจลาตินและเพกทิน	65
4.3	ผลการวัดความแข็งแรงของเจลและค่าแรงเฉือนของกัมมีเซลลิ เมื่อผันแปรค่าพีเอช ความเข้มข้นของเจลาตินและเพกทิน	71
4.4	ผลการวัดลักษณะเนื้อสัมผัสของกัมมีเซลลิด้วยวิธี Texture Profile Analysis เมื่อผันแปรค่าพีเอช ความเข้มข้นของเจลาตินและเพกทิน	78
4.5	คะแนนผลการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสของกัมมีเซลลิ เมื่อผันแปรค่าพีเอช ความเข้มข้นของเจลาตินและเพกทิน	83
4.6	ความหนืดของส่วนผสมก่อนเทลงพิมพ์แบ่ง ที่อุณหภูมิ $60 \pm 1$ องศาเซลเซียส เมื่อผันแปรค่าพีเอช ความเข้มข้นของกลูโคสไซรัปและน้ำตาลซูโครส	85
4.7	ผลการวัดความแข็งแรงของเจลและแรงเฉือนของกัมมีเซลลิ และการเกิดผลิตภัณฑ์น้ำตาล เมื่อผันแปรค่าพีเอช ความเข้มข้นของกลูโคสไซรัปและน้ำตาลซูโครส	90
4.8	ผลการวัดลักษณะเนื้อสัมผัสของกัมมีเซลลิด้วยวิธี Texture Profile Analysis เมื่อผันแปรค่าพีเอช ความเข้มข้นของกลูโคสไซรัปและน้ำตาลซูโครส	97
4.9	คะแนนผลการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสของกัมมีเซลลิ เมื่อผันแปรค่าพีเอช ความเข้มข้นของกลูโคสไซรัปและน้ำตาลซูโครส	104
4.10	ความหนืดของส่วนผสมก่อนเทลงพิมพ์แบ่ง ที่อุณหภูมิ $60 \pm 1$ องศาเซลเซียส เมื่อผันแปรปริมาณการเติมน้ำผลไม้ในส่วนผสม	107
4.11	ความแข็งแรงของเจลในกัมมีเซลลิเมื่อผันแปรปริมาณน้ำผลไม้ในส่วนผสม	109
4.12	ค่าแรงเฉือนในกัมมีเซลลิเมื่อผันแปรปริมาณน้ำผลไม้ในส่วนผสม	112
4.13	ผลการวัดลักษณะเนื้อสัมผัสของกัมมีเซลลิด้วยวิธี Texture Profile Analysis เมื่อผันแปรปริมาณน้ำสับปะรดในส่วนผสม	114

ตารางที่	หน้า
4.14 ผลการวัดลักษณะเนื้อสัมผัสของกัมมีเยลลี่ด้วยวิธี Texture Profile Analysis เมื่อผันแปรปริมาณน้ำมะม่วงเจือจาง 50% ในส่วนผสม	114
4.15 คะแนนผลการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสของกัมมีเยลลี่ เมื่อผันแปร ปริมาณน้ำสับประรดในส่วนผสม	120
4.16 คะแนนผลการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสของกัมมีเยลลี่ เมื่อผันแปร ปริมาณน้ำมะม่วงเจือจาง 50% ในส่วนผสม	121
ภาคผนวก ข.1 ปริมาณความชื้นในกัมมีเยลลี่ เมื่อผันแปรค่าพีเอช ความเข้มข้นของ เจลาตินและเพกทิน	138
ภาคผนวก ข.2 ปริมาณความชื้นในกัมมีเยลลี่ เมื่อผันแปรค่าพีเอช ความเข้มข้นของ กลูโคสไซรัปและน้ำตาลซูโครส	139
ภาคผนวก ข.3 ปริมาณความชื้นของกัมมีเยลลี่ผลไม้ เมื่อผันแปรปริมาณน้ำผลไม้ ในส่วนผสม	140
ภาคผนวก ข.4 ผลการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสของกัมมีเยลลี่ เมื่อผันแปร ค่าพีเอช ความเข้มข้นของกลูโคสไซรัปและน้ำตาลซูโครส	141
ภาคผนวก ง.1 ตารางเปรียบเทียบปริมาณน้ำตาลที่ใช้ในการไทเทรตกับสารละลาย Fehling จำนวน 10 มิลลิลิตร	150

## สารบัญญรูป

รูปที่		หน้า
2.1	ผังแสดงผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการย่อยแป้งด้วยตัวกลางและกระบวนการที่ต่างกัน	19
2.2	แผนภาพแสดงขั้นตอนในกระบวนการผลิตกัม เยลลี่ และพาสติลล์	26
2.3	โครงสร้างโมเลกุลของเจลาติน	29
2.4	การเกิดโครงสร้างแบบเกลียว triple helical ของสายพอลิเมอร์ของเจลาติน ขณะทำให้เย็นตัว	32
2.5	โครงสร้างตาข่ายของเจลาตินเจด	32
2.6	โครงสร้างโมเลกุลที่ประกอบด้วยพอลิเมอร์สายหลักของเพกทิน	36
2.7	การแบ่งชนิดของเพกทินตามค่า DM และการนำไปใช้ในผลิตภัณฑ์	37
2.8	โครงสร้างของ junction zone ในเจลเพกทินชนิดเมทอกซีสูงจากการศึกษา ด้วย X-ray diffraction	40
2.9	รูปแบบกราฟที่สร้างได้จาก Texture Profile Analysis	45
4.1	ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของเพกทินและค่าพีเอชที่มีผลต่อ ความหนืดของส่วนผสม	67
4.2	ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของเจลาตินและค่าพีเอชที่มีผลต่อ ความหนืดของส่วนผสม	68
4.3	ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของเจลาตินและความเข้มข้นของเพกทิน ที่มีผลต่อความหนืดของส่วนผสม	68
4.4	ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของเจลาตินและค่าพีเอช ที่มีผลต่อ ความแข็งแรงของเจลกัมมีเยลลี่	72
4.5	ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของเพกทินและค่าพีเอชที่มีผลต่อ ความแข็งแรงของเจลกัมมีเยลลี่	72
4.6	ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของเจลาตินและความเข้มข้นของ เพกทินที่มีผลต่อความแข็งแรงของเจลกัมมีเยลลี่	73
4.7	ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของเจลาตินและค่าพีเอชที่มีผลต่อ ค่าแรงเฉือนของกัมมีเยลลี่	75

รูปที่		หน้า
4.8	ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของเพกทินและค่าพีเอชที่มีผลต่อ ค่าแรงเนียนของกัมมีเซลลูลี	75
4.9	ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของเจลาตินและความเข้มข้นของเพกทิน ที่มีผลต่อค่าแรงเนียนของกัมมีเซลลูลี	76
4.10	ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของเจลาตินและค่าพีเอชที่มีผลต่อ ค่า springiness ของกัมมีเซลลูลี	79
4.11	ค่า cohesiveness ของกัมมีเซลลูลี ที่ความเข้มข้นของเจลาตินระดับต่างๆ	80
4.12	ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของเจลาตินและค่าพีเอชที่มีผลต่อ ค่า gumminess ของกัมมีเซลลูลี	80
4.13	ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของเจลาตินและค่าพีเอชที่มีผลต่อ ค่า chewiness ของกัมมีเซลลูลี	81
4.14	ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของกลูโคสไซรัปและน้ำตาลซูโครส ที่มีผลต่อความหนืดของส่วนผสม	87
4.15	ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของน้ำตาลซูโครสและค่าพีเอชที่มีผลต่อ ความหนืดของส่วนผสม	87
4.16	ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของกลูโคสไซรัปและค่าพีเอชที่มีผลต่อ ความหนืดของส่วนผสม	88
4.17	ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของกลูโคสไซรัปและน้ำตาลซูโครส ที่มีผลต่อความแข็งแรงของเจลกัมมีเซลลูลี	92
4.18	ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของกลูโคสไซรัปและค่าพีเอชที่มีผลต่อ ความแข็งแรงของเจลกัมมีเซลลูลี	92
4.19	ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของน้ำตาลซูโครสและค่าพีเอชที่มีผลต่อ ความแข็งแรงของเจลกัมมีเซลลูลี	93
4.20	ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของกลูโคสไซรัปและน้ำตาลซูโครส ที่มีผลต่อค่าแรงเนียนของกัมมีเซลลูลี	94
4.21	ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของกลูโคสไซรัปและค่าพีเอชที่มีผลต่อ ค่าแรงเนียนของกัมมีเซลลูลี	95

รูปที่		หน้า
4.22	ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของน้ำตาลซูโครสและค่าพีเอชที่มีผลต่อค่าแรงเฉือนของกัมมีเยลลี่	95
4.23	ค่า cohesiveness ของกัมมีเยลลี่ที่ความเข้มข้นของกลูโคสไซรัประดับต่างๆ	99
4.24	ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของกลูโคสไซรัปและน้ำตาลซูโครสที่มีผลต่อค่า gumminess ของกัมมีเยลลี่	100
4.25	ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของกลูโคสไซรัปและค่าพีเอชที่มีผลต่อค่า gumminess ของกัมมีเยลลี่	100
4.26	ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของน้ำตาลซูโครสและค่าพีเอชที่มีผลต่อค่า gumminess ของกัมมีเยลลี่	101
4.27	ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของกลูโคสไซรัปและน้ำตาลซูโครสที่มีผลต่อค่า chewiness ของกัมมีเยลลี่	101
4.28	ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของกลูโคสไซรัปและค่าพีเอชที่มีผลต่อคะแนนการยอมรับโดยรวมของผลิตภัณฑ์กัมมีเยลลี่	105
4.29	ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของน้ำตาลซูโครสและค่าพีเอชที่มีผลต่อคะแนนการยอมรับโดยรวมของผลิตภัณฑ์กัมมีเยลลี่	105
4.30	ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของกลูโคสไซรัปและน้ำตาลซูโครสที่มีผลต่อคะแนนการยอมรับโดยรวมของผลิตภัณฑ์กัมมีเยลลี่	106
4.31	ความสัมพันธ์ระหว่างความหนืดของส่วนผสมและปริมาณน้ำผลไม้ที่เติมในส่วนผสม	108
4.32	ความสัมพันธ์ระหว่างความแข็งแรงของเจลและปริมาณการเติมน้ำผลไม้ที่เติมในส่วนผสม	110
4.33	ความสัมพันธ์ระหว่างค่าแรงเฉือนและปริมาณน้ำผลไม้ที่เติมในส่วนผสม	112
4.34	ความสัมพันธ์ระหว่างค่า springiness และปริมาณน้ำผลไม้ที่เติมในส่วนผสม	116
4.35	ความสัมพันธ์ระหว่างค่า cohesiveness และปริมาณน้ำผลไม้ที่เติมในส่วนผสม	117
4.36	ความสัมพันธ์ระหว่างค่า gumminess และปริมาณน้ำผลไม้ที่เติมในส่วนผสม	117
4.37	ความสัมพันธ์ระหว่างค่า chewiness และปริมาณน้ำผลไม้ที่เติมในส่วนผสม	118



รูปที่	หน้า
ภาคผนวก ก.1 ส่วนผสมเมื่อต้มไล่ฟองอากาศที่อุณหภูมิ $60 \pm 1$ องศาเซลเซียส ครบ 30 นาที	134
ภาคผนวก ก.2 อุปกรณ์สำหรับขึ้นรูปพิมพ์	134
ภาคผนวก ก.3 พิมพ์หลุมแป๊ะ	134
ภาคผนวก ก.4 กัมมีเซลลีในพิมพ์หลุมแป๊ะ	135
ภาคผนวก ก.5 การเก็บรักษาตัวอย่างที่อุณหภูมิห้องเพื่อรอให้แข็งตัว	135
ภาคผนวก ก.6 ลักษณะของกัมมีเซลลี	135
ภาคผนวก ก.7 กัมมีเซลลีที่เตรียมได้จากการผันแปรปริมาณน้ำสับประรดและ น้ำมะม่วงเงี้ยว 50% ในส่วนผสม	136