

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
สารบัญตาราง	ซ
สารบัญรูป	ฉ
<b>บทที่ 1 บทนำ</b>	<b>1</b>
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์	3
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
1.4 ขอบเขตการวิจัย	3
<b>บทที่ 2 สารสำคัญจากเอกสารที่เกี่ยวข้อง</b>	<b>4</b>
2.1 ลิ้นจี่	4
2.2 รงควัตถุของฟลาโวนอยด์	8
2.3 การเกิดสีชมพูในลิ้นจี่กระป๋อง	11
2.4 วิธีป้องกันการเกิดสีชมพูในลิ้นจี่กระป๋องและผลิตภัณฑ์ผลไม้	13
2.5 การเกิดสีน้ำตาลของผลิตภัณฑ์	14
2.6 งานวิจัยการเกิดสีน้ำตาลที่ไม่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์ (nonenzymatic browning) ในน้ำผลไม้	24
2.7 การใช้แอนติออกซิแดนท์ (antioxidant) เพื่อป้องกันการเปลี่ยนสีของผลิตภัณฑ์	27
2.8 ภาชนะบรรจุ	38

ลิขสิทธิ์ © by Chiang Mai University  
All rights reserved

บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการทดลอง	41
3.1 วัสดุคืบ	41
3.2 อุปกรณ์	41
3.3 สารเคมี	42
3.4 วิธีการทดลอง	43
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์	50
4.1 ศึกษาคุณภาพทางกายภาพและทางเคมีของเนื้อลิ้นจี่	50
4.2 ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ลิ้นจี่	51
4.3 ศึกษาผลของการเติมกรดแอสคอร์บิกและการปรับ pH ด้วยกรดซิตริกในผลิตภัณฑ์ลิ้นจี่	79
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	93
5.1 สรุปผลการทดลอง	93
5.2 ข้อเสนอแนะ	94
เอกสารอ้างอิง	96
ภาคผนวก	103
ภาคผนวก ก การเตรียมปริมาณน้ำตาลและกรดซิตริกในน้ำเชื่อม	104
ภาคผนวก ข การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ	107
ภาคผนวก ค การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี	111
ภาคผนวก ง ผลวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพและทางเคมีของผลิตภัณฑ์ลิ้นจี่	126
ประวัติผู้เขียน	161

## สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
1.1 มูลค่าการส่งออกของลิ้นจี่สดแช่เย็นและลิ้นจี่บรรจุกระป๋อง พ.ศ. 2543 – 2546	1
2.1 องค์ประกอบและลักษณะทางสรีรวิทยาของผลลิ้นจี่ที่สุกแก่	6
2.2 แสดงส่วนประกอบและคุณค่าทางโภชนาการของลิ้นจี่สด ลิ้นจี่อบแห้ง และลิ้นจี่ ในน้ำเชื่อมบรรจุกระป๋องในส่วนที่บริโภคได้ 100 กรัม	7
2.3 คุณสมบัติต่างๆทางกายภาพของกรดแอสคอร์บิกและกรดอิทธิทอรับิก	32
2.4 แสดงปริมาณดีบุก (ppm) ในผลิตภัณฑ์ผลไม้บรรจุกระป๋องดีบุกเก็บรักษา 0 – 12 เดือน	40
4.1 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีของเนื้อลิ้นจี่พันธุ์ฮงฮวย	50
4.2 คุณภาพทางกายภาพและทางเคมีของผลิตภัณฑ์ลิ้นจี่เก็บรักษา 90 วัน	72
4.3 คุณภาพทางกายภาพและทางเคมีของผลิตภัณฑ์ลิ้นจี่เก็บรักษา 30 วัน	87
ง-1 ความเป็นสุญญากาศ (Vacuum) เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง ( $28\pm 2^{\circ}\text{C}$ ) และ อุณหภูมิ $37^{\circ}\text{C}$ ที่ระยะเวลาต่างๆ	127
ง-2 ช่องว่างเหนืออาหารภายในภาชนะบรรจุ (Head space) เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง ( $28\pm 2^{\circ}\text{C}$ ) และอุณหภูมิ $37^{\circ}\text{C}$ ที่ระยะเวลาต่างๆ	128
ง-3 น้ำหนักเนื้อลิ้นจี่ (Drain weight) และน้ำหนักสุทธิ (Net weight) เก็บรักษาที่ อุณหภูมิห้อง ( $28\pm 2^{\circ}\text{C}$ ) ที่ระยะเวลาต่างๆ	129
ง-4 น้ำหนักเนื้อลิ้นจี่ (Drain weight) และน้ำหนักสุทธิ (Net weight) เก็บรักษาที่ อุณหภูมิ $37^{\circ}\text{C}$ ที่ระยะเวลาต่างๆ	130
ง-5 การสูญเสียน้ำหนักลิ้นจี่ในน้ำเชื่อมเมื่อเทียบกับน้ำหนักเนื้อลิ้นจี่สดซึ่งเก็บรักษา ที่อุณหภูมิห้อง ( $28\pm 2^{\circ}\text{C}$ ) และอุณหภูมิ $37^{\circ}\text{C}$ ที่ระยะเวลาต่างๆ	131
ง-6 การเปลี่ยนสีของเนื้อลิ้นจี่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง ( $28\pm 2^{\circ}\text{C}$ ) ที่ระยะเวลาต่างๆ	132
ง-7 การเปลี่ยนสีของเนื้อลิ้นจี่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ $37^{\circ}\text{C}$ ที่ระยะเวลาต่างๆ	134
ง-8 ค่าความเป็นกรดค้าง (pH) ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดซิตริก (%Total acidity as citric acid) และปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ (TSS) เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง ( $28\pm 2^{\circ}\text{C}$ ) ที่ระยะเวลาต่างๆ	136

ง-9	ค่าความเป็นกรดค่า (pH) ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดซิตริก (%Total acidity as citric acid ) และปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ (TSS) เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 37 °C ที่ระยะเวลาต่างๆ	138
ง-10	ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (Reducing sugar) และน้ำตาลทั้งหมด (Total sugar) ของเนื้อลิ้นจี่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (28±2°C) ที่ระยะเวลาต่างๆ	140
ง-11	ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (Reducing sugar) และน้ำตาลทั้งหมด (Total sugar) ของเนื้อลิ้นจี่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 37°C ที่ระยะเวลาต่างๆ	141
ง-12	ปริมาณกรดแอสคอร์บิกที่เหลืออยู่ของเนื้อลิ้นจี่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (28±2°C) และอุณหภูมิ 37 °C เป็นเวลา 1 และ 90 วัน	142
ง-13	ปริมาณดินุก (ppm) ของผลิตภัณฑ์ลิ้นจี่ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 37 °C ที่ระยะเวลาต่างๆ	143
ง-14	การเปลี่ยนแปลงค่าสุญญากาศ และช่องว่างเหนืออาหารของผลิตภัณฑ์ลิ้นจี่ เก็บรักษา 90 วัน	144
ง-15	การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักสุทธิและน้ำหนักเนื้อของผลิตภัณฑ์ลิ้นจี่เก็บรักษา 90 วัน	146
ง-16	การเปลี่ยนแปลงค่า pH ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ และปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดซิตริกของผลิตภัณฑ์ลิ้นจี่เก็บรักษา 90 วัน	148
ง-17	การเปลี่ยนสีของเนื้อลิ้นจี่ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 37°C เป็นเวลา 30 วัน	150
ง-18	ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (Reducing sugar) และน้ำตาลทั้งหมด (Total sugar) ของน้ำเชื่อม เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 37°C เป็นเวลา 30 วัน	151
ง-19	ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (Reducing sugar) และน้ำตาลทั้งหมด (Total sugar) ของเนื้อลิ้นจี่ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 37°C เป็นเวลา 30 วัน	152
ง-20	ปริมาณกรดแอสคอร์บิกที่เหลืออยู่ของเนื้อลิ้นจี่และน้ำเชื่อม เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 37°C เป็นเวลา 30 วัน	153
ง-21	ค่าความเป็นกรดค่า (pH) ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดซิตริก (%Total acidity as citric acid) และปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ (TSS) เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 37°C เป็นเวลา 30 วัน	154
ง-22	ความเป็นสุญญากาศ (Vacuum) และช่องว่างเหนืออาหาร (head space) เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 37°C เป็นเวลา 30 วัน	155
ง-23	น้ำหนักเนื้อลิ้นจี่ (Drain weight) และน้ำหนักสุทธิ (Net weight) เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 37°C เป็นเวลา 30 วัน	156

ญ

- ง-24 การเปลี่ยนแปลงค่าสุญญากาศ ช่องว่างเหนืออาหาร น้ำหนักสุทธิและน้ำหนักเนื้อ  
ของผลิตภัณฑ์ลีนจีเก็บรักษา 30 วัน 157
- ง-25 การเปลี่ยนแปลง ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ และปริมาณกรดทั้งหมดในรูป  
กรดซิตริกของผลิตภัณฑ์ลีนจีเก็บรักษา 30 วัน 159



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่  
Copyright© by Chiang Mai University  
All rights reserved

สารบัญรูป

รูป	หน้า	
2.1	ลิ้นจี่พันธุ์สงฮวย	5
2.2	Interconversion of flavonoid	9
2.3	Conversion of proanthocyanidins into anthocyanidins	10
2.4	Basic structure of proanthocyanidin	10
2.5	possible pathway ของการสร้างสีชมพูในลิ้นจี่กระป๋อง	12
2.6	ขั้นตอนการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลที่ไม่เกี่ยวข้องกับการเอนไซม์	17
2.7	การผันกลับในปฏิกิริยารีดอกซ์ของกรดแอสคอร์บิกและกรดดีไฮโดรแอสคอร์บิก	19
2.8	การสลายของกรดแอสคอร์บิก	29
2.9	โครงสร้างทางเคมีของการสลายกรดแอสคอร์บิก	20
2.10	Major reaction of ascorbic acid degradation	22
2.11	การเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันของกรดแอสคอร์บิกโดย $Cu^{2+}$	23
2.12	การเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันของกรดแอสคอร์บิกโดย $Fe^{3+}$	23
2.13	โครงสร้างทางเคมีของกรดแอสคอร์บิก กรดอิริทอร์บิก และ โซเดียมอิริทอร์เบท	28
2.14	โครงสร้างทางเคมีแบบวงแหวนของกรดแอสคอร์บิกและไอโซเมอร์	28
2.15	โครงสร้างทางเคมีแบบเส้นตรงของกรดแอสคอร์บิกและไอโซเมอร์	29
2.16	ปฏิกิริยาของกรดแอสคอร์บิกกับ โมเลกุลของออกซิเจน	30
2.17	ปฏิกิริยาการเปลี่ยนสี (color formation)	31
2.18	โครงสร้างของฟอสเฟต	35
3.1	แผนภูมิกระบวนการผลิตลิ้นจี่ในน้ำเชื่อมบรรจุกระป๋อง	45
4.1	การเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักเนื้อลิ้นจี่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง ( $28 \pm 2^{\circ}C$ ) ที่ระยะเวลาต่างๆ	53
4.2	การเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักเนื้อลิ้นจี่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ $37^{\circ}C$ ที่ระยะเวลาต่างๆ	53
4.3	การเปลี่ยนแปลงค่าสี L ของเนื้อลิ้นจี่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง ( $28 \pm 2^{\circ}C$ ) ที่ระยะเวลาต่างๆ	55
4.4	การเปลี่ยนแปลงค่าสี C ของเนื้อลิ้นจี่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง ( $28 \pm 2^{\circ}C$ ) ที่ระยะเวลาต่างๆ	56

ฉ

4.5	การเปลี่ยนแปลงค่าสี h ของเนื้อลิ้นจี่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง ( $28\pm 2^{\circ}\text{C}$ ) ที่ระยะเวลาต่างๆ	56
4.6	การเปลี่ยนแปลงค่าสี L ของเนื้อลิ้นจี่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ $37^{\circ}\text{C}$ ที่ระยะเวลาต่างๆ	57
4.7	การเปลี่ยนแปลงค่าสี C ของเนื้อลิ้นจี่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ $37^{\circ}\text{C}$ ที่ระยะเวลาต่างๆ	58
4.8	การเปลี่ยนแปลงค่าสี h ของเนื้อลิ้นจี่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ $37^{\circ}\text{C}$ ที่ระยะเวลาต่างๆ	58
4.9	การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ของเนื้อลิ้นจี่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง ( $28\pm 2^{\circ}\text{C}$ ) ที่ระยะเวลาต่างๆ	60
4.10	การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำตาลทั้งหมดของเนื้อลิ้นจี่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง ( $28\pm 2^{\circ}\text{C}$ ) ที่ระยะเวลาต่างๆ	60
4.11	การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ของเนื้อลิ้นจี่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ $37^{\circ}\text{C}$ ที่ระยะเวลาต่างๆ	62
4.12	การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำตาลทั้งหมดของเนื้อลิ้นจี่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ $37^{\circ}\text{C}$ ที่ระยะเวลาต่างๆ	62
4.13	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณกรดแอสคอร์บิกที่เหลืออยู่ของเนื้อลิ้นจี่ เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง ( $28\pm 2^{\circ}\text{C}$ ) ที่ระยะเวลาต่างๆ	64
4.14	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณกรดแอสคอร์บิกที่เหลืออยู่ของเนื้อลิ้นจี่ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ $37^{\circ}\text{C}$ ที่ระยะเวลาต่างๆ	64
4.15	ปริมาณคีนูคของเนื้อลิ้นจี่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ $37^{\circ}\text{C}$ ที่ระยะเวลาต่างๆ	66
4.16	ความสัมพันธ์ระหว่างค่าสี L ของเนื้อลิ้นจี่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ $37^{\circ}\text{C}$ ที่ระยะเวลาต่างๆ	68
4.17	ความสัมพันธ์ระหว่างค่าสี h ของเนื้อลิ้นจี่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ $37^{\circ}\text{C}$ ที่ระยะเวลาต่างๆ	68
4.18	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณคีนูคของเนื้อลิ้นจี่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ $37^{\circ}\text{C}$ ที่ระยะเวลาต่างๆ	69
4.19	การเปลี่ยนแปลงค่าสี L ของเนื้อลิ้นจี่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ $37^{\circ}\text{C}$ เป็นเวลา 30 วัน	80
4.20	การเปลี่ยนแปลงค่าสี C ของเนื้อลิ้นจี่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ $37^{\circ}\text{C}$ เป็นเวลา 30 วัน	81
4.21	การเปลี่ยนแปลงค่าสี h ของเนื้อลิ้นจี่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ $37^{\circ}\text{C}$ เป็นเวลา 30 วัน	81
4.22	การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ของเนื้อลิ้นจี่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ $37^{\circ}\text{C}$ เป็นเวลา 30 วัน	82
4.23	การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ของน้ำเชื่อมเก็บรักษาที่อุณหภูมิ $37^{\circ}\text{C}$ เป็นเวลา 30 วัน	83



4.24	การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำตาลทั้งหมดของเนื้อลิ้นจี่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 37°C เป็นเวลา 30 วัน	83
4.25	การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำตาลทั้งหมดของน้ำเชื่อมเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 37°C เป็นเวลา 30 วัน	84
4.26	ปริมาณกรดแอสคอร์บิกที่เหลืออยู่ของเนื้อลิ้นจี่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 37°C เป็นเวลา 30 วัน	85
4.27	ปริมาณกรดแอสคอร์บิกที่เหลืออยู่ของน้ำเชื่อมเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 37°C เป็นเวลา 30 วัน	85
ข-1	ค่าความสว่าง (Lightness) มีค่าอยู่ในช่วง 0 (มืด)–100 (สว่าง)	109
ข-2	ค่า Chroma (C)	110
ข-3	ค่า Hue (h)	110
ค-1	กราฟมาตรฐานของปริมาณกรดแอสคอร์บิก	117
ค-2	ปฏิกิริยาของกรดแอสคอร์บิกกับ 2,6-dichlorophenolindophenol	118