

สารบัญ

		หน้า
กิตติกรรมประกาศ		ก
บทคัดย่อภาษาไทย		ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ		ฉ
สารบัญตาราง		ญ
สารบัญภาพ		ฎ
บทที่ 1	บทนำ	1
1.1	ที่มาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2	วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
1.3	ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับการวิจัย	3
1.4	ขอบเขตการวิจัย	3
บทที่ 2	เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
2.1	สตรอเบอร์รี่	4
2.2	การเปลี่ยนแปลงระหว่างการสุกของผลสตรอเบอร์รี่	9
2.3	การเก็บรักษาผลสตรอเบอร์รี่สดด้วยวิธีการแช่เยือกแข็ง	13
2.4	การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของเนื้อเยื่อผลไม้ระหว่างการแช่เยือกแข็ง	14
2.5	การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลไม้แช่เยือกแข็งระหว่างการเก็บรักษาและหลอมละลาย	15
2.6	การลดปริมาณน้ำโดยวิธีออสโมซิส (Osmotic dehydration)	21
2.7	การแปรรูปสตรอเบอร์รี่เป็นสตรอเบอร์รี่ในน้ำเชื่อมเข้มข้น	25
2.8	การปรับปรุงคุณภาพและเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์อาหารแปรรูปจากผลไม้	26
บทที่ 3	วัตถุดิบ เครื่องมือ สารเคมี และวิธีการทดลอง	41
3.1	วัตถุดิบ	41
3.2	เครื่องมือและอุปกรณ์	42
3.3	สารเคมีและวิธีเตรียมสารเคมี	44

3.4	วิธีการทดลอง	48
ตอนที่ 1	การศึกษาสมบัติทางกายภาพและเคมีของผลสตรอเบอรี่สดและผลสตรอเบอรี่แช่เยือกแข็งภายหลังการหลอมละลาย	48
ตอนที่ 2	การศึกษาระดับความเข้มข้นของสารละลายกรดเพอร์ออกซิแอซิดิก ระยะเวลาในการล้างผลสตรอเบอรี่แช่เยือกแข็งในสารละลายกรดเพอร์ออกซิแอซิดิก และอัตราส่วนระหว่างผลสตรอเบอรี่ต่อสารละลายกรดเพอร์ออกซิแอซิดิกที่เหมาะสมในการลดปริมาณจุลินทรีย์เริ่มต้นของผลสตรอเบอรี่	49
ตอนที่ 3	การศึกษาการเปลี่ยนแปลงของผลสตรอเบอรี่ภายหลังการหลอมละลาย	49
ตอนที่ 4	การศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์สตรอเบอรี่ในน้ำเชื่อมเข้มข้นที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 16 สัปดาห์	51
ตอนที่ 5	การศึกษาการใช้สารละลายเกลือแคลเซียมเพื่อปรับปรุงความแน่นเนื้อของผลสตรอเบอรี่สดก่อนการแช่เยือกแข็ง	54
3.5	การวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ	55
3.6	การวิเคราะห์สมบัติทางเคมี	59
3.7	การวิเคราะห์หาปริมาณจุลินทรีย์	63
3.8	การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส	66
บทที่ 4	ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง	67
4.1	ผลการศึกษาสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของผลสตรอเบอรี่สดและผลสตรอเบอรี่แช่เยือกแข็งภายหลังการหลอมละลาย	67
4.2	ผลการศึกษาระดับความเข้มข้นของสารละลายกรดเพอร์ออกซิแอซิดิก ระยะเวลาในการล้างผลสตรอเบอรี่แช่เยือกแข็งในสารละลายกรดเพอร์ออกซิแอซิดิก และอัตราส่วนระหว่างผลสตรอเบอรี่ต่อสารละลายกรดเพอร์ออกซิแอซิดิกที่เหมาะสมในการลดปริมาณจุลินทรีย์เริ่มต้นของผลสตรอเบอรี่	71
4.3	ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของผลสตรอเบอรี่ภายหลังการหลอมละลาย	80

4.4	ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์สตรอเบอรี่ใน น้ำเชื่อมเข้มข้นที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 16 สัปดาห์	98
4.5	ผลการศึกษาการใช้สารละลายเกลือแคลเซียมเพื่อปรับปรุงความ แน่นเนื้อของผลสตรอเบอรี่สดก่อนการแช่เยือกแข็ง	117
บทที่ 5	สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	132
5.1	สรุปผลการทดลอง	132
5.2	ข้อเสนอแนะ	133
เอกสารอ้างอิง		134
ภาคผนวก		145
	ภาคผนวก ก การตรวจนับจำนวนจุลินทรีย์และการรายงานผล	146
	ภาคผนวก ข แบบประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส	149
	ภาคผนวก ค แผนภูมิขั้นตอนการแปรรูปผลิตภัณฑ์สตรอเบอรี่ในน้ำเชื่อม เข้มข้น	152
ประวัติผู้เขียน		155

สารบัญตาราง

ตาราง		หน้า
2.1	คุณค่าทางโภชนาการของผลสตรอเบอรี่สดในส่วนที่บริโภคได้ 100 กรัม	5
2.2	ปริมาณกรดแอมิโนของผลสตรอเบอรี่สดในส่วนที่บริโภคได้ 100 กรัม	6
2.3	วิตามินและแร่ธาตุของผลสตรอเบอรี่สดในส่วนที่บริโภคได้ 100 กรัม	8
2.4	การปรับปรุงคุณภาพของผลไม้ชนิดต่างๆโดยแคลเซียมไอออน	31
3.1	การตั้งค่าเครื่อง Texture analyzer เพื่อวัดลักษณะเนื้อสัมผัสของผลสตรอเบอรี่	58
4.1	สมบัติทางกายภาพและเคมีของผลสตรอเบอรี่สดและแช่เยือกแข็งสายพันธุ์ต่างๆ	68
4.2	ปริมาณแบคทีเรีย ยีสต์และราภายหลังการจุ่มผลสตรอเบอรี่สายพันธุ์ 329 ในสารละลายกรดเพอร์ออกซิแอซิดิกเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม	77
4.3	ปริมาณแบคทีเรีย ยีสต์และราภายหลังการจุ่มผลสตรอเบอรี่สายพันธุ์ American13 ในสารละลายกรดเพอร์ออกซิแอซิดิกเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม	78
4.4	ปริมาณแบคทีเรีย ยีสต์และรา ภายหลังการจุ่มผลสตรอเบอรี่สายพันธุ์ Allstar ในสารละลายกรดเพอร์ออกซิแอซิดิกเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม	79
4.5	ผลการประเมินความแตกต่างโดยวิธีการเปรียบเทียบตัวอย่างคู่อย่างง่ายด้านเนื้อสัมผัสและรสชาติของผลสตรอเบอรี่ภายหลังการหลอมละลาย	98

สารบัญภาพ

ภาพ	หน้า
2.1 รูปร่างของผลสตรอเบอรี่	4
2.2 โครงสร้างเพกทิน	10
2.3 การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของเพกทินที่เกิดจากเอนไซม์และไม่ได้เกิดจากเอนไซม์	12
2.4 ลักษณะเนื้อเยื่อของผลสตรอเบอรี่ที่ถ่ายโดยกล้องอิเล็กตรอนแบบส่องกราด	16
2.5 ลักษณะเซลล์ของผลไม้	24
2.6 กระบวนการผลิตสตรอเบอรี่ในน้ำเชื่อมเข้มข้น	25
2.7 โครงสร้าง egg box model	27
2.8 ปฏิกริยาการเกิดกรดเพอร์ออกซีแอซิดิก	40
3.1 ลักษณะผลสตรอเบอรี่สดสายพันธุ์ 329 และ A80	41
3.2 ลักษณะผลสตรอเบอรี่แช่เยือกแข็งสายพันธุ์ 329, American13 และ Allstar	41
3.3 ขั้นตอนการทดลองผลของสารละลายกรดเพอร์ออกซีแอซิดิกต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์สตรอเบอรี่ในน้ำเชื่อมเข้มข้นที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 16 สัปดาห์	52
3.4 ขั้นตอนการทดลองผลของแคลเซียมคลอไรด์ต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์สตรอเบอรี่ในน้ำเชื่อมเข้มข้นที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 16 สัปดาห์	53
3.5 การวัดลักษณะเนื้อสัมผัสผลสตรอเบอรี่สดและผลสตรอเบอรี่แช่เยือกแข็งภายหลังการหลอมละลายและการวัดลักษณะเนื้อสัมผัสผลสตรอเบอรี่ในน้ำเชื่อมเข้มข้น	58
4.1 ลักษณะภายนอกและภายในของผลสตรอเบอรี่แช่เยือกแข็งภายหลังการหลอมละลาย	69
4.2 ปริมาณแบคทีเรีย และ ยีสต์และราเริ่มต้นในผลสตรอเบอรี่แช่เยือกแข็งสายพันธุ์ 329, American13 และ Allstar	72
4.3 ปริมาณแบคทีเรีย ยีสต์และราในผลสตรอเบอรี่แช่เยือกแข็งภายหลังการจุ่มในสารละลายกรดเพอร์ออกซีแอซิดิกเป็นเวลา 3 และ 5 นาที	74

- 4.4 ปริมาณแบคทีเรีย ยีสต์และราในผลสตรอเบอรี่แช่เยือกแข็งภายหลังการจุ่มในสารละลายกรดเพอร์ออกซีแอซิดิกความเข้มข้น 50, 75 และ 100 มิลลิกรัมต่อลิตร 75
- 4.5 ปริมาณแบคทีเรีย ยีสต์และราในผลสตรอเบอรี่แช่เยือกแข็งภายหลังการจุ่มในสารละลายกรดเพอร์ออกซีแอซิดิกในอัตราส่วนผลสตรอเบอรี่ต่อสารละลายกรดเพอร์ออกซีแอซิดิกเท่ากับ 1:1 1:2 และ 1:3 76
- 4.6 ความแน่นเนื้อของผลสตรอเบอรี่ที่ผันแปรตามระยะเวลาในการแช่ผลสตรอเบอรี่แช่เยือกแข็งในสารละลายน้ำตาลซูโครส และความเข้มข้นของแคลเซียมคลอไรด์ที่ผสมในสารละลายน้ำตาลซูโครส (วัดโดยห้วเจาะทรงกระบอกเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 มิลลิเมตร ความเร็วในการเจาะทะลุ 1 มิลลิเมตรต่อวินาที ระยะทาง 5 มิลลิเมตร) 84
- 4.7 ปริมาณของเหลวที่ไหลออกมาของผลสตรอเบอรี่ที่ผันแปรตามระยะเวลาในการแช่ผลสตรอเบอรี่แช่เยือกแข็งในสารละลายน้ำตาลซูโครสและความเข้มข้นของแคลเซียมคลอไรด์ที่ผสมในสารละลายน้ำตาลซูโครส 85
- 4.8 ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในน้ำของผลสตรอเบอรี่ที่ผันแปรตามระยะเวลาในการแช่ผลสตรอเบอรี่แช่เยือกแข็งในสารละลายน้ำตาลซูโครสและความเข้มข้นของแคลเซียมคลอไรด์ที่ผสมในสารละลายน้ำตาลซูโครส 86
- 4.9 ค่าพีเอชของผลสตรอเบอรี่ที่ผันแปรตามระยะเวลาในการแช่ผลสตรอเบอรี่แช่เยือกแข็งในสารละลายน้ำตาลซูโครสและความเข้มข้นของแคลเซียมคลอไรด์ที่ผสมในสารละลายน้ำตาลซูโครส 87
- 4.10 ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดซิตริกของผลสตรอเบอรี่ที่ผันแปรตามระยะเวลาในการแช่ผลสตรอเบอรี่แช่เยือกแข็งในสารละลายน้ำตาลซูโครสและความเข้มข้นของแคลเซียมคลอไรด์ที่ผสมในสารละลายน้ำตาลซูโครส 88
- 4.11 ค่าสีของผลสตรอเบอรี่สายพันธุ์ 329 ที่ผันแปรตามระยะเวลาในการแช่ผลสตรอเบอรี่แช่เยือกแข็งในสารละลายน้ำตาลซูโครสและความเข้มข้นของแคลเซียมคลอไรด์ที่ผสมในสารละลายน้ำตาลซูโครส 89
- 4.12 ค่าสีของผลสตรอเบอรี่สายพันธุ์ American13 ที่ผันแปรตามระยะเวลาในการแช่ผลสตรอเบอรี่แช่เยือกแข็งในสารละลายน้ำตาลซูโครสและความเข้มข้นของแคลเซียมคลอไรด์ที่ผสมในสารละลายน้ำตาลซูโครส 90

4.13	ค่าสีของผลสตรอเบอรี่สายพันธุ์ Allstar ที่ผันแปรตามระยะเวลาในการแช่ผลสตรอเบอรี่แช่เยือกแข็งในสารละลายน้ำตาลซูโครสและความเข้มข้นของแคลเซียมคลอไรด์ที่ผสมในสารละลายน้ำตาลซูโครส	91
4.14	ปริมาณแอนโทไซยานินของผลสตรอเบอรี่ที่ผันแปรตามระยะเวลาในการแช่ผลสตรอเบอรี่แช่เยือกแข็งในสารละลายน้ำตาลซูโครสและความเข้มข้นของแคลเซียมคลอไรด์ที่ผสมในสารละลายน้ำตาลซูโครส	92
4.15	ค่าพีเอชของผลสตรอเบอรี่สายพันธุ์ 329 และ American13 ที่ผันแปรตามระยะเวลาในการแช่ผลสตรอเบอรี่แช่เยือกแข็งในสารละลายน้ำตาลซูโครส	94
4.16	ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดซิตริกของผลสตรอเบอรี่สายพันธุ์ 329 และ American13 ที่ผันแปรตามระยะเวลาในการแช่ผลสตรอเบอรี่แช่เยือกแข็งในสารละลายน้ำตาลซูโครส	94
4.17	ค่าสีของผลสตรอเบอรี่สายพันธุ์ 329 และ American13 ที่ผันแปรตามระยะเวลาในการแช่ผลสตรอเบอรี่แช่เยือกแข็งในสารละลายน้ำตาลซูโครส	95
4.18	ปริมาณแอนโทไซยานินของผลสตรอเบอรี่สายพันธุ์ 329 และ American13 ที่ผันแปรตามระยะเวลาในการแช่ผลสตรอเบอรี่แช่เยือกแข็งในสารละลายน้ำตาลซูโครส	96
4.19	ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในน้ำของผลสตรอเบอรี่สายพันธุ์ 329 และ American13 ที่ผันแปรตามระยะเวลาในการแช่ผลสตรอเบอรี่แช่เยือกแข็งในสารละลายน้ำตาลซูโครส	96
4.20	ปริมาณแบคทีเรียในผลสตรอเบอรี่ในน้ำเชื่อมเข้มข้นภายหลังการเก็บรักษาเป็นเวลา 16 สัปดาห์	100
4.21	ความแน่นเนื้อของผลสตรอเบอรี่ในน้ำเชื่อมเข้มข้นภายหลังการเก็บรักษาเป็นเวลา 16 สัปดาห์ (วัดโดยใช้หัวกดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 75 มิลลิเมตร ที่ระดับความเร็ว 1 มิลลิเมตรต่อวินาที ค่าแรงเครียด เท่ากับ 90 เปอร์เซ็นต์)	103
4.22	ค่าพีเอชของผลสตรอเบอรี่ในน้ำเชื่อมเข้มข้นภายหลังการเก็บรักษาเป็นเวลา 16 สัปดาห์	104
4.23	ปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ของผลสตรอเบอรี่ในน้ำเชื่อมเข้มข้นภายหลังการเก็บรักษาเป็นเวลา 16 สัปดาห์	105
4.24	ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในน้ำของผลสตรอเบอรี่ในน้ำเชื่อมเข้มข้นภายหลังการเก็บรักษาเป็นเวลา 16 สัปดาห์	106

4.25	ค่าสี lightness ของผลสตรอบอรี่ในน้ำเชื่อมเข้มข้นภายหลังการเก็บรักษาเป็นเวลา 16 สัปดาห์	107
4.26	ค่าสี choma ของผลสตรอบอรี่ในน้ำเชื่อมเข้มข้นภายหลังการเก็บรักษาเป็นเวลา 16 สัปดาห์	108
4.27	ค่าสี hue angle ของผลสตรอบอรี่ในน้ำเชื่อมเข้มข้นภายหลังการเก็บรักษาเป็นเวลา 16 สัปดาห์	109
4.28	คะแนนความชอบโดยรวมของผลสตรอบอรี่ในน้ำเชื่อมเข้มข้นภายหลังการเก็บรักษาเป็นเวลา 16 สัปดาห์	112
4.29	คะแนนความชอบด้านสีของผลสตรอบอรี่ในน้ำเชื่อมเข้มข้นภายหลังการเก็บรักษาเป็นเวลา 16 สัปดาห์	113
4.30	คะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏของผลสตรอบอรี่ในน้ำเชื่อมเข้มข้นภายหลังการเก็บรักษาเป็นเวลา 16 สัปดาห์	114
4.31	คะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสของผลสตรอบอรี่ในน้ำเชื่อมเข้มข้นภายหลังการเก็บรักษาเป็นเวลา 16 สัปดาห์	115
4.32	คะแนนความชอบด้านกลิ่นของผลสตรอบอรี่ในน้ำเชื่อมเข้มข้นภายหลังการเก็บรักษาเป็นเวลา 16 สัปดาห์	116
4.33	ความแน่นเนื้อของผลสตรอบอรี่สดสายพันธุ์ 329 ที่จุ่มในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ แคลเซียมโพรฟิไอเนต แคลเซียมกลูโคเนต และแคลเซียมเล็กเทด	118
4.34	ความแน่นเนื้อของผลสตรอบอรี่สดสายพันธุ์ A80 ที่จุ่มในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์	118
4.35	ความแน่นเนื้อของผลสตรอบอรี่สายพันธุ์ 329 ภายหลังการหลอมละลายในระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 12 สัปดาห์	122
4.36	ความแน่นเนื้อของผลสตรอบอรี่สายพันธุ์ A80 ภายหลังการหลอมละลายในระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 12 สัปดาห์	123
4.37	ปริมาณของเหลวที่ไหลออกมาของผลสตรอบอรี่สายพันธุ์ 329 ภายหลังการหลอมละลายในระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 12 สัปดาห์	124
4.38	ปริมาณของเหลวที่ไหลออกมาของผลสตรอบอรี่สายพันธุ์ A80 ภายหลังการหลอมละลายในระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 12 สัปดาห์	125
4.39	ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในน้ำของผลสตรอบอรี่สายพันธุ์ 329 ภายหลังการหลอมละลายในระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 12 สัปดาห์	126

4.40	ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในน้ำของผลสตรอบอรี่สายพันธุ์ A80 ภายหลังการ หลอมละลายในระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 12 สัปดาห์	127
4.41	ค่าพีเอชของผลสตรอบอรี่สายพันธุ์ 329 ภายหลังการหลอมละลายในระหว่าง การเก็บรักษาเป็นเวลา 12 สัปดาห์	128
4.42	ค่าพีเอชของผลสตรอบอรี่สายพันธุ์ A80 ภายหลังการหลอมละลายในระหว่าง การเก็บรักษาเป็นเวลา 12 สัปดาห์	129
4.43	ปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ของผลสตรอบอรี่สายพันธุ์ 329 ภายหลังการ หลอมละลายในระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 12 สัปดาห์	130
4.44	ปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ของผลสตรอบอรี่สายพันธุ์ A80 ภายหลังการ หลอมละลายในระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 12 สัปดาห์	131