

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ค
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ฉ
สารบัญตาราง	ญ
สารบัญรูป	ฎ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากผลการวิจัย	3
1.4 ขอบเขตการวิจัย	3
บทที่ 2 เอกสารที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย	4
2.1 ลักษณะทั่วไปของมะม่วง	4
2.2 พันธุ์มะม่วง	4
2.3 มะม่วงพันธุ์โชคอนันต์	4
2.4 ส่วนประกอบทางเคมีที่สำคัญของผลมะม่วง	5
2.5 การแช่เยือกแข็งผลไม้	15
2.6 การเตรียมวัตถุดิบก่อนการแช่เยือกแข็ง	17
2.7 รูปแบบของการแช่เยือกแข็ง	18
2.8 ผลของกระบวนการแช่เยือกแข็งอาหาร	19
2.9 การเก็บรักษาผลิตภัณฑ์แช่เยือกแข็ง	21
2.10 ผลของการเก็บรักษาอาหารแช่เยือกแข็ง	21
2.11 การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและเคมีระหว่างการเก็บรักษาผลไม้แช่เยือกแข็ง	22
2.12 ปัญหาที่เกิดขึ้นระหว่างการเก็บรักษาผลไม้แช่เยือกแข็ง	25
2.13 วิธียับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์	27

	หน้า
บทที่ 3 วัตถุประสงค์ เครื่องมือ สารเคมี และวิธีการทดลอง	31
3.1 วัตถุประสงค์	31
3.2 เครื่องมือและสารเคมี	31
3.3 วิธีการวิจัย	39
3.4 วิธีการวิเคราะห์	44
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์	54
4.1 การศึกษาวิธีการยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์เปอร้ออกซิเดสในเนื้อมะม่วงสุก พันธุ์โชคอนันต์ก่อนนำไปแช่เยือกแข็ง	54
4.2 การศึกษาการเปลี่ยนแปลงกิจกรรมของเอนไซม์เปอร้ออกซิเดสและโพลีฟิ- นอลออกซิเดส สมบัติทางกายภาพ ทางเคมี และปริมาณจุลินทรีย์ระหว่าง การเก็บรักษาเนื้อมะม่วงสุกพันธุ์โชคอนันต์แช่เยือกแข็ง	57
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	92
5.1 สรุปผลการทดลอง	92
5.2 ข้อเสนอแนะ	93
เอกสารอ้างอิง	94
ภาคผนวก	101
ภาคผนวก ก กระบวนการแปรรูปเนื้อมะม่วงสุกพันธุ์โชคอนันต์แช่เยือกแข็ง	102
ภาคผนวก ข ตัวอย่างเนื้อมะม่วงสุกพันธุ์โชคอนันต์แช่เยือกแข็งเก็บรักษาที่ อุณหภูมิ-18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1, 3 และ 6 เดือน	105
ภาคผนวก ค วิธีการคำนวณหากิจกรรมของเอนไซม์ ปริมาณแคโรทีนอยด์ และสารประกอบฟีนอลทั้งหมด	108
ภาคผนวก ง รูปแสดงค่า L*, a*, b*, Chroma และ Hue angle	114
ภาคผนวก จ ตารางวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาล	116
ประวัติผู้เขียน	118

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ปริมาณสารประกอบฟีนอลในผลมะม่วงพันธุ์ต่างๆ	11
2.2 คุณค่าทางโภชนาการในเนื้อมะม่วงดิบส่วนที่บริโภคได้ปริมาณ 100 กรัม	13
2.3 ปริมาณแคโรทีนเทียบเป็นวิตามินเอ วิตามินบี และวิตามินซีในผลไม้บางชนิด	14
2.4 ปริมาณแคโรทีนอยด์ระหว่างการสุกของมะม่วงพันธุ์ทอมมีแอทกินส์	14
2.5 ปริมาณแคโรทีนอยด์และเบต้า-แคโรทีนในผลไม้ชนิดต่างๆ	15
4.1 กิจกรรมของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสที่เหลือในเนื้อมะม่วงสุกพันธุ์โชคอนันต์ ภายหลังจากแช่ในสารละลายกรดซัลฟิวริกความเข้มข้น 1.0% ที่มีแคลเซียมคลอไรด์ ความเข้มข้น 1.5, 2.0 หรือ 2.5% เป็นเวลา 2 นาที	56
4.2 กิจกรรมของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสระหว่างการเก็บรักษาเนื้อมะม่วงสุกพันธุ์โชคอนันต์แช่เยือกแข็งที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 เดือน	59
4.3 กิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสระหว่างการเก็บรักษาเนื้อมะม่วงสุกพันธุ์โชคอนันต์แช่เยือกแข็งที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 เดือน	61
4.4 ค่า L* ของเนื้อมะม่วงสุกพันธุ์โชคอนันต์แช่เยือกแข็งระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 เดือน	64
4.5 ค่า a* ของเนื้อมะม่วงสุกพันธุ์โชคอนันต์แช่เยือกแข็งระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 เดือน	65
4.6 ค่า b* ของเนื้อมะม่วงสุกพันธุ์โชคอนันต์แช่เยือกแข็งระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 เดือน	68
4.7 ค่า C* ของเนื้อมะม่วงสุกพันธุ์โชคอนันต์แช่เยือกแข็งระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 เดือน	69
4.8 ค่า H ^o ของเนื้อมะม่วงสุกพันธุ์โชคอนันต์แช่เยือกแข็งระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 เดือน	71
4.9 การเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชของเนื้อมะม่วงสุกพันธุ์โชคอนันต์แช่เยือกแข็งระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 เดือน	74

ตารางที่	หน้า
4.10 การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ของเนื้อมะม่วงสุกพันธุ์โชคอนันต์ แช่เยือกแข็งระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 เดือน	76
4.11 การเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของเนื้อมะม่วงสุกพันธุ์โชคอนันต์ แช่เยือกแข็งระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 เดือน	78
4.12 การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำตาลรีดิวซิงของเนื้อมะม่วงสุกพันธุ์โชคอนันต์แช่เยือกแข็ง ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 เดือน	80
4.13 การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำตาลทั้งหมดของเนื้อมะม่วงสุกพันธุ์โชคอนันต์แช่เยือกแข็ง ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 เดือน	82
4.14 การเปลี่ยนแปลงปริมาณแคโรทีนอยด์ของเนื้อมะม่วงสุกพันธุ์โชคอนันต์แช่เยือกแข็ง ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 เดือน	86
4.15 การเปลี่ยนแปลงปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดของเนื้อมะม่วงสุกพันธุ์โชคอนันต์ แช่เยือกแข็งระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิจของ -18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 เดือน	88
4.16 ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดของเนื้อมะม่วงสุกพันธุ์โชคอนันต์ภายหลังการแช่เยือกแข็ง และการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 เดือน	91
4.17 ปริมาณฮีสต์และราของเนื้อมะม่วงสุกพันธุ์โชคอนันต์ภายหลังการแช่เยือกแข็ง และการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 เดือน	91
ภาคผนวก จ.1 ตารางเปรียบเทียบปริมาณน้ำตาลที่ใช้ในการไทเทรตกับสารละลาย Fehling's 10 มิลลิลิตร	117

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 ปฏิบัติการสลายตัวของคลอโรฟิลล์แบบต่างๆ	8
2.2 โครงสร้างโมเลกุลของสารประกอบพีนอลชนิดต่างๆ	10
2.3 ขั้นตอนการสังเคราะห์สารประกอบพีนอลและปฏิบัติการเกิดสีน้ำตาล	11
2.4 ลักษณะของผลึกน้ำแข็งที่เกิดขึ้นเมื่ออัตราการแช่เยือกแข็งแตกต่างกัน	20
2.5 ปฏิบัติการออกซิไดซ์สารกัวอะคอลของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสในสภาพที่มีไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์	26
2.6 ปฏิบัติการเกิดสีน้ำตาลที่เร่งด้วยเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส	27
3.1 กระบวนการแปรรูปเนื้อมะม่วงพันธุ์โชคอนันต์แช่เยือกแข็งแบบ cryogenic freezing ตามกระบวนการผลิตของบริษัท เชียงใหม่ โพรเซสฟู๊ดส์ จำกัด (มหาชน)	43
4.1 กิจกรรมของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสที่เหลือในเนื้อมะม่วงสุกพันธุ์โชคอนันต์ ภายหลังจากแช่ในสารละลายกรดซัลฟิวริกความเข้มข้น 1.0% ที่มีแคลเซียมคลอไรด์ ความเข้มข้น 1.5, 2.0 หรือ 2.5% เป็นเวลา 2 นาที โดย error bars แสดงค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากผลการทดลอง 3 ซ้ำ	56
4.2 กิจกรรมของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสระหว่างการเก็บรักษาเนื้อมะม่วงสุกพันธุ์โชคอนันต์แช่เยือกแข็งที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 เดือน โดย error bars แสดงค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากผลการทดลอง 3 ซ้ำ	62
4.3 กิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสระหว่างการเก็บรักษาเนื้อมะม่วงสุกพันธุ์โชคอนันต์แช่เยือกแข็งที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 เดือน โดย error bars แสดงค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากผลการทดลอง 3 ซ้ำ	62
4.4 ค่า L* ของเนื้อมะม่วงสุกพันธุ์โชคอนันต์แช่เยือกแข็งระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 เดือน โดย error bars แสดงค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากผลการทดลอง 3 ซ้ำ	66

รูปที่	หน้า
4.5 ค่า a^* ของเนื้อมะม่วงสุกพันธุ์โชคอนันต์แช่เยือกแข็งระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 เดือน โดย error bars แสดงค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากผลการทดลอง 3 ซ้ำ	66
4.6 ค่า b^* ของเนื้อมะม่วงสุกพันธุ์โชคอนันต์แช่เยือกแข็งระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 เดือน โดย error bars แสดงค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากผลการทดลอง 3 ซ้ำ	72
4.7 ค่า C^* ของเนื้อมะม่วงสุกพันธุ์โชคอนันต์แช่เยือกแข็งระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 เดือน โดย error bars แสดงค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากผลการทดลอง 3 ซ้ำ	72
4.8 ค่า H^o ของเนื้อมะม่วงสุกพันธุ์โชคอนันต์แช่เยือกแข็งระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 เดือน โดย error bars แสดงค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากผลการทดลอง 3 ซ้ำ	73
4.9 การเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชของเนื้อมะม่วงสุกพันธุ์โชคอนันต์แช่เยือกแข็งระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 เดือน โดย error bars แสดงค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากผลการทดลอง 3 ซ้ำ	77
4.10 การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ของเนื้อมะม่วงสุกพันธุ์โชคอนันต์แช่เยือกแข็งระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 เดือน โดย error bars แสดงค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากผลการทดลอง 3 ซ้ำ	77
4.11 การเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของเนื้อมะม่วงสุกพันธุ์โชคอนันต์แช่เยือกแข็งระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 เดือน โดย error bars แสดงค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากผลการทดลอง 3 ซ้ำ	81
4.12 การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำตาลรีดิวซิงของเนื้อมะม่วงสุกพันธุ์โชคอนันต์แช่เยือกแข็งระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 เดือน โดย error bars แสดงค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากผลการทดลอง 3 ซ้ำ	83
4.13 การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำตาลทั้งหมดของเนื้อมะม่วงสุกพันธุ์โชคอนันต์แช่เยือกแข็งระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 เดือน โดย error bars แสดงค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากผลการทดลอง 3 ซ้ำ	83

รูปที่	หน้า
4.14 การเปลี่ยนแปลงปริมาณแคโรทีนอยด์เนื้อมะม่วงสุกพันธุ์โชคอนันต์แช่เยือกแข็ง ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ -18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 เดือน โดย error bars แสดงค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากผลการทดลอง 3 ซ้ำ	89
4.15 การเปลี่ยนแปลงปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดของเนื้อมะม่วงสุกพันธุ์โชคอนันต์ แช่เยือกแข็งระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ -18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 เดือน โดย error bars แสดงค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากผลการทดลอง 3 ซ้ำ	89
ภาคผนวก ก.1 รูปผลมะม่วงสุกพันธุ์โชคอนันต์	103
ภาคผนวก ก.2 รูปขั้นตอนการแปรรูปเนื้อมะม่วงสุกพันธุ์โชคอนันต์แช่เยือกแข็ง	104
ภาคผนวก ข.1 รูปเนื้อมะม่วงสุกพันธุ์โชคอนันต์แช่เยือกแข็งภายหลังการเก็บรักษาที่ อุณหภูมิต่ำ -18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 เดือน	106
ภาคผนวก ข.2 รูปเนื้อมะม่วงสุกพันธุ์โชคอนันต์แช่เยือกแข็งภายหลังการเก็บรักษาที่ อุณหภูมิต่ำ -18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 เดือน	106
ภาคผนวก ข.3 รูปเนื้อมะม่วงสุกพันธุ์โชคอนันต์แช่เยือกแข็งภายหลังการเก็บรักษาที่ อุณหภูมิต่ำ -18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 เดือน	107
ภาคผนวก ค.1 กราฟการดูดกลืนแสงสูงสุดของสารเบต้า-แคโรทีนมาตรฐานใน สารละลายผสม 10% แอซีโตนในเฮกเซน	112
ภาคผนวก ค.2 กราฟเบต้า-แคโรทีนมาตรฐานในสารละลายผสมแอซีโตน 10% ในเฮกเซน	113
ภาคผนวก ค.3 กราฟสารประกอบฟีนอลมาตรฐาน	113
ภาคผนวก ง.1 รูปแสดงค่า L^* , a^* , b^* , Chroma และ Hue angle	115