

## สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(10)
รายการตาราง	(12)
รายการตารางภาคผนวก	(14)
รายการภาพประกอบ	(17)
รายการภาพประกอบภาคผนวก	(18)
บทที่	
1. บทนำ	
บทนำตั้งเรื่อง	1
ตรวจเอกสาร	2
1. กระจับแดง	2
2. แอนโทไซยานิน	4
3. การสกัดสารสำคัญและคุณสมบัติการต้านอนุมูลอิสระของกระจับแดง	23
4. กรรมวิธีการทำให้เข้มข้น	25
5. การพัฒนาสูตรส่วนผสมของผลิตภัณฑ์กระจับแดงสกัดเข้มข้น	31
6. อุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมในการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์	37
7. การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสและการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ในระหว่างการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์	42
2. วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ	47
3. ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง	
1. คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของกระจับแดงสด	59
2. สภาวะที่เหมาะสมในการสกัดกระจับแดงด้วยน้ำ	61
3. เปรียบเทียบวิธีการทำให้เข้มข้นของสารสกัดกระจับแดง	70
4. การพัฒนาสูตรส่วนผสมของกระจับแดงสกัดเข้มข้น	71
5. อุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมในการผลิตกระจับแดงสกัดเข้มข้น	76
6. การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์กระจับแดงสกัดเข้มข้นบรรจุขวดแก้วในระหว่างการเก็บรักษา	81

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4. สรุปผลการทดลอง	97
ข้อเสนอแนะ	101
เอกสารอ้างอิง	102
ภาคผนวก	
ก การวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี กายภาพ คุณสมบัติการต้านอนุมูลอิสระ และจุลินทรีย์	115
ข แผนผังวิภูภาคของน้ำและความดันไอของน้ำ	127
ค การศึกษาหาอุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมในการผลิตกระเจี๊ยบแดง สกัดเข้มข้นบรรจุขวดแก้วพาสเจอร์ไรซ์	129
ง การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส	132
จ ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ	133
ฉ การคำนวณต้นทุนการผลิตผลิตภัณฑ์กระเจี๊ยบแดงสกัดเข้มข้น	159
ช คุณสมบัติการต้านอนุมูลอิสระของผลิตภัณฑ์กระเจี๊ยบแดงสกัดเข้มข้น ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ $4.0 \pm 1.0^{\circ}\text{C}$ และ $27.0 \pm 1.0^{\circ}\text{C}$ นาน 0, 15, 30, 45 และ 60 วัน	169
ซ ผลการวิเคราะห์ปริมาณวิตามินเอและวิตามินอีก่อนการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์	172
ประวัติผู้เขียน	173

## รายการตาราง

ตารางที่	หน้า	
1	คุณค่าทางอาหารของกระเจี๊ยบแดงสด 100.0 กรัม	3
2	คุณสมบัติทางเคมีของกระเจี๊ยบแดง	4
3	แอนโทไซยานินในผักและผลไม้บางชนิด	9
4	แอนโทไซยานินที่พบในผลไม้	10
5	การเปลี่ยนแปลงของค่าความยาวคลื่นของการดูดกลืนแสงสูงสุด และเจดสีของแอนโทไซยานินที่ค่าพีเอชช่วงต่างๆ	16
6	กระเจี๊ยบแดงสกัดเข้มข้นที่สูตรส่วนผสมต่างๆ	55
7	ร้อยละของผลผลิตกระเจี๊ยบแดงสดและกระเจี๊ยบแดงแห้ง	59
8	คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของน้ำคั้นจากกระเจี๊ยบแดงสด	60
9	คุณสมบัติของสารสกัดกระเจี๊ยบแดงสดที่ได้จากการสกัดกระเจี๊ยบแดงสด ด้วยน้ำในอัตราส่วนต่างๆ กัน ที่อุณหภูมิ 60.0 <sup>o</sup> ซ 60 นาที	66
10	คุณสมบัติของสารสกัดกระเจี๊ยบแดงแห้งที่ได้จากการสกัดกระเจี๊ยบแดงแห้ง ด้วยน้ำในอัตราส่วนต่างๆ กัน ที่อุณหภูมิ 60.0 <sup>o</sup> ซ 60 นาที	67
11	คุณสมบัติของสารสกัดกระเจี๊ยบแดงสดที่ได้จากการสกัดที่อุณหภูมิ และระยะเวลาในการสกัดแตกต่างกัน	68
12	คุณสมบัติของสารสกัดกระเจี๊ยบแดงแห้งที่ได้จากการสกัดที่อุณหภูมิ และระยะเวลาในการสกัดแตกต่างกัน	69
13	คุณสมบัติของสารสกัดกระเจี๊ยบแดงสดเข้มข้น โดยใช้สภาวะสุญญากาศ และบรรยากาศปกติ	73
14	คุณสมบัติของสารสกัดกระเจี๊ยบแดงแห้งเข้มข้น โดยใช้สภาวะสุญญากาศ และบรรยากาศปกติ	74
15	การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์กระเจี๊ยบแดง สกัดเข้มข้นที่สูตรส่วนผสมต่างๆ	75
16	คุณสมบัติทางเคมีของผลิตภัณฑ์กระเจี๊ยบแดงสกัดเข้มข้น ก่อนการพาสเจอร์ไรซ์	77
17	อุณหภูมิและเวลาในกระบวนการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ในการผลิตกระเจี๊ยบแดงสกัดเข้มข้น	78

## รายการตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
18 ปริมาณวิตามินเอและอีของผลิตภัณฑ์กระเจี๊ยบแดงสกัดเข้มข้นก่อน และหลังการพาสเจอร์ไรซ์	79
19 พีเอชของผลิตภัณฑ์กระเจี๊ยบแดงสกัดเข้มข้นระหว่างการเก็บรักษา ที่อุณหภูมิ $4.0 \pm 1.0^{\circ}\text{C}$ และ $27.0 \pm 1.0^{\circ}\text{C}$ นาน 0, 15, 30, 15 และ 60 วัน	82
20 ปริมาณกรดทั้งหมด (ร้อยละของกรดมาลิก) ของผลิตภัณฑ์กระเจี๊ยบแดง สกัดเข้มข้นระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ $4.0 \pm 1.0^{\circ}\text{C}$ และ $27.0 \pm 1.0^{\circ}\text{C}$ นาน 0, 15, 30, 45 และ 60 วัน	83
21 ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ( <sup>0</sup> บริกซ์) ของผลิตภัณฑ์กระเจี๊ยบแดง สกัดเข้มข้นระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ $4.0 \pm 1.0^{\circ}\text{C}$ และ $27.0 \pm 1.0^{\circ}\text{C}$ นาน 0, 15, 30, 45 และ 60 วัน	85
22 การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์กระเจี๊ยบแดง สกัดเข้มข้นระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ $4.0 \pm 1.0^{\circ}\text{C}$ และ $27.0 \pm 1.0^{\circ}\text{C}$ นาน 0, 30 และ 60 วัน	96

## รายการตารางภาคผนวก

ตารางภาคผนวกที่	หน้า
ก 4-1 การบ่มเชื้อเมื่อใช้ acid broth และ malt extract broth สำหรับอาหารประเภทกรด (พีเอช 4.6)	124
ก 4-2 การแยกเชื้อให้บริสุทธิ์สำหรับอาหารประเภทกรด (พีเอช 4.6)	125
ค-1 สภาพการศึกษาอุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมในกระบวนการผลิตกระเจี๊ยบแดงสกัดเข้มข้น	129
จ-1 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของคุณสมบัติของสารสกัดกระเจี๊ยบแดงสดที่สกัดด้วยน้ำในอัตราส่วนต่างๆ กัน ที่อุณหภูมิ 60.0 <sup>o</sup> ซ 60 นาที	133
จ-2 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของคุณสมบัติของสารสกัดกระเจี๊ยบแดงแห้งที่สกัดด้วยน้ำในอัตราส่วนต่างๆ กัน ที่อุณหภูมิ 60.0 <sup>o</sup> ซ 60 นาที	135
จ-3 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของคุณสมบัติของสารสกัดกระเจี๊ยบแดงสดที่อุณหภูมิและระยะเวลาในการสกัดแตกต่างกัน	137
จ-4 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของคุณสมบัติของสารสกัดกระเจี๊ยบแดงแห้งที่อุณหภูมิและระยะเวลาในการสกัดแตกต่างกัน	139
จ-5 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของคุณสมบัติของสารสกัดกระเจี๊ยบแดงสดเข้มข้นโดยใช้สภาวะสุญญากาศและบรรยากาศปกติ	141
จ-6 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของคุณสมบัติของสารสกัดกระเจี๊ยบแดงแห้งเข้มข้นโดยใช้สภาวะสุญญากาศและบรรยากาศปกติ	142
จ-7 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสคุณลักษณะด้านสีของผลิตภัณฑ์กระเจี๊ยบแดงสกัดเข้มข้นที่สูตรส่วนผสมต่างๆ	143
จ-8 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสคุณลักษณะด้านความหวานของผลิตภัณฑ์กระเจี๊ยบแดงสกัดเข้มข้นที่สูตรส่วนผสมต่างๆ	144
จ-9 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสคุณลักษณะด้านความเปรี้ยวของผลิตภัณฑ์กระเจี๊ยบแดงสกัดเข้มข้นที่สูตรส่วนผสมต่างๆ	145

## รายการตารางภาคผนวก (ต่อ)

ตารางภาคผนวกที่	หน้า
จ-10 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสคุณลักษณะด้านความรู้สึกภายในปากของผลิตภัณฑ์กระเจียบแดงสกัดเข้มข้นที่สูตรส่วนผสมต่างๆ	146
จ-11 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสคุณลักษณะด้านการยอมรับโดยรวมของผลิตภัณฑ์กระเจียบแดงสกัดเข้มข้นที่สูตรส่วนผสมต่างๆ	147
จ-12 การวิเคราะห์ความแปรปรวนพีเอชของผลิตภัณฑ์กระเจียบแดงสกัดเข้มข้นระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ $4.0 \pm 1.0^{\circ}\text{C}$ และ $27.0 \pm 1.0^{\circ}\text{C}$ เป็นเวลา 0, 15, 30, 45 และ 60 วัน	148
จ-13 การวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณกรดทั้งหมด (ร้อยละของกรดมาลิก) ของผลิตภัณฑ์กระเจียบแดงสกัดเข้มข้นระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ $4.0 \pm 1.0^{\circ}\text{C}$ และ $27.0 \pm 1.0^{\circ}\text{C}$ เป็นเวลา 0, 15, 30, 45 และ 60 วัน	149
จ-14 การวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (°บริกซ์) ของผลิตภัณฑ์กระเจียบแดงสกัดเข้มข้นระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ $4.0 \pm 1.0^{\circ}\text{C}$ และ $27.0 \pm 1.0^{\circ}\text{C}$ เป็นเวลา 0, 15, 30, 45 และ 60 วัน	150
จ-15 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมด (มก./ลิตร) ของผลิตภัณฑ์กระเจียบแดงสกัดเข้มข้นระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ $4.0 \pm 1.0^{\circ}\text{C}$ และ $27.0 \pm 1.0^{\circ}\text{C}$ เป็นเวลา 0, 15, 30, 45 และ 60 วัน	151
จ-16 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมด ในรูปกรดแกลลิก (มก./กรัม) ของผลิตภัณฑ์กระเจียบแดงสกัดเข้มข้นระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ $4.0 \pm 1.0^{\circ}\text{C}$ และ $27.0 \pm 1.0^{\circ}\text{C}$ เป็นเวลา 0, 15, 30, 45 และ 60 วัน	152
จ-17 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของ $EC_{50}$ (ไมโครกรัม/มล.) ของผลิตภัณฑ์กระเจียบแดงสกัดเข้มข้นระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ $4.0 \pm 1.0^{\circ}\text{C}$ และ $27.0 \pm 1.0^{\circ}\text{C}$ เป็นเวลา 0, 15, 30, 45 และ 60 วัน	153
จ-18 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของคุณลักษณะด้านสีของผลิตภัณฑ์กระเจียบแดงสกัดเข้มข้นระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ $4.0 \pm 1.0^{\circ}\text{C}$ และ $27.0 \pm 1.0^{\circ}\text{C}$ นาน 0, 30 และ 60 วัน	154

## รายการตารางภาคผนวก (ต่อ)

ตารางภาคผนวกที่	หน้า
จ-19 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของคุณลักษณะด้านความหวานของผลิตภัณฑ์กระเจี๊ยบแดงสกัดเข้มข้นระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ $4.0 \pm 1.0^{\circ}\text{C}$ และ $27.0 \pm 1.0^{\circ}\text{C}$ นาน 0, 30 และ 60 วัน	155
จ-20 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของคุณลักษณะด้านความเปรี้ยวของผลิตภัณฑ์กระเจี๊ยบแดงสกัดเข้มข้นระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ $4.0 \pm 1.0^{\circ}\text{C}$ และ $27.0 \pm 1.0^{\circ}\text{C}$ นาน 0, 30 และ 60 วัน	156
จ-21 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของคุณลักษณะด้านความรู้สึกภายในปากของผลิตภัณฑ์กระเจี๊ยบแดงสกัดเข้มข้นระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ $4.0 \pm 1.0^{\circ}\text{C}$ และ $27.0 \pm 1.0^{\circ}\text{C}$ นาน 0, 30 และ 60 วัน	157
จ-22 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของคุณลักษณะด้านคุณลักษณะด้านการยอมรับโดยรวมของผลิตภัณฑ์กระเจี๊ยบแดงสกัดเข้มข้นระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ $4.0 \pm 1.0^{\circ}\text{C}$ และ $27.0 \pm 1.0^{\circ}\text{C}$ นาน 0, 30 และ 60 วัน	158
ฉ-1 กำลังไฟฟ้าในแต่ละขั้นตอนของการผลิตกระเจี๊ยบแดงสกัดเข้มข้น	165
ฉ-2 การคำนวณต้นทุนการผลิตผลิตภัณฑ์กระเจี๊ยบแดงสกัดเข้มข้น	168
ช-1 ปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมดในรูปไซยานิดิน 3-กลูโคไซด์ (มก./ลิตร กระเจี๊ยบแดงสกัดเข้มข้น) ของผลิตภัณฑ์กระเจี๊ยบแดงสกัดเข้มข้นระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ $4.0 \pm 1.0^{\circ}\text{C}$ และ $27.0 \pm 1.0^{\circ}\text{C}$ นาน 0, 15, 30, 45 และ 60 วัน	169
ช-2 ปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมด ในรูปกรดแกลลิก (มก./กรัมกระเจี๊ยบแดงสกัดเข้มข้น) ของผลิตภัณฑ์กระเจี๊ยบแดงสกัดเข้มข้นระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ $4.0 \pm 1.0^{\circ}\text{C}$ และ $27.0 \pm 1.0^{\circ}\text{C}$ นาน 0, 15, 30, 45 และ 60 วัน	170
ช-3 $EC_{50}$ (ไมโครกรัม/มล.) ของผลิตภัณฑ์กระเจี๊ยบแดงสกัดเข้มข้นระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ $4.0 \pm 1.0^{\circ}\text{C}$ และ $27.0 \pm 1.0^{\circ}\text{C}$ นาน 0, 15, 30, 45 และ 60 วัน	171

## รายการภาพประกอบ

ภาพที่	หน้า
1 โครงสร้างพื้นฐานของแอนโทไซยานิดิน	5
2 โครงสร้างของ 3,5,7-ไตรไฮดรอกซีฟลาโวลีเยมกลอไรด์	6
3 โครงสร้างพื้นฐานของแอนโทไซยานิน	7
4 สูตรโครงสร้างของแอนโทไซยานิดินจำนวน 6 ชนิด ที่พบบ่อยในพืช	8
5 ผลของหมู่ไฮดรอกซิล (-OH) และหมู่เมทอกซิล (-OCH <sub>3</sub> ) ที่มีผลต่อสีของแอนโทไซยานิน	13
6 การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของมัลวิดอิน 3-กลูโคไซด์ที่ระดับค่าพีเอชต่างๆ	14
7 การดูดกลืนแสงของไซยานิดิน 3-แรมโนกลูโคไซด์ที่ความยาวคลื่นในช่วง 350-550 นาโนเมตร ในสารละลายบัฟเฟอร์ที่ระดับค่าพีเอช 0.71, 2.53, 3.31, 3.70 และ 4.02	15
8 ค่าการดูดกลืนแสงของน้ำแครนเบอร์รี่ที่ความยาวคลื่น 530 นาโนเมตรในสารละลายบัฟเฟอร์ที่ระดับค่าพีเอชตั้งแต่ 0.50 – 5.00	15
9 กลไกการต้านอนุมูลอิสระของโครงสร้างฟลาโวนอยด์ที่วงแหวน B	22
10 เครื่องฆ่าเชื้อแบบ steam water spray automated batch	49
11 การเตรียมกระเจียบแดงอบแห้ง	50
12 การส่งผ่านความร้อนของผลิตภัณฑ์กระเจียบแดงสกัดเข้มข้นระหว่างกระบวนการพาสเจอร์ไรเซชัน	80
13 ผลิตภัณฑ์กระเจียบแดงสกัดเข้มข้น	80
14 ปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมดในรูปไซยานิดิน 3-กลูโคไซด์ (มก./ลิตร กระเจียบแดงสกัดเข้มข้น) ของผลิตภัณฑ์กระเจียบแดงสกัดเข้มข้นระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4.0±1.0 <sup>0</sup> ซ และ 27.0±1.0 <sup>0</sup> ซ นาน 0, 15, 30, 45 และ 60 วัน	88
15 ปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมด ในรูปกรดแกลลิก (มก./กรัมกระเจียบแดงสกัดเข้มข้น) ของผลิตภัณฑ์กระเจียบแดงสกัดเข้มข้นระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4.0±1.0 <sup>0</sup> ซ และ 27.0±1.0 <sup>0</sup> ซ นาน 0, 15, 30, 45 และ 60 วัน	90
16 EC <sub>50</sub> (ไมโครกรัม/มล.) ของผลิตภัณฑ์กระเจียบแดงสกัดเข้มข้นระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4.0±1.0 <sup>0</sup> ซ และ 27.0±1.0 <sup>0</sup> ซ นาน 0, 15, 30, 45 และ 60 วัน	93

## รายการภาพประกอบภาคผนวก

รายการภาพประกอบภาคผนวกที่	หน้า
ข-1 แผนผังวิฤภาคของน้ำ	127
ข-2 ความดันไอของน้ำ	128