

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ค
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ช
สารบัญตาราง	ฐ
สารบัญภาพ	ฒ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 หลักการ ทฤษฎี เหตุผล และ/หรือ สมมติฐาน	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา	2
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
1.4 ขอบเขตของการวิจัย	3
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 นิยามและลักษณะของผลิตภัณฑ์แยม	4
2.2 การผลิตแยม	5
2.2.1 วัตถุดิบ	5
2.2.2 การให้ความร้อน	6
2.2.3 การลดอุณหภูมิและการบรรจุ	8
2.3 การเกิดเปกตินเจลในแยมปกติ	8
2.3.1 เปกติน (pectin)	9
2.3.2 น้ำตาล	12
2.3.3 กรด	13
2.4 สมดุลขององค์ประกอบในผลิตภัณฑ์	15
2.5 ปัญหาที่เกิดขึ้นในการทำแยม	15
2.5.1 แยมไม่แข็งตัว	15
2.5.2 แยมแข็งเกินไป	16

	หน้า
2.5.3 มีการแยกตัวของน้ำ	16
2.5.4 มีการตกผลึก	16
2.5.5 แยมข้นไม่ใส	17
2.5.6 เกิดฟองในภาชนะบรรจุ	17
2.5.7 เนื้อผลไม้ในแยมกระจายไม่สม่ำเสมอ อาจลอยหรือจมอยู่ด้านล่าง	17
2.5.8 สีผิดปกติ	17
2.5.9 แยมมีกลิ่นรสผิดปกติ	17
2.5.10 เกิดการหมักและมีราขึ้น	18
2.6 การผลิตแยมแคลลอรี่ต่ำ	18
2.6.1 การเลือกใช้สารข้นเหนียวที่เหมาะสมในการทำให้เกิดเจลทดแทนเปกติน	18
2.6.2 การใช้สารให้ความหวานที่มีแคลลอรี่ต่ำแทนความหวานจากน้ำตาล	28
2.6.3 อาหารลดน้ำหนัก	39
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการทดลอง	42
3.1 วัสดุอุปกรณ์	42
3.1.1 วัสดุดิบ	42
3.1.2 สารเคมี	42
3.1.3 อุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิตแยม	43
3.1.4 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์คุณภาพ	43
3.1.5 เครื่องประมวลผลข้อมูลทางสถิติ	45
3.2 วิธีทดลอง	45
3.2.1 การทำเจลชนิดมาตรฐานจากเปกตินชนิด 150 เกรด	45
3.2.2 ศึกษาการเกิดเจลโดยใช้สารข้นเหนียว (Thickeners) ชนิดต่าง ๆ	46
3.3 การทดลองทำแยมสับปะรด	51
3.4 ศึกษาการใช้สารให้ความหวานทดแทนน้ำตาลในแยมปกติ	52
3.5 การวิเคราะห์ผลและตรวจสอบแยมสับปะรดแคลลอรี่ต่ำ	53
3.6 ศึกษาอายุการเก็บของแยมแคลลอรี่ต่ำ	53

	หน้า
3.6.1 การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ	54
3.6.2 การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี	54
3.6.3 การวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์	54
3.6.4 การวิเคราะห์คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส	54
3.7 การประเมินผลทางประสาทสัมผัสระหว่างแอมลับประรดแคลอรี่ต่ำเปรียบเทียบกับ แอมพลัมแคลอรี่ต่ำ	55
3.8 ศึกษาเปรียบเทียบระหว่างแอมลับประรดแคลอรี่ต่ำที่ใช้สารให้ความหวานผสมกัน ระหว่างแอสพาร์เทมและซอร์บิทอลกับแอมลับประรดแคลอรี่ต่ำที่ใช้แอสพาร์เทม เพียงอย่างเดียว	55
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์	56
4.1 ผลการทดลองทำเจลมาตรฐานจากเปกตินชนิด 150 เกรอด	56
4.2 ผลการศึกษาการเกิดเจลโดยใช้สารข้นเหนียว (Thickeners) ชนิดต่าง ๆ	57
4.2.1 ผลการศึกษาการเกิดเจลของเปกตินเมธิลเฮกซิลต่ำ	57
4.2.2 ผลการศึกษาการเกิดเจลโดยใช้สารข้นเหนียวคาร์ราจีแนน	65
4.3 ผลการทดลองทำแอมลับประรด	73
4.4 ผลการศึกษาการใช้สารให้ความหวานทดแทนน้ำตาลในแอมลับประรด	76
4.5 สูตรและกระบวนการผลิตที่เหมาะสมสำหรับผลิตภัณฑ์แอมลับประรดแคลอรี่ต่ำ	84
4.5.1 สูตรการผลิตผลิตภัณฑ์แอมลับประรดแคลอรี่ต่ำ	84
4.5.2 ขั้นตอนการผลิตแอมลับประรดแคลอรี่ต่ำ	84
4.5.3 ผลการวิเคราะห์คุณภาพของแอมลับประรดแคลอรี่ต่ำที่ผลิตโดยสูตรและ กระบวนการผลิตที่เหมาะสม	85
4.6 ผลการศึกษาคุณภาพของแอมลับประรดแคลอรี่ต่ำระหว่างการเก็บรักษา	88
4.6.1 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ	88
4.6.2 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี	95
4.6.3 ผลการประเมินคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส	101
4.6.4 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์	115

	หน้า
4.7 การประเมินผลทางประสาทสัมผัสระหว่างแยมสับปรดเคลอรีต่ำเปรียบเทียบกับแยมพลัมเคลอรีต่ำ	116
4.8 ศึกษาเปรียบเทียบระหว่างแยมสับปรดเคลอรีต่ำที่ใช้สารให้ความหวานผสมกันระหว่างแอสพาร์เทมและซอร์บิทอลกับแยมสับปรดเคลอรีต่ำที่ใช้แอสพาร์เทมเพียงอย่างเดียว	118
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	
5.1 สรุปผลการทดลอง	121
5.2 ข้อเสนอแนะ	125
เอกสารอ้างอิง	126
ภาคผนวก	131
ภาคผนวก ก. รูปภาพประกอบการทำแยมสับปรดเคลอรีต่ำ	132
ภาคผนวก ข. แบบสอบถาม	139
ภาคผนวก ค. วิธีวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ เคมี และจุลชีววิทยา	147
ภาคผนวก ง. วิธีวิเคราะห์เปกติน	158
ภาคผนวก จ. วิธีวิเคราะห์หาแอสพาร์เทมและซอร์บิทอลด้วยวิธี LC	161
ภาคผนวก ฉ. วิธีวิเคราะห์หาพลังงานของแยมสับปรดเคลอรีต่ำ	165
ประวัติการศึกษา	167

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
3.1	47
3.2	52
4.1	56
4.2	58
4.3	59
4.4	60
4.5	61
4.6	66
4.7	67
4.8	68
4.9	69
4.10	73
4.11	74
4.12	76
4.13	77
4.14	85
4.15	86

ตารางที่	หน้า
4.16 ผลการวิเคราะห์ค่าสีของแอมัลป์ประรดแคลอรีต่ำระหว่างการเก็บรักษา ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส	90
4.17 ผลการวิเคราะห์ค่าสีของแอมัลป์ประรดแคลอรีต่ำระหว่างการเก็บรักษา ที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส	91
4.18 ผลการวิเคราะห์ค่าแรงทะลุนของแอมัลป์ประรดแคลอรีต่ำระหว่างการเก็บรักษา ที่อุณหภูมิ 5 และ 35 องศาเซลเซียส	94
4.19 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีของแอมัลป์ประรดแคลอรีต่ำระหว่างการเก็บรักษา ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส	96
4.20 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีของแอมัลป์ประรดแคลอรีต่ำระหว่างการเก็บรักษา ที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส	97
4.21 ผลการประเมินคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของแอมัลป์ประรดแคลอรีต่ำ ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส	101
4.22 ผลการประเมินคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของแอมัลป์ประรดแคลอรีต่ำ ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส	102
4.23 ค่าเฉลี่ยของการประเมินผลทางด้านประสาทสัมผัสของแอมัลป์ประรดแคลอรีต่ำ กับแอมพลัมแคลอรีต่ำ	117
4.24 ค่าเฉลี่ยของการประเมินผลทางด้านประสาทสัมผัสเปรียบเทียบระหว่างแอมัลป์ประรด แคลอรีต่ำที่ใช้สารให้ความหวานผสมกันระหว่างแอสพาร์เทมและซอร์บิทอลกับ แอมัลป์ประรดแคลอรีต่ำที่ใช้แอสพาร์เทมเพียงอย่างเดียว	120
ค-1 Invert Sugar Table for 10 ml. Fehling's Solution	153
ค-2 ตารางเอ็มพีเอ็นสำหรับ 3 หลอด	157
จ-1 ค่าการวิเคราะห์ซอร์บิทอล	164

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า	
2.1	กระบวนการผลิตแยมโดยการให้ความร้อนภายใต้สภาวะบรรยากาศ	7
2.2	กระบวนการผลิตแยมโดยการให้ความร้อนภายใต้สภาวะสุญญากาศ	7
2.3	การเกิดเอสเทอร์ของหมู่เมธิลบนโซ่ของกรดกาแลกทูโรนิก	9
2.4	แสดงหมู่ฟังก์ชันในเปกตินเมธีลออกซิลต่ำ (a) carboxyl (b) ester (c) amide	11
2.5	แสดงโครงสร้างและการเชื่อมเข้าด้วยกันระหว่างโมเลกุลเปกติน	14
2.6	โครงสร้างการเกิดเจลของเปกตินเมธีลออกซิลต่ำ	19
2.7	กลไกการเกิดเจลของเปกตินเมธีลออกซิลต่ำด้วยแคลเซียมไอออน	20
2.8	ความคงตัวของสารละลายเปกตินเมธีลออกซิลต่ำและเปกตินเมธีลออกซิลสูง เมื่อถูกต้มในสภาวะที่มีค่าความเป็นกรด-ด่างต่างกัน	21
2.9	กลไกการเกิดเจลของคาร์ราจีแนน	23
2.10	กลไกการเกิดเจลของคาร์ราจีแนนเมื่อมีการเติมโลหะไอออนลงไปด้วย	24
2.11	กลไกการเกิดเจลของอัลจิเนท	25
2.12	โครงสร้างเจลของอัลจิเนท	25
2.13	โครงสร้างบางส่วนของกลูโคแมนแนนในแป้งบุก	26
2.14	โครงสร้างทางเคมีของแอสพาร์เทม	32
2.15	กลไกการเปลี่ยนแปลงของแอสพาร์เทมเมื่ออยู่ในสภาวะที่ไม่เหมาะสม	33
2.16	ความคงตัวของสารละลายแอสพาร์เทมที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส	34
2.17	ความคงตัวของสารละลายแอสพาร์เทมที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส	34
2.18	ครึ่งชีวิตของสารละลายแอสพาร์เทมที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ในสภาวะต่าง ๆ	35
4.1	แผนภาพเค้าโครงในการวิเคราะห์ทางประสาทสัมผัสระหว่างแยมสับปรอดแคลอรีต่ำ กับแยมสับปรอดในอุดมคติ	75
4.2	การกระจายของแยมสับปรอดแคลอรีต่ำที่ใช้สารให้ความหวานแอสพาร์เทมและซอร์บิทอล	78
4.3	ความแข็งแรงของแยมสับปรอดแคลอรีต่ำที่ใช้สารให้ความหวานแอสพาร์เทมและซอร์บิทอล	78
4.4	ความเหนียวของแยมสับปรอดแคลอรีต่ำที่ใช้สารให้ความหวานแอสพาร์เทมและซอร์บิทอล	79

ภาพที่	หน้า
4.5 ความหวานของแยมลึบประรดเคลอรีต่ำที่ใช้สารให้ความหวานแอสพาร์เทมและซอร์บิทอล	80
4.6 ความเปรี้ยวของแยมลึบประรดเคลอรีต่ำที่ใช้สารให้ความหวานแอสพาร์เทมและซอร์บิทอล	80
4.7 ความเย็นซ่าของแยมลึบประรดเคลอรีต่ำที่ใช้สารให้ความหวานแอสพาร์เทมและซอร์บิทอล	81
4.8 ความขมของแยมลึบประรดเคลอรีต่ำที่ใช้สารให้ความหวานแอสพาร์เทมและซอร์บิทอล	81
4.9 ความหวานติดลิ้นของแยมลึบประรดเคลอรีต่ำที่ใช้สารให้ความหวานแอสพาร์เทมและซอร์บิทอล	82
4.10 ค่าแรงทะลุดของแยมลึบประรดเคลอรีต่ำที่ใช้สารให้ความหวานแอสพาร์เทมและซอร์บิทอล	83
4.11 แผนภาพเค้าโครงในการวิเคราะห์ด้านประสาทสัมผัสของแยมลึบประรดเคลอรีต่ำ	87
4.12 ผลการวิเคราะห์ค่าสี L^* ของแยมลึบประรดเคลอรีต่ำระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 และ 35 องศาเซลเซียส	92
4.13 ผลการวิเคราะห์ค่าสี a^* ของแยมลึบประรดเคลอรีต่ำระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 และ 35 องศาเซลเซียส	92
4.14 ผลการวิเคราะห์ค่าสี b^* ของแยมลึบประรดเคลอรีต่ำระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 และ 35 องศาเซลเซียส	93
4.15 ผลการวิเคราะห์ค่าแรงทะลุดของแยมลึบประรดเคลอรีต่ำระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 และ 35 องศาเซลเซียส	95
4.16 ผลการวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่าง ของแยมลึบประรดเคลอรีต่ำระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 และ 35 องศาเซลเซียส	97
4.17 ผลการวิเคราะห์ปริมาณกรดทั้งหมดของแยมลึบประรดเคลอรีต่ำระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 และ 35 องศาเซลเซียส	98
4.18 ผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ก่อนอินเวอร์ทของแยมลึบประรดเคลอรีต่ำระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 และ 35 องศาเซลเซียส	100
4.19 ผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดของแยมลึบประรดเคลอรีต่ำระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 และ 35 องศาเซลเซียส	100
4.20 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัสจากลักษณะสีของแยมลึบประรดเคลอรีต่ำระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 และ 35 องศาเซลเซียส	103

ภาพที่	หน้า
4.21 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัสจากลักษณะการกระจายตัวของสับปะรด ในแยมสับปะรดแคลอรีต่ำระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 และ 35 องศาเซลเซียส	104
4.22 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัสจากลักษณะการกระจายตัวของแยมสับปะรด แคลอรีต่ำระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 และ 35 องศาเซลเซียส	105
4.23 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัสจากลักษณะความแข็งแรงของแยมสับปะรด แคลอรีต่ำระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 และ 35 องศาเซลเซียส	106
4.24 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัสจากลักษณะความหนืดของแยมสับปะรด แคลอรีต่ำระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 และ 35 องศาเซลเซียส	107
4.25 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัสจากลักษณะกลิ่นสับปะรดของแยมสับปะรด แคลอรีต่ำระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 และ 35 องศาเซลเซียส	108
4.26 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัสจากลักษณะความหวานของแยมสับปะรด แคลอรีต่ำระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 และ 35 องศาเซลเซียส	109
4.27 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัสจากลักษณะความขมของแยมสับปะรด แคลอรีต่ำระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 และ 35 องศาเซลเซียส	110
4.28 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัสจากลักษณะความเป็นชาของแยมสับปะรด แคลอรีต่ำระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 และ 35 องศาเซลเซียส	111
4.29 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัสจากลักษณะความหวานติดลิ้นของแยม สับปะรดแคลอรีต่ำระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 และ 35 องศาเซลเซียส	112
4.30 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัสจากลักษณะความเปรี้ยวของแยมสับปะรด แคลอรีต่ำระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 และ 35 องศาเซลเซียส	113
4.31 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัสจากลักษณะการยอมรับโดยรวมของแยม สับปะรดแคลอรีต่ำระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 และ 35 องศาเซลเซียส	114
ก-1 เปรียบเทียบเจลมาตรฐานกับเจลที่ทำจากเปกตินเมธีอกซิลต่ำและคาร์ราจีแนน	133
ก-2 เครื่องวัดเนื้อสัมผัส (Instron series 5500)	133
ก-3 การวัดเนื้อสัมผัสของเจลด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัส (Instron series 5500)	134

ภาพที่	หน้า	
ก-4	แยมลับประรดที่ทำจากเปลือกส้มเขียวหวานและคาราจีแนน	134
ก-5	ผลิตภัณฑ์แยมลับประรดเคลือบน้ำตาลเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 1 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิ 5 และ 35 องศาเซลเซียส	135
ก-6	ผลิตภัณฑ์แยมลับประรดเคลือบน้ำตาลเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 2 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิ 5 และ 35 องศาเซลเซียส	135
ก-7	ผลิตภัณฑ์แยมลับประรดเคลือบน้ำตาลเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 3 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิ 5 และ 35 องศาเซลเซียส	136
ก-8	ผลิตภัณฑ์แยมลับประรดเคลือบน้ำตาลเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 4 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิ 5 และ 35 องศาเซลเซียส	136
ก-9	ผลิตภัณฑ์แยมลับประรดเคลือบน้ำตาลเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 6 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิ 5 และ 35 องศาเซลเซียส	137
ก-10	ผลิตภัณฑ์แยมลับประรดเคลือบน้ำตาลเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 8 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิ 5 และ 35 องศาเซลเซียส	137
ก-11	ผลิตภัณฑ์แยมลับประรดเคลือบน้ำตาลเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 10 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิ 5 และ 35 องศาเซลเซียส	138
ก-12	ผลิตภัณฑ์แยมลับประรดเคลือบน้ำตาลเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 12 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิ 5 และ 35 องศาเซลเซียส	138