

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ค
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ฉ
สารบัญตาราง	ญ
สารบัญภาพ	ฎ
สารบัญตารางภาคผนวก	ฏ
สารบัญภาพภาคผนวก	ค
บทที่ 1 บทนำ	1
ที่มาและความสำคัญของปัญหา	2
วัตถุประสงค์ของการศึกษา	2
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
ขอบเขตของการวิจัยและวิธีการศึกษา	3
สถานที่ใช้ในการดำเนินการและรวบรวมข้อมูล	3
บทที่ 2 การตรวจเอกสาร	4
บทที่ 3 วัสดุ อุปกรณ์และวิธีการทดลอง	33
วัสดุและอุปกรณ์	33
วิธีการศึกษา	35
บทที่ 4 ผลการทดลองและอภิปรายผล	38
คุณภาพของมะนาวพันธุ์แป้น	38
ปริมาณสารลิโมนินในเปลือกมะนาว น้ำมะนาว และวิตามินซี ในน้ำมะนาวที่ผลไม่ผ่านการลวก	39
ปริมาณสารลิโมนิน ในเปลือกมะนาว ในน้ำมะนาว ที่ผลผ่านการลวกที่อุณหภูมิและเวลาต่างกัน	42

ปริมาณวิตามินซี ในน้ำมะนาวที่ผ่านการลวก	53
ที่อุณหภูมิและเวลาต่างกัน	
ผลของอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการลวกผลมะนาว	57
ต่อสมบัติทางกายภาพและสมบัติทางเคมี ของน้ำมะนาว	
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง	67
สรุปผลการทดลอง	67
ข้อเสนอแนะ	69
เอกสารอ้างอิง	70
ภาคผนวก ก การเตรียมวัตถุดิบ	76
ภาคผนวก ข การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพและทางเคมี	85
ภาคผนวก ค ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ	93
ประวัติผู้เขียน	101

สารบัญตาราง

ตาราง		หน้า
2.1	องค์ประกอบของมะนาวส่วนที่บริโภคได้ต่อ 100 กรัม	8
2.2	องค์ประกอบของกรดในน้ำมะนาว	8
2.3	องค์ประกอบทางเคมีของน้ำมะนาว	9
2.4	ผลการทดสอบการรับรสขมของน้ำส้ม	13
2.5	ปริมาณวิตามินซีในอาหารที่รับประทานได้ต่อ 100 กรัม	22
2.6	ผลของการหุงต้มด้วยวิธีการต่างๆต่อปริมาณวิตามินซี	23
2.7	ข้อดีและข้อจำกัดของการลวกโดยใช้ไอน้ำและน้ำร้อน	27
2.8	ผลของวิธีการลวกและการทำให้เย็นต่อการสูญเสียวิตามินซีในผักบางชนิด	29
4.1	ปริมาณน้ำมะนาวที่คั้นได้จากผลมะนาวสด	38
4.2	สมบัติทางเคมี และสมบัติทางกายภาพของน้ำมะนาวที่คั้นได้ด้วยที่คั้นน้ำมะนาวจากผลมะนาวที่ไม่ผ่านการลวก	40
4.3	ปริมาณสารลิโมนินในเปลือกมะนาว ที่ผลมะนาวผ่านการลวกที่อุณหภูมิและเวลาต่างกัน	43
4.4	ปริมาณสารลิโมนิน (ppm) ในน้ำที่ใช้ลวกมะนาว	45
4.5	ร้อยละการคงเหลือของปริมาณสารลิโมนินในเปลือกมะนาวที่ผลมะนาวผ่านการลวกน้ำร้อนที่อุณหภูมิและเวลาต่างกัน	46
4.6	ปริมาณสารลิโมนินในน้ำมะนาวที่คั้นได้ด้วยที่คั้นน้ำมะนาวและผลมะนาวผ่านการลวกที่อุณหภูมิและเวลาต่างกัน ปริมาณสารลิโมนินในน้ำมะนาวที่ผลผ่านการลวกที่อุณหภูมิและเวลาต่างกัน และเปลือกเปลือกผลมะนาวก่อนคั้นน้ำ	48
4.7	ร้อยละการคงเหลือของปริมาณสารลิโมนินในน้ำมะนาวที่คั้นได้ด้วยที่คั้นน้ำมะนาวที่ผลมะนาวผ่านการลวกที่อุณหภูมิและเวลาต่างกันและเปลือกเปลือกผลมะนาวก่อนคั้นน้ำ	50

4.8	ร้อยละการคงเหลือของปริมาณสารลิโมนีนในน้ำมะนาวที่คั้น ได้ด้วยที่คั้นน้ำมะนาว ที่ผลมะนาวผ่านการลวกที่อุณหภูมิ และเวลาต่างกันและปอกเปลือกผลมะนาวก่อนคั้นน้ำ	52
4.9	ปริมาณวิตามินซีในน้ำมะนาวที่คั้นได้ด้วยที่คั้นน้ำมะนาว และผลมะนาวผ่านการลวกที่อุณหภูมิและเวลาต่างกัน	54
4.10	ร้อยละการสูญเสียวิตามินซี ในน้ำมะนาวที่คั้นได้ด้วยที่คั้นน้ำมะนาว และผ่านการลวกที่อุณหภูมิและเวลาต่างกัน	55
4.11	ปริมาณกรดทั้งหมดคำนวณในรูปของกรดซิตริก ค่าความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ ค่าสี L a* b* ในน้ำมะนาวที่คั้น ได้ด้วยที่คั้นน้ำมะนาว ที่ผลมะนาวผ่านการลวกที่อุณหภูมิแล เวลาต่างกันและไม่ได้ปอกเปลือกก่อนการคั้นน้ำ	58
4.12	ปริมาณกรดทั้งหมดคำนวณในรูปของกรดซิตริก ค่าความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ ค่าสี L a* b* ในน้ำมะนาวที่คั้น ได้ด้วยที่คั้นน้ำมะนาว ที่ผลมะนาวผ่านการลวกที่อุณหภูมิแล เวลาต่างกันและปอกเปลือกก่อนการคั้นน้ำ	60

สารบัญภาพ

ภาพ	หน้า	
2.1	ลักษณะของต้นมะนาว	5
2.2	ลักษณะของดอกและผลมะนาว	5
2.3	ภาพตัดขวางของผลไม้ตระกูลส้ม (ก) ภาพตัดขวาง (ข) ภาพถุ่นน้ำ	7
2.4	กลไกการเกิดสารที่ให้รสขม (limonon) ในผลไม้ตระกูลส้ม	11
2.5	วิถีเมตาบอลิซึมของ limonoid โดย <i>Pseudomonas monas</i> sp.321.18	12
2.6	การเปลี่ยนแปลงของความเข้มข้นของ limonoate A-ring lactone (LARL) และ limonin glucoside ในผลไม้ตระกูลส้ม	14
2.7	กระบวนการสังเคราะห์สารให้ความขมในกลุ่มลิโมนอยด์ในผลไม้ตระกูลส้ม	16
2.8	สูตรโครงสร้างวิตามินซี	20
2.9	ผลของการหุงต้มต่อการสูญเสียวิตามินซี	24
2.10	การสูญเสียวิตามินซี (ก) การต้มกะหล่ำปลี (ข) การลวกถั่วแขก	24
2.11	การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของเซลล์พืชระหว่างการลวก	28
2.12	การเพิ่มขึ้นของสารลิโมนินเมื่อเก็บน้ำส้มไว้ที่อุณหภูมิต่างกัน	30
4.1	ปริมาณสารลิโมนินในเปลือกมะนาวที่ผลผ่านการลวกน้ำร้อนที่อุณหภูมิและเวลาต่างกัน	42
4.2	ปริมาณสารลิโมนินในน้ำมะนาวที่ผลผ่านการลวกน้ำร้อนที่อุณหภูมิและเวลาต่างกัน และปอกเปลือกก่อนคั้นน้ำมะนาว	47
4.3	ปริมาณสารลิโมนินในน้ำมะนาวที่ผลผ่านการลวกน้ำร้อนที่อุณหภูมิและเวลาต่างกัน และไม่ได้ปอกเปลือกก่อนคั้นน้ำมะนาว	51
4.4	ปริมาณวิตามินซีในน้ำมะนาวที่ผลผ่านการลวกน้ำร้อนที่อุณหภูมิและเวลาต่างกัน และปอกเปลือกก่อนคั้นน้ำมะนาว	56
4.5	ปริมาณวิตามินซีในน้ำมะนาวที่ผลผ่านการลวกน้ำร้อนที่อุณหภูมิและเวลาต่างกัน และไม่ได้ปอกเปลือกก่อนคั้นน้ำมะนาว	56

- 4.6 ปริมาณกรดทั้งหมดคำนวณในรูปของกรดซิตริกในน้ำมะนาว
ที่ผลผ่านการลวกน้ำร้อนที่อุณหภูมิและเวลาต่างกัน และ
ไม่ได้ปอกเปลือกก่อนคั้นน้ำมะนาว 62
- 4.7 ปริมาณกรดทั้งหมดคำนวณในรูปของกรดซิตริกในน้ำมะนาว
ที่ผลผ่านการลวกน้ำร้อนที่อุณหภูมิและเวลาต่างกัน และ
ปอกเปลือกก่อนคั้นน้ำมะนาว 63
- 4.8 ค่าความเป็น กรด-ด่าง ในน้ำมะนาวที่ผลผ่านการลวกน้ำร้อนที่อุณหภูมิ
และเวลาต่างกัน และไม่ได้ปอกเปลือกก่อนคั้นน้ำมะนาว 64
- 4.9 ค่าความเป็น กรด-ด่าง ในน้ำมะนาวที่ผลผ่านการลวกน้ำร้อนที่อุณหภูมิ
และเวลาต่างกัน และปอกเปลือกก่อนคั้นน้ำมะนาว 65

สารบัญตารางภาคผนวก

ตาราง		หน้า
ข-1	การทำกราฟมาตรฐานสารละลายลิโมนิน	91
ค-1	ตารางแสดงผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของน้ำหนักผลมะนาว น้ำหนักเปลือก และปริมาณน้ำมะนาวที่คั้นได้	94
ค-2	ตารางแสดงผลวิเคราะห์ทางสถิติ ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของสมบัติทางกายภาพและสมบัติทางเคมี ของน้ำมะนาวสดที่คั้นได้เปรียบเทียบระหว่างไม่เปลือกเปลือกผล กับเปลือกเปลือกผลก่อนคั้นน้ำ	94
ค-3	การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนเปรียบเทียบปริมาณสารลิโมนินในเปลือกมะนาวเมื่อทำการลวกผลมะนาวที่อุณหภูมิ และเวลาต่างกัน	95
ค-4	การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนเปรียบเทียบปริมาณสารลิโมนินในน้ำมะนาวที่เปลือกก่อนคั้นน้ำ เมื่อทำการลวกผลมะนาวที่อุณหภูมิ และเวลาต่างกัน	95
ค-5	การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนเปรียบเทียบปริมาณสารลิโมนินในน้ำมะนาวที่ไม่ได้เปลือกก่อนคั้นน้ำเมื่อทำการลวกผลมะนาวที่อุณหภูมิ และเวลาต่างกัน	95
ค-6	การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนเปรียบเทียบปริมาณวิตามินซีในน้ำมะนาวที่เปลือกก่อนคั้นน้ำ เมื่อทำการลวกผลมะนาวที่อุณหภูมิ และเวลาต่างกัน	96
ค-7	การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนเปรียบเทียบปริมาณวิตามินซีในน้ำมะนาวที่ไม่ได้เปลือกก่อนคั้นน้ำ เมื่อทำการลวกผลมะนาวที่อุณหภูมิ และเวลาต่างกัน	96
ค-8	การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนเปรียบเทียบปริมาณกรดทั้งหมดคำนวณในรูปกรดซิตริกในน้ำมะนาวที่ไม่ได้เปลือกก่อนคั้นน้ำ เมื่อทำการลวกผลมะนาวที่อุณหภูมิ และเวลาต่างกัน	96

- ค- 9 การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนเปรียบเทียบปริมาณกรดทั้งหมุดคำนวณ 97
 ในรูปกรดซัลฟิวริกในน้ำมะนาวที่ปอกเปลือกก่อนคั้นน้ำ เมื่อทำการลวก
 ผลมะนาวที่อุณหภูมิและเวลาต่างกัน
- ค- 10 การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนเปรียบเทียบค่าความเป็น กรด-ด่าง 97
 ในน้ำมะนาวที่ไม่ได้ปอกเปลือกก่อนคั้นน้ำ เมื่อทำการลวกผลมะนาว
 ที่อุณหภูมิและเวลาต่างกัน
- ค- 11 การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนเปรียบเทียบค่าความเป็น กรด-ด่าง 97
 ในน้ำมะนาวที่ปอกเปลือกก่อนคั้นน้ำ เมื่อทำการลวกผลมะนาวที่
 อุณหภูมิ และเวลาต่างกัน
- ค- 12 การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนเปรียบเทียบปริมาณของแข็งที่ละลายได้ 98
 ในน้ำมะนาวที่ปอกเปลือกก่อน คั้นน้ำ เมื่อทำการลวกผลมะนาวที่อุณหภูมิ
 และเวลาต่างกัน
- ค- 13 การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนเปรียบเทียบปริมาณของแข็งที่ละลายได้ 98
 ในน้ำมะนาวที่ไม่ได้ปอกเปลือกก่อน คั้นน้ำ เมื่อทำการลวกผลมะนาวที่
 อุณหภูมิ และเวลาต่างกัน
- ค- 14 การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนเปรียบเทียบค่าสี L ในน้ำมะนาวที่ 98
 ปอกเปลือกก่อน คั้นน้ำ เมื่อทำการลวกผลมะนาวที่อุณหภูมิ
 และเวลาต่างกัน
- ค- 15 การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนเปรียบเทียบค่าสี L ในน้ำมะนาว 99
 ที่ไม่ได้ปอกเปลือกก่อน คั้นน้ำ เมื่อทำการลวกผลมะนาวที่อุณหภูมิ
 และเวลาต่างกัน
- ค- 16 การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนเปรียบเทียบค่าสี a* ในน้ำมะนาว 99
 ที่ปอกเปลือกก่อน คั้นน้ำ เมื่อทำการลวกผลมะนาวที่อุณหภูมิ
 และเวลาต่างกัน
- ค- 17 การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนเปรียบเทียบค่าสี a* 99
 ในน้ำมะนาวที่ไม่ได้ปอกเปลือกก่อน คั้นน้ำ เมื่อทำการลวก
 ผลมะนาวที่อุณหภูมิ และเวลาต่างกัน

- | | | |
|-------|--|-----|
| ค- 18 | การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนเปรียบเทียบค่าสี b*
ในน้ำมะนาวที่ ปอกเปลือกก่อน คั้นน้ำ เมื่อทำการลวก
ผลมะนาวที่อุณหภูมิ และเวลาต่างกัน | 100 |
| ค- 19 | การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนเปรียบเทียบค่าสี b*
ในน้ำมะนาวที่ไม่ได้ปอกเปลือกก่อน คั้นน้ำ เมื่อทำการลวก
ผลมะนาวที่อุณหภูมิ และเวลาต่างกัน | 100 |

สารบัญภาพภาคผนวก

ภาพ		หน้า
ก-1	มะนาวพันธุ์เป็นผลสดอายุ 14-15 สัปดาห์	77
ก-2.	ที่คั้นน้ำมะนาว แบบบีบกด	78
ก-3	ผลมะนาวที่ปอกเปลือก	79
ก-4	เปลือกมะนาว และเนื้อเยื่อสีขาว	79
ก-5	ผลมะนาวที่ผ่านการลวกที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส	81
ก-6	ผลมะนาวที่ผ่านการลวกที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส	82
ก-7	ผลมะนาวที่ผ่านการลวกที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส	83
ก-8	ผลมะนาวที่ผ่านการลวกที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส	84
ข-1	กราฟมาตรฐานสารละลายลิโมนิน	91
ข-2	ตัวอย่าง peak จากการฉีดสารตัวอย่างที่สกัดได้จากเปลือกมะนาว	92
ข-3	ตัวอย่าง peak จากการฉีดตัวอย่างที่สกัดได้จากน้ำมะนาว	92