

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ฉ
สารบัญ	ช
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญภาพ	๗
สารบัญแผนภูมิ	ค
สารบัญภาพภาคผนวก	ค
บทที่ 1	
บทนำ	
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของเรื่อง	1
1.2 วัตถุประสงค์ในการวิจัย	5
1.3 ประโยชน์ที่จะได้รับ	5
1.4 แผนการดำเนินงานวิจัย	6
1.5 ขอบเขตของงานวิจัย	8
1.6 ระยะเวลาที่ทำการทดลอง	8
1.7 สถานที่ทำการทดลองและเก็บข้อมูล	8
บทที่ 2	
เอกสารที่เกี่ยวข้องและงานวิจัย	
2.1 มะม่วง	9
2.2 มะม่วงพันธุ์มหาชนก	10
2.3 การแปรรูปและส่งออกมะม่วง	11
2.4 ลินจี้	11
2.5 ลินจี้พันธุ์สงฮวย	13
2.6 การแปรรูปและส่งออกผลลินจี้สดและผลิตภัณฑ์ลินจี้	13

2.7	การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ผลไม้สดหั่นชิ้น	14
2.8	การเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลในผล	17
2.9	เอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดส	18
2.10	เอนไซม์เพอร์ออกซิเดส	19
2.11	การยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์และปรับปรุงคุณภาพของผลไม้สดหั่นชิ้น	21
2.12	การเก็บรักษาผลไม้สดด้วยวิธีการแช่เยือกแข็ง	27
2.13	การเปลี่ยนแปลงระดับเซลล์ในระหว่างการแช่เยือกแข็งเนื้อผลไม้	28
2.14	วิธีการแช่เยือกแข็งเนื้อผลไม้	29
2.15	การแช่เยือกแข็งเนื้อผลไม้ด้วยวิธีโครโอจินิก	30
2.16	ไนโตรเจนเหลว	35
2.17	การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของเนื้อผลไม้ระหว่างการเก็บรักษาแบบแช่เยือกแข็ง	36
บทที่ 3	วัตถุดิบ เครื่องมือ สารเคมี และวิธีการทดลอง	
3.1	วัตถุดิบ	45
3.2	เครื่องมือ	45
3.3	สารเคมีและวิธีการเตรียมสารเคมี	47
3.4	วิธีการทดลอง	53
บทที่ 4	ผลการทดลองและวิจารณ์	
ตอนที่ 1.	การศึกษาวิธีการยับยั้งกิจกรรมเอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดส (PPO) และเอนไซม์เพอร์ออกซิเดส (POD) ของเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นพันธุ์ มหาชนกก่อนนำไปแช่เยือกแข็ง	75
ตอนที่ 2.	การศึกษาผลของระดับความเข้มข้นสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ ที่มีผลต่อกิจกรรมของเอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดสและเอนไซม์เพอร์ออกซิเดสและลักษณะเนื้อสัมผัสของเนื้อลิ้นจี่พันธุ์ สงฮวยก่อนนำไปแช่เยือกแข็ง	79
ตอนที่ 3.	ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ ทางเคมี ทางชีวเคมี และตรวจวัดปริมาณจุลินทรีย์ของเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นพันธุ์ มหาชนกและเนื้อลิ้นจี่พันธุ์สงฮวย เมื่อเริ่มต้นเก็บรักษาและระหว่างการเก็บรักษาแบบแช่เยือกแข็ง	82

บทที่ 5	สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	136
	5.1 สรุปผลการทดลอง	137
	5.2 ข้อเสนอแนะ	
เอกสารอ้างอิง		138
ภาคผนวก		
ภาคผนวก ก	รายละเอียดวิธีการคำนวณผลการวิเคราะห์ทางเคมีและชีวเคมี	154
ภาคผนวก ข	แบบประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส	162
ภาคผนวก ค	ลักษณะปรากฏของเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นแช่เยือกแข็งและเนื้อลิ้นจี่แช่เยือกแข็งในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -24 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 เดือน	165
ภาคผนวก ง	ลักษณะของผลึกน้ำแข็งที่เนื้อลิ้นจี่ภายใต้กล้องจุลทรรศน์สเตรียโอภายหลังการแช่เยือกแข็งโดยใช้ไนโตรเจนเหลว และเปรียบเทียบกับ การแช่เยือกแข็งเนื้อลิ้นจี่ด้วยตู้แช่เย็นอุณหภูมิ -24 องศาเซลเซียส	168
ประวัติผู้เขียน		171

สารบัญตาราง

ตาราง		หน้า
2.1	ส่วนประกอบทางเคมีของเนื้อมะม่วงพันธุ์ต่าง ๆ	9
2.2	ส่วนประกอบและคุณค่าทางโภชนาการของผลลึ้นจีสด	12
2.3	การเปรียบเทียบข้อดีและข้อเสียของการยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ในผลไม้ด้วยการจุ่มในน้ำร้อนก่อนนำไปแช่เยือกแข็ง	34
2.4	การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางเคมีของเนื้อมะม่วงสุกแช่เยือกแข็งพันธุ์ Totaputi ภายหลังการเก็บรักษาเป็นเวลา 14 เดือน	38
4.1	กิจกรรมของเอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดสและเอนไซม์เพอร์ออกซิเดสที่ลดลง (%) ในเนื้อมะม่วงสุกพันธุ์มหาชนก ภายหลังการจุ่มในสารละลายกรดซิตริกหรือแคลเซียมคลอไรด์ ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ เป็นเวลา 2 นาที	77
4.2	ลักษณะเนื้อสัมผัส โดยวัดแรงกด (นิวตัน) ของเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นพันธุ์มหาชนก	79
4.3	กิจกรรมของเอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดสและเอนไซม์เพอร์ออกซิเดสที่ลดลง (%) ในเนื้อลึ้นจีพันธุ์สงขลา ภายหลังการจุ่มในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ เป็นเวลา 5 นาที	80
4.4	ลักษณะเนื้อสัมผัส โดยวัดค่าแรงกด (นิวตัน) ของเนื้อลึ้นจีพันธุ์สงขลาภายหลังจุ่มในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ที่ความเข้มข้นต่างๆ	81
4.5	ค่า L^* ของเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นพันธุ์มหาชนกแช่เยือกแข็งระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -24 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 เดือน	85
4.6	ค่า C^* ของเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นพันธุ์มหาชนกแช่เยือกแข็ง ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -24 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 เดือน	86
4.7	ค่า H^0 ของเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นพันธุ์มหาชนกแช่เยือกแข็งระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -24 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 เดือน	88
4.8	การเปลี่ยนแปลงลักษณะเนื้อสัมผัสของเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นพันธุ์มหาชนกแช่เยือกแข็ง โดยวัดค่าแรงกด (นิวตัน) ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -24 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 เดือน	91

4.9	การเปลี่ยนแปลงลักษณะเนื้อสัมผัสของเนื้อลึ้นจีพันธุ์สงฮวยแซ่เยือกแข็งโดยวัดค่าแรงกด (นิวตัน) ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -24 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 เดือน	92
4.10	การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ (%) ในรูปของกรดซิตริกของเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นพันธุ์มหาชนกแซ่เยือกแข็งระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -24 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 เดือน	95
4.11	การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ (%) ในรูปของกรดมาลิกของเนื้อลึ้นจีพันธุ์สงฮวยแซ่เยือกแข็ง ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -24 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 เดือน	96
4.12	การเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชของเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นพันธุ์มหาชนกแซ่เยือกแข็งระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -24 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 เดือน	98
4.13	การเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชของเนื้อลึ้นจีพันธุ์สงฮวยแซ่เยือกแข็ง ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -24 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 เดือน	99
4.14	การเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (%) ของเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นพันธุ์มหาชนกแซ่เยือกแข็ง ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -24 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 เดือน	102
4.15	การเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (%) ของเนื้อลึ้นจีพันธุ์สงฮวยแซ่เยือกแข็ง ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -24 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 เดือน	103
4.16	การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำตาลรีดิวซิง (%) ของเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นพันธุ์มหาชนกแซ่เยือกแข็ง ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -24 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 เดือน	106
4.17	การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำตาลรีดิวซิง (%) ของเนื้อลึ้นจีพันธุ์สงฮวยแซ่เยือกแข็ง ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -24 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 เดือน	107
4.18	การเปลี่ยนแปลงปริมาณแคโรทีนอยด์ทั้งหมดของเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นพันธุ์มหาชนกแซ่เยือกแข็ง (ไมโครกรัม/กรัมของน้ำหนักสด) ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -24 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 เดือน	110
4.19	การเปลี่ยนแปลงปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดของเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นพันธุ์มหาชนกแซ่เยือกแข็ง (ไมโครกรัม/กรัมของน้ำหนักสด) ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -24 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 เดือน	113

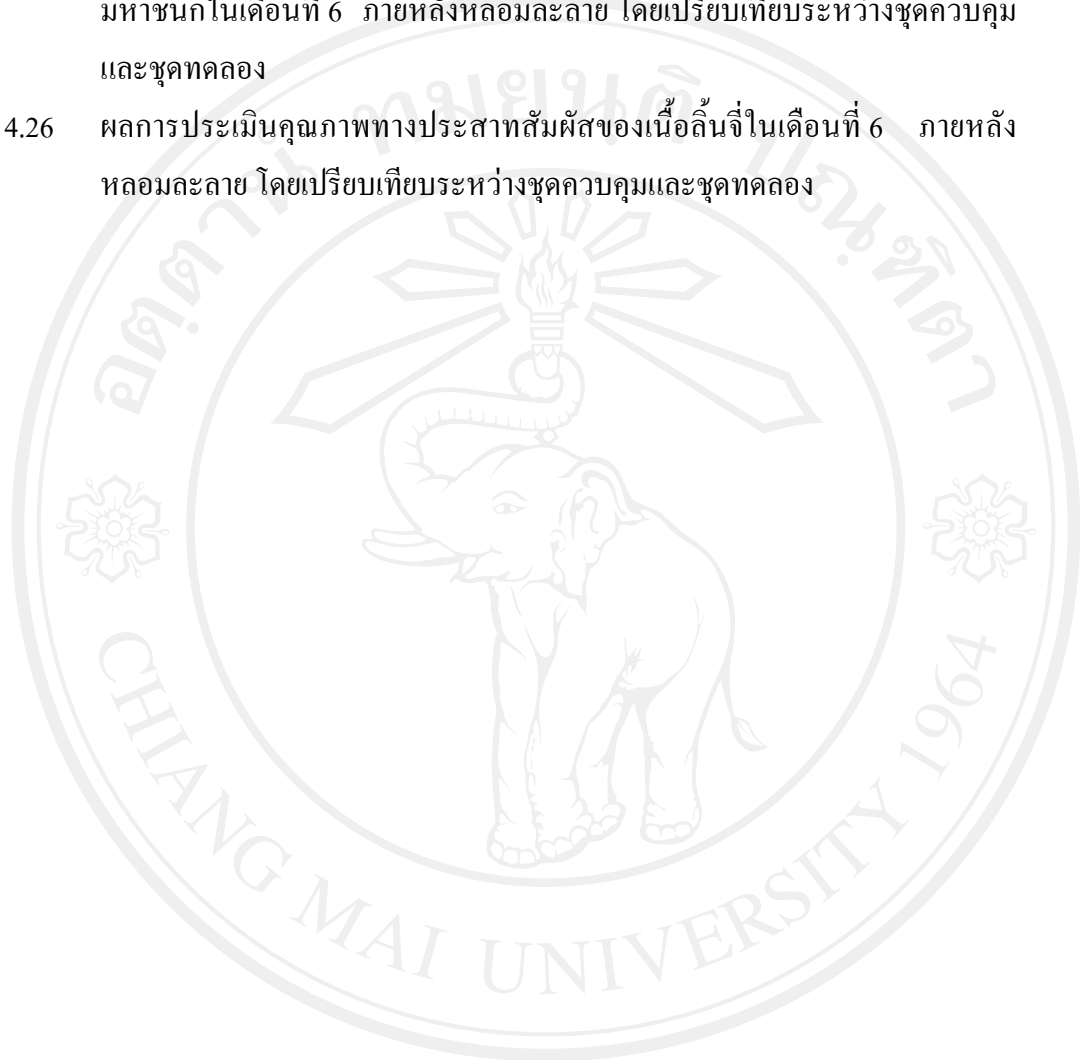
4.20	การเปลี่ยนแปลงปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดของเนื้อลึนจี่พันธุ์สงฮวย แซ่เยือกแข็ง (ไมโครกรัม/กรัมของน้ำหนักสด) ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -24 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 เดือน	114
4.21	การเปลี่ยนแปลงกิจกรรมของเอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดส (หน่วย/มิลลิกรัมของโปรตีน/นาที) ของเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นพันธุ์มหาชนก แซ่เยือกแข็ง ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -24 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 เดือน	117
4.22	การเปลี่ยนแปลงกิจกรรมของเอนไซม์เพอร์ออกซิเดส (หน่วย/มิลลิกรัมของโปรตีน/นาที) ของเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นพันธุ์มหาชนก แซ่เยือกแข็ง ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -24 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 เดือน	118
4.23	การเปลี่ยนแปลงกิจกรรมของเอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดส (หน่วย/มิลลิกรัมของโปรตีน/นาที) ของเนื้อลึนจี่พันธุ์สงฮวยแซ่เยือกแข็ง ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -24 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 เดือน	123
4.24	การเปลี่ยนแปลงกิจกรรมของเอนไซม์เพอร์ออกซิเดส (หน่วย/มิลลิกรัมของโปรตีน/นาที) ของเนื้อลึนจี่พันธุ์สงฮวยแซ่เยือกแข็ง ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -24 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 เดือน	124
4.25	การเปลี่ยนแปลงปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (โคโลนี/กรัม) ของเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้น พันธุ์มหาชนกแซ่เยือกแข็ง ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -24 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 เดือน	128
4.26	การเปลี่ยนแปลงปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (โคโลนี/กรัม) ของเนื้อลึนจี่พันธุ์สงฮวย ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -24 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 เดือน	129
4.27	การประเมินทางด้านประสาทสัมผัสของเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นพันธุ์มหาชนก ภายหลังการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -24 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 เดือน	132
4.28	การประเมินทางด้านประสาทสัมผัสของเนื้อลึนจี่พันธุ์สงฮวย ภายหลังการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -24 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 เดือน	135

สารบัญภาพ

รูป	หน้า
2.1	18
2.2	18
2.3	19
2.4	23
2.5	26
3.1	54
3.2	55
3.3	56
3.4	59
3.5	61
3.6	72
3.7	73
4.1	78
4.2	78

4.3	กิจกรรมของเอนไซม์ที่เหลืออยู่ (%) ในเนื้อลิ้นจี่พันธุ์สงฮวยที่จุ่มในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ที่ความเข้มข้นต่างๆ เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม	81
4.4	ค่าความแน่นเนื้อ (นิวตัน) ของเนื้อลิ้นจี่พันธุ์สงฮวยที่จุ่มในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ	82
4.5	การเปลี่ยนแปลงค่า L* ของเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นพันธุ์มหาชนก	85
4.6	การเปลี่ยนแปลงค่า C* ของเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นพันธุ์มหาชนก	86
4.7	การเปลี่ยนแปลงค่า H° ของเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นพันธุ์มหาชนก	88
4.8	การเปลี่ยนแปลงลักษณะเนื้อสัมผัสของเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นพันธุ์มหาชนก	91
4.9	การเปลี่ยนแปลงลักษณะเนื้อสัมผัสของเนื้อลิ้นจี่พันธุ์สงฮวย	92
4.10	การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ของเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นพันธุ์มหาชนก	95
4.11	การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ของเนื้อลิ้นจี่พันธุ์สงฮวย	96
4.12	การเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชของเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นพันธุ์มหาชนก	98
4.13	การเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชของเนื้อลิ้นจี่พันธุ์สงฮวย	99
4.14	การเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นพันธุ์มหาชนก	102
4.15	การเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของเนื้อลิ้นจี่พันธุ์สงฮวย	103
4.16	การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำตาลรีดิวซิงของเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นพันธุ์มหาชนก	106
4.17	การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำตาลรีดิวซิงของเนื้อลิ้นจี่พันธุ์สงฮวย	107
4.18	การเปลี่ยนแปลงปริมาณแคโรทีนอยด์ทั้งหมดของเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นพันธุ์มหาชนก	110
4.19	การเปลี่ยนแปลงสารประกอบฟีนอลของเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นพันธุ์มหาชนก	113
4.20	การเปลี่ยนแปลงสารประกอบฟีนอลของเนื้อลิ้นจี่พันธุ์สงฮวย	114
4.21	การเปลี่ยนแปลงกิจกรรมของเอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดสของเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นพันธุ์มหาชนก	119
4.22	การเปลี่ยนแปลงกิจกรรมของเอนไซม์เพอร์ออกซิเดสของเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นพันธุ์มหาชนก	119
4.23	การเปลี่ยนแปลงกิจกรรมของเอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดสของเนื้อลิ้นจี่พันธุ์สงฮวย	125

4.24	การเปลี่ยนแปลงกิจกรรมของเอนไซม์เพอร์ออกซิเดสของเนื้อลันจี้พันธุ์สงฮวย	125
4.25	ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นพันธุ์มหาชนกในเดือนที่ 6 ภายหลังหลอมละลาย โดยเปรียบเทียบระหว่างชุดควบคุมและชุดทดลอง	132
4.26	ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของเนื้อลันจี้ในเดือนที่ 6 ภายหลังหลอมละลาย โดยเปรียบเทียบระหว่างชุดควบคุมและชุดทดลอง	135



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
 Copyright© by Chiang Mai University
 All rights reserved

สารบัญแผนภูมิ

แผนภูมิ		หน้า
3.1	ขั้นตอนการเตรียมและการแช่เยือกแข็งเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้น พันธุ์มหาชนก	58
3.2	ขั้นตอนการเตรียมและการแช่เยือกแข็งเนื้อลิ้นจี่พันธุ์สงฮวย	60

สารบัญภาพภาคผนวก

รูปภาคผนวก		หน้า
ก. 1	เส้นกราฟน้ำตาลกลูโคสมาตรฐาน	155
ก. 2	เส้นกราฟสารประกอบฟีนอลมาตรฐาน	156
ก. 3	เส้นกราฟเบต้า-แคโรทีนมาตรฐานในสารละลายผสม 10% แอซีโตนในเฮกเซน	157
ก. 4	เส้นกราฟสารละลายโปรตีนมาตรฐาน	158
ค. 1	เนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นพ่นธรมหาชนกภายหลังการแช่เยือกแข็งเมื่อเริ่มต้นเก็บรักษา	166
ค. 2	เนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นพ่นธรมหาชนกแช่เยือกแข็งเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -24 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 เดือน	166
ค. 3	เนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นพ่นธรมหาชนกแช่เยือกแข็งเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -24 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 เดือน	166
ค. 4	เนื้อลิ้นจี่พ่นธรมหาชนกภายหลังการแช่เยือกแข็งเมื่อเริ่มต้นเก็บรักษา	167
ค. 5	เนื้อลิ้นจี่แช่เยือกแข็งพ่นธรมหาชนก เก็บรักษาที่อุณหภูมิ -24 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 เดือน	167
ค. 6	เนื้อลิ้นจี่แช่เยือกแข็งพ่นธรมหาชนก เก็บรักษาที่อุณหภูมิ -24 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 เดือน	167
ง. 1	ลักษณะของผลิตภัณฑ์น้ำแข็งที่เนื้อลิ้นจี่ภายใต้กล้องจุลทรรศน์- สตรีโอ ภายหลังการแช่เยือกแข็งโดยการจุ่มลงในไนโตรเจนเหลวเป็นเวลา 20 วินาที	169
ง. 2	ลักษณะของผลิตภัณฑ์น้ำแข็งที่เนื้อลิ้นจี่ภายใต้กล้องจุลทรรศน์- สตรีโอ ภายหลังการแช่เยือกแข็งในตู้แช่เย็นอุณหภูมิ -24 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง	170