

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ค
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	น
สารบัญตาราง	ญ
สารบัญรูป	ฐ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
1.4 ขอบเขตการวิจัย	3
บทที่ 2 เอกสารที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย	4
2.1 ลินจี้	4
2.2 ส่วนประกอบทางเคมีของผลลินจี้	4
2.3 สีกุ่มฟลาโวนอยด์	6
2.4 การเกิดสีชมพูในผลไม้กระป๋อง	11
2.5 องค์ประกอบของรงควัตถุสีชมพูในลินจี้กระป๋อง	11
2.6 ขั้นตอนการเปลี่ยนแปลงของการเกิดสีชมพูในผลไม้กระป๋อง	11
2.7 วิธีป้องกันการเกิดสีชมพูในผลไม้กระป๋อง	14
2.8 ปฏิกริยาการเกิดสีน้ำตาลที่เร่งด้วยเอนไซม์ (enzymatic browning)	15
2.9 ปฏิกริยาการเกิดสีน้ำตาลที่ไม่อาศัยเอนไซม์ (nonenzymatic browning)	18
2.10 เทคนิคความดันสูงยิ่ง	26

บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการทดลอง	29
3.1 วัสดุดิบ	29
3.2 อุปกรณ์	29
3.3 สารเคมี	29
3.4 วิธีการทดลอง	30
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์	35
4.1 คุณภาพทางกายภาพและทางเคมีของลีนจีสด	35
4.2 ผลการแปรรูปลีนจีสด้วยเทคนิคความร้อน	36
4.3 ผลการแปรรูปลีนจีสด้วยเทคนิคความดันสูงยิ่งร่วมกับอุณหภูมิ	43
4.4 ผลของโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ที่มีต่อการเปลี่ยนสีของผลิตภัณฑ์ลีนจีสในน้ำเชื่อม	51
4.5 คุณภาพทางกายภาพและทางเคมี ขณะเก็บรักษาผลิตภัณฑ์	66
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	86
5.1 สรุปผลการทดลอง	86
5.2 ข้อเสนอแนะ	87
เอกสารอ้างอิง	88
ภาคผนวก	96
ภาคผนวก ก การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพและทางเคมี	97
ภาคผนวก ข ภาพผลิตภัณฑ์ลีนจีสในน้ำเชื่อมและกราฟมาตรฐาน	105
ประวัติผู้เขียน	108

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
2.1 องค์ประกอบและลักษณะทางสรีระวิทยาของลินจี้สุก	5
2.2 ส่วนประกอบและคุณค่าทางโภชนาการของลินจี้สด ลินจี้อบแห้ง และลินจี้ในน้ำเชื่อมบรรจุกระป๋องในส่วนที่บริโภคได้ 100 กรัม	6
2.3 ผลของเทคนิคความร้อนเปรียบเทียบกับเทคนิคความดันสูงยิ่งใน การแปรรูปอาหาร	26
4.1 คุณภาพทางกายภาพและทางเคมีของลินจี้สดพันธุ์กว้างเงา	35
4.2 ผลของเวลาที่ใช้ในการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนต่อคุณภาพทางจุลินทรีย์ และกายภาพ	36
4.3 ค่าสี $L^*$ , $a^*$ และ $b^*$ ของลินจี้ที่ผ่านการแปรรูปด้วยความร้อน 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 นาที	37
4.4 ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด ปริมาณกรดทั้งหมดและ ปริมาณวิตามินซีของลินจี้ที่ผ่านการแปรรูปด้วยความร้อน 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 นาที	38
4.5 คุณภาพทางเคมีของลินจี้ที่ผ่านการแปรรูปด้วยความร้อน 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 นาที	40
4.6 ค่าสี $L^*$ , $a^*$ และ $b^*$ ของลินจี้ในน้ำเชื่อมที่แปรรูปด้วยความดันสูงยิ่ง 600 MPa ร่วมกับอุณหภูมิ 30 และ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที และ การแช่ลินจี้ในสารละลายผสมของแคลเซียมคลอไรด์และกรดซิตริกที่มี ต่อค่าสี $L^*$ , $a^*$ และ $b^*$	43
4.7 ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์และน้ำตาลทั้งหมดของลินจี้ในน้ำเชื่อมที่แปรรูปด้วย ความดันสูงยิ่ง 600 MPa ร่วมกับอุณหภูมิ 30 และ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที และการแช่ลินจี้ในสารละลายผสมของแคลเซียมคลอไรด์และ กรดซิตริกที่มีต่อปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์และน้ำตาลทั้งหมด	45
4.8 ปริมาณกรดทั้งหมดและปริมาณวิตามินซีของลินจี้ในน้ำเชื่อมที่แปรรูป ด้วยความดันสูงยิ่ง 600 MPa ร่วมกับอุณหภูมิ 30 และ 50 องศาเซลเซียส	

เป็นเวลา 20 นาที และการแช่ลึนจีในสารละลายผสมของแคลเซียมคลอไรด์ และกรดซิตริกที่มีต่อปริมาณกรดทั้งหมดและปริมาณวิตามินซี	46
4.9 คุณภาพทางเคมีของลึนจีในน้ำเชื่อมที่แปรรูปด้วยความดันสูงยิ่ง 600 MPa ร่วมกับอุณหภูมิ 30 และ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที และการแช่ลึนจีในสารละลายผสมของแคลเซียมคลอไรด์และกรดซิตริกที่มีต่อคุณภาพทางเคมี	48
4.10 ค่าสี $L^*$ , $a^*$ และ $b^*$ ของลึนจีในน้ำเชื่อมที่แปรรูปด้วยความร้อนและความดันสูงยิ่ง และการเติมโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ในน้ำเชื่อมที่มีต่อค่าสี $L^*$ , $a^*$ และ $b^*$	52
4.11 ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์และน้ำตาลทั้งหมดของลึนจีในน้ำเชื่อมที่แปรรูปด้วยความร้อนและความดันสูงยิ่ง และการเติมโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ในน้ำเชื่อมที่มีต่อปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์และน้ำตาลทั้งหมด	55
4.12 ปริมาณกรดทั้งหมดและปริมาณวิตามินซีของลึนจีในน้ำเชื่อมที่แปรรูปด้วยความร้อนและความดันสูงยิ่ง และการเติมโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ในน้ำเชื่อมที่มีต่อปริมาณกรดทั้งหมดและปริมาณวิตามินซี	57
4.13 คุณภาพทางเคมีของลึนจีในน้ำเชื่อมที่แปรรูปด้วยความร้อนและความดันสูงยิ่ง และการเติมโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ในน้ำเชื่อมที่มีต่อคุณภาพทางเคมี	59
4.14 ค่าสี $L^*$ ของเนื้อลึนจีที่ผ่านการแปรรูปด้วยความร้อน 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 นาที ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ $28 \pm 2$ องศาเซลเซียส เป็นเวลา 90 วัน	66
4.15 ค่าสี $a^*$ ของเนื้อลึนจีที่ผ่านการแปรรูปด้วยความร้อน 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 นาที ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ $28 \pm 2$ องศาเซลเซียส เป็นเวลา 90 วัน	67
4.16 ค่าสี $b^*$ ของเนื้อลึนจีที่ผ่านการแปรรูปด้วยความร้อน 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 นาที ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ $28 \pm 2$ องศาเซลเซียส เป็นเวลา 90 วัน	67
4.17 กิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสของลึนจีที่ผ่านการแปรรูปด้วยความร้อน 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 นาที ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ $28 \pm 2$ องศาเซลเซียส เป็นเวลา 90 วัน	70
4.18 ปริมาณฟีนอลทั้งหมดของลึนจีที่ผ่านการแปรรูปด้วยความร้อน 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 นาที ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ $28 \pm 2$	

องศาเซลเซียส เป็นเวลา 90 วัน	72
4.19 ลิ่วโคแอนโทไซยานินดินของลึนจี้ที่ผ่านการแปรรูปด้วยความร้อน 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 นาที ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 28 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 90 วัน	73
4.20 ปริมาณแอนโทไซยานินของลึนจี้ที่ผ่านการแปรรูปด้วยความร้อน 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 นาที ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 28 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 90 วัน	75
4.21 ค่าลึ L* ของเนื้อลึนจี้ที่ผ่านการแปรรูปด้วยความดันสูงยิ่ง 600 MPa 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 วัน	77
4.22 ค่าลึ a* ของเนื้อลึนจี้ที่ผ่านการแปรรูปด้วยความดันสูงยิ่ง 600 MPa 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 วัน	77
4.23 ค่าลึ b* ของเนื้อลึนจี้ที่ผ่านการแปรรูปด้วยความดันสูงยิ่ง 600 MPa 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 วัน	77
4.24 กิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสของลึนจี้ที่ผ่านการแปรรูป ด้วยความดันสูงยิ่ง 600 MPa 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 วัน	80
4.25 ปริมาณฟีนอลทั้งหมดของลึนจี้ที่ผ่านการแปรรูปด้วยความดันสูงยิ่ง 600 MPa 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที ระหว่างการเก็บรักษาที่ อุณหภูมิ 4 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 วัน	81
4.26 ปริมาณลิ่วโคแอนโทไซยานินดินของลึนจี้ที่ผ่านการแปรรูปด้วยความดัน สูงยิ่ง 600 MPa 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที ระหว่างการเก็บรักษาที่ อุณหภูมิ 4 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 วัน	83
4.27 ปริมาณแอนโทไซยานินของลึนจี้ที่ผ่านการแปรรูปด้วยความดันสูงยิ่ง 600 MPa 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที ระหว่างการเก็บรักษาที่ อุณหภูมิ 4 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 วัน	84

## สารบัญรูป

รูป	หน้า
2.1 การเพิ่มหมู่เมธอกซิลแทนที่หมู่ไฮดรอกซิลที่ตำแหน่ง 3' และ 5' ทำให้มีสีแดงเพิ่มขึ้น	9
2.2 การเปลี่ยนแปลง pH ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนโครงสร้างของ โมเลกุลแอนโทไซยานิน	10
2.3 possible pathway ของการสร้างสีชมพูในลิ้นจี่	12
2.4 ปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารประกอบฟีนอล โดยมีเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสเร่งปฏิกิริยา	16
2.5 ปฏิกิริยาการเปลี่ยน deoxy form เป็น oxy form ของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส	17
2.6 ขั้นตอนการเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ด	20
2.7 ขั้นตอนการเกิดสีน้ำตาลโดยไม่อาศัยเอนไซม์	22
3.1 ขั้นตอนการแปรรูปลิ้นจี่ในน้ำเชื่อม	32
4.1 ค่าสี $L^*$ , $a^*$ และ $b^*$ ของลิ้นจี่ในน้ำเชื่อมที่แปรรูปด้วยความร้อนและความดันสูงยิ่ง และการเติมโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ในน้ำเชื่อมที่มีต่อค่าสี $L^*$ , $a^*$ และ $b^*$	53
4.2 ปริมาณวิตามินซีของลิ้นจี่ในน้ำเชื่อมที่แปรรูปด้วยความร้อนและความดันสูงยิ่งและการเติมโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ในน้ำเชื่อมที่มีต่อปริมาณวิตามินซี	58
4.3 กิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสของลิ้นจี่ในน้ำเชื่อมที่แปรรูปด้วยความร้อนและความดันสูงยิ่ง และการเติมโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ในน้ำเชื่อมที่มีต่อกิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส	60
4.4 ปริมาณฟีนอลทั้งหมดของลิ้นจี่ในน้ำเชื่อมที่แปรรูปด้วยความร้อนและความดันสูงยิ่ง และการเติมโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ในน้ำเชื่อมที่มีต่อปริมาณฟีนอลทั้งหมด	62
4.5 ปริมาณลิวโคแอนโทไซยานินของลิ้นจี่ในน้ำเชื่อมที่แปรรูปด้วยความร้อนและความดันสูงยิ่ง และการเติมโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ในน้ำเชื่อมที่มี	

- ต่อปริมาณลิวโคแอนโทไซยานิน 63
- 4.6 ปริมาณแอนโทไซยานินของลีนจีในน้ำเชื่อมที่แปรรูปด้วยความร้อนและความดันสูงยิ่ง และการเติมโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ในน้ำเชื่อมที่มีต่อปริมาณแอนโทไซยานิน 65
- 4.7 ค่าสี  $L^*$ ,  $a^*$  และ  $b^*$  ของเนื้อลีนจีที่ผ่านการแปรรูปด้วยความร้อน 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 นาที ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ  $28 \pm 2$  องศาเซลเซียส เป็นเวลา 90 วัน 68
- 4.8 กิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสของลีนจีที่ผ่านการแปรรูปด้วยความร้อน 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 นาที ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ  $28 \pm 2$  องศาเซลเซียส เป็นเวลา 90 วัน 71
- 4.9 ปริมาณฟีนอลทั้งหมดของลีนจีที่ผ่านการแปรรูปด้วยความร้อน 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 นาที ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ  $28 \pm 2$  องศาเซลเซียส เป็นเวลา 90 วัน 72
- 4.10 ลิวโคแอนโทไซยานินของลีนจีที่ผ่านการแปรรูปด้วยความร้อน 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 นาที ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ  $28 \pm 2$  องศาเซลเซียส เป็นเวลา 90 วัน 74
- 4.11 ปริมาณแอนโทไซยานินของลีนจีที่ผ่านการแปรรูปด้วยความร้อน 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 นาที ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ  $28 \pm 2$  องศาเซลเซียส เป็นเวลา 90 วัน 75
- 4.12 ค่าสี  $L^*$ ,  $a^*$  และ  $b^*$  ของเนื้อลีนจีที่ผ่านการแปรรูปด้วยความดันสูงยิ่ง 600 MPa 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ  $4 \pm 2$  องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 วัน 78
- 4.13 กิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสของลีนจีที่ผ่านการแปรรูปด้วยความดันสูงยิ่ง 600 MPa 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ  $4 \pm 2$  องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 วัน 80
- 4.14 ปริมาณฟีนอลทั้งหมดของลีนจีที่ผ่านการแปรรูปด้วยความดันสูงยิ่ง 600 MPa 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ  $4 \pm 2$  องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 วัน 82
- 4.15 ปริมาณลิวโคแอนโทไซยานินของลีนจีที่ผ่านการแปรรูปด้วยความดันสูงยิ่ง 600 MPa 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที ระหว่างการเก็บรักษาที่

	อุณหภูมิ $4 \pm 2$ องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 วัน	83
4.16	ปริมาณแอนโทไซยานินของลีนจี้ที่ผ่านการแปรรูปด้วยความดันสูงยิ่ง 600 MPa 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที ระหว่างการเก็บรักษาที่ อุณหภูมิ $4 \pm 2$ องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 วัน	85
ข-1	ลีนจี้ที่ผ่านการแปรรูปด้วยความร้อนระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 90 วัน	106
ข-2	ลีนจี้ที่ผ่านการแปรรูปด้วยความดันสูงยิ่งระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 วัน	106
ข-3	ตัวอย่างกราฟมาตรฐานกลูโคส	107
ข-4	ตัวอย่างกราฟมาตรฐานสารประกอบฟีนอล	107