

การศึกษาวิธีการลดปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ตกค้างในผลลำไยสด

สุชาดา ทองศรี

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของความสมบูรณ์ของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาพืชสวน

โครงการบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยแม่โจ้

พ.ศ. 2549

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยแม่โจ้



ใบรับรองวิทยานิพนธ์

โครงการบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยแม่โจ้

ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาพืชสวน

ชื่อเรื่อง

การศึกษาวิธีการลดปริมาณชาล์เฟอร์ไดออกไซด์ตกค้างในผลลำไยสด

โดย

สุชาดา ทองศรี

พิจารณาเห็นชอบโดย

ประธานกรรมการที่ปรึกษา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชีรนุช เจริญกิจ)

วันที่ 8 เดือน พ.ค. พ.ศ. 2549

กรรมการที่ปรึกษา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์จักรพงษ์ พิมพ์พิมล)

วันที่ 8 เดือน พ.ค. พ.ศ. 49

กรรมการที่ปรึกษา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์พาวิน มะโนชัย)

วันที่ 11 เดือน พ.ค. พ.ศ. 2549

ประธานกรรมการประจำหลักสูตร

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ประสิทธิ์ โนรี)

วันที่ 5 เดือน 5 พ.ศ. 49

โครงการบัณฑิตวิทยาลัยรับรองแล้ว

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ทรงวุฒิ เพ็ชรประดับ)

รองประธานกรรมการ โครงการบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ 18 เดือน 5 พ.ศ. 49

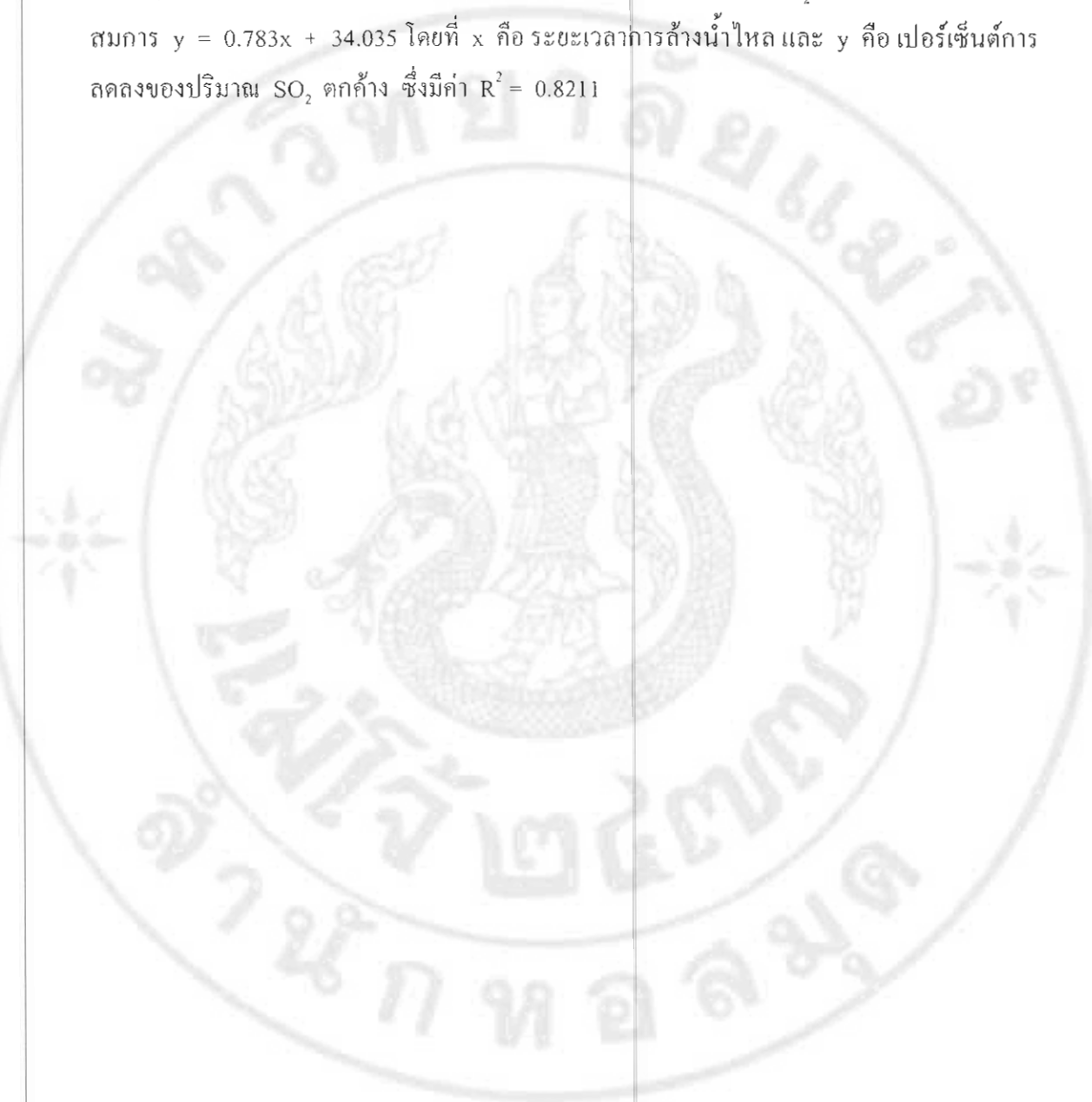
ชื่อเรื่อง	การศึกษาวิธีการลดปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ตกค้าง ในผลลำไยสด
ชื่อผู้เขียน	นางสาวสุชาดา ทองศรี
ชื่อปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาพืชสวน
ประธานกรรมการที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธีรณัฐ เจริญกิจ

บทคัดย่อ

การสำรวจปริมาณสารซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) ตกค้างในผลลำไยสดของสถานประกอบการรวมลำไยสดในจังหวัดเชียงใหม่และลำพูน โดยการสุ่มตัวอย่างจากโรงรวมลำไยจำนวน 10 แห่ง ผลจากการสำรวจ พบว่า ปริมาณ SO_2 ตกค้างในเปลือกผลเฉลี่ย 2,039.93 ppm และในเนื้อผล 227.84 ppm เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับปริมาณ SO_2 ตกค้างจากการรมที่กฎวิธีของสถาบันอาหาร ซึ่งกำหนดว่าปริมาณ SO_2 ตกค้างในเปลือกผล 1,700 ppm และในเนื้อผลไม่เกิน 10 ppm (อนวัช, 2540) พบว่า สถานประกอบการรวมลำไยที่มีปริมาณ SO_2 ตกค้างในเปลือกผลสูงเกินกว่าค่าที่ได้กำหนดไว้ดังกล่าว มีจำนวน 8 แห่ง (ร้อยละ 80) ส่วนปริมาณ SO_2 ตกค้างในเนื้อผลนั้น พบว่า ทุกสถานประกอบการ (ร้อยละ 100) มีปริมาณ SO_2 ตกค้างสูงเกินกว่าที่กำหนดไว้

จากการศึกษาวิธีการลดปริมาณ SO_2 ตกค้างในผลลำไยสดโดยการนำผลลำไยสดที่รมด้วย SO_2 มาล้างโดยการแช่น้ำที่มีระดับอุณหภูมิและระยะเวลาต่างๆ พบว่า อุณหภูมิของน้ำไม่มีผลต่อการลดลงของปริมาณ SO_2 ตกค้างบนเปลือกผลและในเนื้อผล แต่เวลาในการแช่น้ำมีผลต่อการลดลงของปริมาณ SO_2 ตกค้างในเปลือกผล การแช่ผลลำไยนาน 15 นาที สามารถลดปริมาณ SO_2 ตกค้างได้ 37.57 เปอร์เซ็นต์ สูงกว่าการแช่น้ำที่ระยะเวลา 10 นาที และ 5 นาที ซึ่งสามารถลดปริมาณ SO_2 ตกค้างได้ 26.99 และ 23.37 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนในเนื้อผล พบว่า อุณหภูมิและระยะเวลาในการแช่ไม่มีผลต่อการลดลงของปริมาณ SO_2 ตกค้าง ในขณะที่เดียวกันไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและระยะเวลาในการแช่น้ำต่อการลดลงของปริมาณ SO_2 ตกค้างทั้งในเปลือกและในเนื้อผลลำไย ส่วนการลดปริมาณ SO_2 ตกค้างในผลลำไยสดโดยการล้างด้วยน้ำไหลที่อุณหภูมิและระยะเวลาดังกล่าว พบว่า อุณหภูมิของน้ำไม่มีผลต่อการลดลงของปริมาณ SO_2 ตกค้างในเปลือกผล แต่ระยะเวลาในการล้างน้ำไหลมีผลต่อการลดลงของปริมาณ SO_2 ตกค้างใกล้เคียงกัน คือ 32.25 – 35.46 เปอร์เซ็นต์ ส่วนในเนื้อผล พบว่า อุณหภูมิของน้ำไหลไม่มีผลต่อการลดลงของปริมาณ SO_2 ตกค้าง แต่ระยะเวลาในการล้างน้ำไหลมีผลต่อการลดลงของปริมาณ SO_2 ตกค้าง โดยการล้างน้ำไหลเป็นเวลา 15 นาที สามารถลดปริมาณ SO_2 ตกค้างได้ 47.89 เปอร์เซ็นต์ ดีกว่า

การล้างน้ำไหลที่ 10 และ 5 นาที ซึ่งสามารถลดปริมาณ SO_2 ตกค้างได้ 38.70 และ 35.46 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ โดยไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและระยะเวลาในการล้างน้ำไหลต่อการลดลงของปริมาณ SO_2 ตกค้าง และจากการวิเคราะห์สมการเชิงเส้นระหว่าง x และ y ตามระยะเวลาดังกล่าว (5 - 15 นาที) พบว่า ระยะเวลาการล้างที่นานขึ้นสามารถลด SO_2 ตกค้างได้มากขึ้นตามสมการ $y = 0.783x + 34.035$ โดยที่ x คือ ระยะเวลาการล้างน้ำไหล และ y คือ เปอร์เซ็นต์การลดลงของปริมาณ SO_2 ตกค้าง ซึ่งมีค่า $R^2 = 0.8211$



Title	A study of the method to reduce SO ₂ residue on fresh Longan (<i>Dimocapus longan</i> Lour.)
Author	Miss Suchada Tongsri
Degree of	Master of Science in Horticulture
Advisory Committee Chairperson	Assistant Professor Dr.Theeranuch Jaroenkit

ABSTRACT

The survey on the amount of SO₂ residues on fresh longan in Lumphun and Chiang Mai was conducted through samples taken from 10 longan factories. Results showed that SO₂ residues were found in rind at an average of 2,039.93 ppm and 227.84 ppm in the aril. When compared to the residues from standard gassing system, SO₂ residues found in rind was 1,700 ppm and not more than 10 ppm in aril (Anawat, 1997). Results showed that 80 percent (8 sites) were found to have higher SO₂ residues in the rinds which was much higher than the recommended amount. On the other hand SO₂ residues in the aril was also higher than recommended amount in 10 sites. In this study, fresh longan was soaked in water at several temperature and soaking periods. Results showed that the water temperature was found to have no effect towards the reduction of SO₂ residues on the rind and the aril but the period of time for soaking was shown to cause reduction in SO₂ residues in the rind. During 15 minutes soaking, SO₂ was decreased (37.57%) and much higher than 10 minutes soaking (26.99%) and 5 minutes soaking (23.37%), whereas in the aril, the soaking time and water temperature did not affect SO₂ residue reduction. Meanwhile, there was no relationship between temperature and soaking with reduction of SO₂ residues in the rind and the aril. On the other hand, for the reduction of SO₂ residue on fresh longan caused by rinsing with flowing water at several temperature and soaking times, results showed that temperature did not affect SO₂ residue reduction but in the rind, rinsing time with flowing water produced nearly 32.25 – 35.46%. In the aril, it was found that SO₂ residue was more reduced by rinsing in flowing water for 15 minutes (47.89%) than 10 (38.70%) and 5 (35.46%) minutes, respectively. However, there was no interaction between temperature and time toward reduction of SO₂ residues. Meanwhile, analysis of regression between x and y at a certain time (5 – 15 minutes) found that more SO₂ reduction occurred time when rinsing was extended as

(7)

indicated in the equation $y = 0.783x + 34.035$, with x as rinsing time to using with flowing water and y as the percentage of SO_2 residue reduction, $R^2 = 0.8211$.



กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยความกรุณาของ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธีรณัฐ เจริญกิจ ประสานกรรมการที่ปรึกษา ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษาและแนะนำตั้งแต่เริ่มต้นการทดลอง ตลอดจนตรวจทานแก้ไขวิทยานิพนธ์จนเสร็จสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์จักรพงษ์ พิมพ์พิมล ผู้ช่วยศาสตราจารย์พาวัน มะโนชัย กรรมการที่ปรึกษา และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นันทฤทธิ์ โชคลาวร ผู้แทนบัณฑิตวิทยาลัย ที่ได้ให้คำปรึกษาแนะนำตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบคุณ เจ้าหน้าที่ ภาควิชาพืชสวน และภาควิชาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว ที่ให้ความอนุเคราะห์และอำนวยความสะดวกในการใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ต่างๆ ตลอดจนการทดลอง และขอขอบคุณสถานประกอบการ โรงรมลำไยในเขตจังหวัดลำพูนและเชียงใหม่ ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการเก็บตัวอย่างลำไยสดเพื่อการทดลอง

ขอขอบคุณ พี่นุ้ย และน้องๆ ภาควิชาพืชสวน ที่คอยให้ความช่วยเหลือ และให้กำลังใจ ในระหว่างที่ศึกษาและทำการทดลอง รวมทั้ง นายชาญชัย ขอดภิรมย์ ที่คอยให้ความช่วยเหลือในการเดินทางไปสำรวจข้อมูล และคอยเป็นกำลังใจที่ดีในระหว่างที่ศึกษาและทำการทดลองมาโดยตลอด

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณ พ่อวิเชียร แม่สำอองค์ ทองศรี และพี่ชายที่รักทั้ง 2 คน รวมถึงทุกๆ คนในครอบครัวที่ให้การสนับสนุนคอยดูแลให้คำปรึกษาและเป็นกำลังใจที่ดีเสมอมา

นางสาวสุชาดา ทองศรี

พฤษภาคม 2549

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	(4)
ABSTRACT	(6)
กิตติกรรมประกาศ	(8)
สารบัญ	(9)
สารบัญตาราง	(11)
สารบัญภาพ	(12)
สารบัญตารางผนวก	(13)
สารบัญภาพผนวก	(16)
บทที่ 1 บทนำ	1
ความสำคัญของปัญหา	2
วัตถุประสงค์	2
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
ขอบเขตงานวิจัย	2
บทที่ 2 ตรวจเอกสาร	3
ถิ่นกำเนิดและการแพร่กระจายของกำมะถัน	3
แหล่งที่ปล่อยกำมะถัน	3
ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของกำมะถัน	3
ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (Sulfur dioxide: SO ₂)	6
ปัญหาหรืออันตรายที่เกิดจากการใช้ SO ₂ ในผลผลิตทางการเกษตร	9
การเคลื่อนย้ายของ SO ₂ ในผลผลิตลำไยสด	9
การลดปริมาณสารพิษด้วยการล้างน้ำ	9
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการทดลอง	11
สถานที่ดำเนินการทดลอง	11
วัสดุและอุปกรณ์	11
วิธีการทดลอง	13
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง	19
ผลการทดลอง	19
วิจารณ์ผลการทดลอง	32

บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ	36
สรุป	36
ข้อเสนอแนะ	36
บรรณานุกรม	37
ภาคผนวก	40
ภาคผนวก ก การคำนวณและวิธีการเตรียมสารเคมี	41
ภาคผนวก ข ตารางการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance)	43
ภาคผนวก ค ภาพประกอบงานทดลอง	53
ประวัติผู้วิจัย	56

สารบัญตาราง

ตาราง		หน้า
1	ปริมาณและมูลค่าการส่งออกลำไย ปี พ.ศ. 2544 – 2547	5
2	อัตราส่วนการเผาผลาญกำมะถันที่เหมาะสม	8
3	ปริมาณสารตกค้างสูงสุดของ SO_2 ที่ประเทศต่างๆ ยอมให้มีได้	8
4	แสดง Treatment combination ของการแช่น้ำ	16
5	แสดง Treatment combination ของการล้างน้ำไหล	17
6	ผลการสกัดปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) ตกค้างของผลลำไยสดในฤดูจาก สถานประกอบการ 10 แห่ง ในเขตจังหวัดลำพูนและเชียงใหม่	20
7	ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) ตกค้าง (ppm) ในเปลือกของผลลำไยสดในแต่ และจุดที่เก็บตัวอย่างจากสถานประกอบการ 10 แห่งในจังหวัดลำพูนและเชียงใหม่	22
8	ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) ตกค้าง (ppm) ในเนื้อของผลลำไยสดในแต่และ จุดที่เก็บตัวอย่าง จากสถานประกอบการ 10 แห่งในจังหวัดลำพูนและเชียงใหม่	23
9	สีผิวของลำไย	24
10	ปริมาณ SO_2 ตกค้าง (ppm) และเปอร์เซ็นต์การลดลง ของปริมาณ SO_2 ตกค้าง (%) ในเปลือกของผลลำไยสดหลังการล้างด้วยวิธีการแช่น้ำ	26
11	ปริมาณ SO_2 ตกค้าง (ppm) และเปอร์เซ็นต์การลดลง ของปริมาณ SO_2 ตกค้าง (%) ในเนื้อของผลลำไยสดหลังการล้างด้วยวิธีการแช่น้ำ	27
12	ปริมาณ SO_2 ตกค้าง (ppm) และเปอร์เซ็นต์การลดลง ของปริมาณ SO_2 ตกค้าง (%) ในเปลือกของผลลำไยสดหลังการล้างน้ำไหล	29
13	ปริมาณ SO_2 ตกค้าง (ppm) และเปอร์เซ็นต์การลดลง ของปริมาณ SO_2 ตกค้าง (%) ในเนื้อของผลลำไยสดหลังการล้างน้ำไหล	30

สารบัญภาพ

ภาพ		หน้า
1	แผนผังการเก็บตัวอย่างผลลำไยจากแต่ละจุดของห้องรม	13
2	ขั้นตอนการสกัดปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) ด้วยวิธี Modified Monier- William	14
3	ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) ตกค้าง (ppm) ในเปลือกของผลลำไยสด	21
4	ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) ตกค้าง (ppm) ในเนื้อของผลลำไยสด	21
5	ความสัมพันธ์เชิงเส้น (Regression) ของระยะเวลาการล้างน้ำไหล (x) กับ เปอร์เซ็นต์การลดลงของ SO_2 ตกค้างในเนื้อ (y)	31

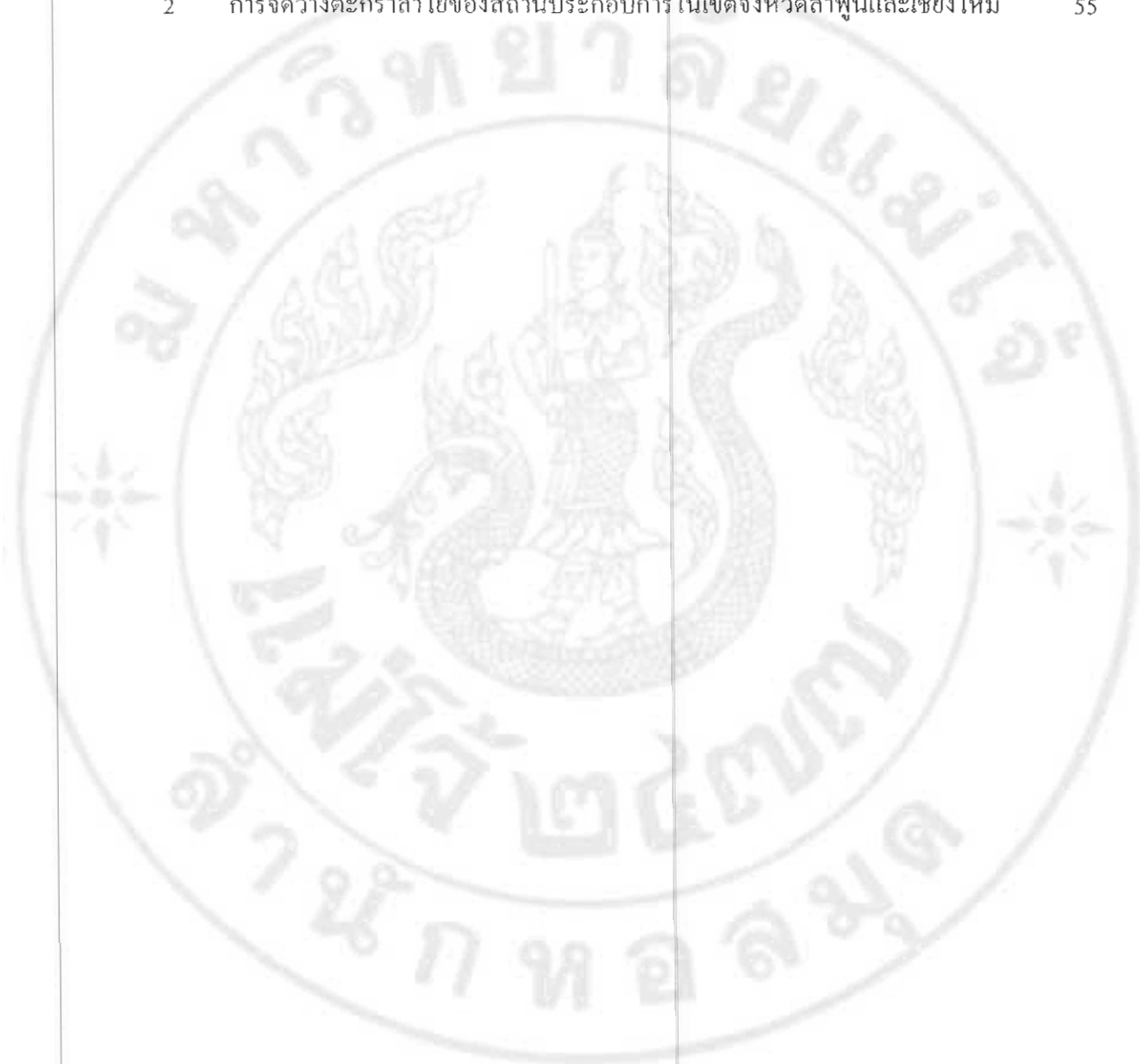
ตาราง	หน้า
13 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance) ปริมาณ SO ₂ ตกค้าง (ppm) ในเนื้อของลำไยสดหลังการรมด้วย SO ₂ โรงงานที่ 3	47
14 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance) ปริมาณ SO ₂ ตกค้าง (ppm) ในเนื้อของลำไยสดหลังการรมด้วย SO ₂ โรงงานที่ 4	47
15 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance) ปริมาณ SO ₂ ตกค้าง (ppm) ในเนื้อของลำไยสดหลังการรมด้วย SO ₂ โรงงานที่ 5	47
16 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance) ปริมาณ SO ₂ ตกค้าง (ppm) ในเนื้อของลำไยสดหลังการรมด้วย SO ₂ โรงงานที่ 6	47
17 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance) ปริมาณ SO ₂ ตกค้าง (ppm) ในเนื้อของลำไยสดหลังการรมด้วย SO ₂ โรงงานที่ 7	48
18 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance) ปริมาณ SO ₂ ตกค้าง (ppm) ในเนื้อของลำไยสดหลังการรมด้วย SO ₂ โรงงานที่ 8	48
19 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance) ปริมาณ SO ₂ ตกค้าง (ppm) ในเนื้อของลำไยสดหลังการรมด้วย SO ₂ โรงงานที่ 9	48
20 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance) ปริมาณ SO ₂ ตกค้าง (ppm) ในเนื้อของลำไยสดหลังการรมด้วย SO ₂ โรงงานที่ 10	48
21 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance) ค่าความสว่าง (L-value)	49
22 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance) ค่าแสดงลักษณะสีเขียว และสีแดง (a-value)	49
23 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance) ค่าแสดงลักษณะสีน้ำตาล และสีเหลือง (b-value)	49
24 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance) ปริมาณ SO ₂ ตกค้าง (ppm) ในเปลือกของลำไยสด หลังการล้างด้วยแช่น้ำที่อุณหภูมิและระยะเวลาต่างๆ	50
25 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance) ปริมาณ SO ₂ ตกค้าง (ppm) ในเนื้อของลำไยสด หลังการล้างด้วยแช่น้ำที่อุณหภูมิและระยะเวลาต่างๆ	50

ตาราง	หน้า
26 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance) ปริมาณ SO ₂ ตกค้าง (ppm) ในเปลือกของลำไยสดหลังการล้างน้ำไหลที่อุณหภูมิและระยะเวลาต่างๆ	50
27 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance) ปริมาณ SO ₂ ตกค้าง (ppm) ในเนื้อของลำไยสดหลังการล้างน้ำไหลที่อุณหภูมิและระยะเวลาต่างๆ	50
28 รายละเอียดของสถานประกอบการในเขตจังหวัดลำพูนและเชียงใหม่	51
29 ลักษณะการจัดการห้องรม SO ₂	51



สารบัญภาพผนวก

ภาพ		หน้า
1	ลักษณะของอุปกรณ์ที่ใช้ในการสกัด SO_2	54
2	การจัดวางตะกร้าดำไยของสถานประกอบการในเขตจังหวัดลำพูนและเชียงใหม่	55



บทที่ 1

บทนำ

ลำไยจัดได้ว่าเป็นไม้ผลเศรษฐกิจที่สำคัญของไทย โดยในปี พ.ศ. 2547 มีปริมาณการส่งออกลำไย ถึง 116,188 ตัน คิดเป็นมูลค่ากว่า 2193.23 ล้านบาท (สำนักงานรักษาเสถียรภาพราคาสินค้าเกษตรกรมการค้าภายใน, 2547) แต่เนื่องจากลำไยเป็นผลไม้ที่มีอายุการเก็บรักษาค่อนข้างสั้น มัก จะเกิดการเน่าเสียได้ง่าย จึงทำให้ต้องมีการรมผลลำไยด้วยก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) ที่ได้จากการเผาถ่านหิน ซึ่ง SO_2 เป็นก๊าซที่มีฤทธิ์เป็นกรดสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุการเน่าเสีย นอกจากนี้ยังมีคุณสมบัติในการฟอกสีและยังช่วยป้องกันการเกิดสีน้ำตาลในผลิตภัณฑ์ที่เก็บเกี่ยวมาแล้วทั้งที่เป็นปฏิกิริยาที่มีและไม่มีเอนไซม์มาเกี่ยวข้อง (จริงแท้, 2538) ทำให้ผลลำไยมีสีผิวที่สวยงามและเป็นที่ต้องการของตลาด แต่การรมผลลำไยด้วยสาร SO_2 มักมีปัญหาเกิดขึ้นคือการมีปริมาณ SO_2 ตกค้างในผลลำไยสูงเกินมาตรฐานที่ได้กำหนดไว้ ทำให้ผลลำไยจากประเทศไทยถูกห้ามนำเข้าจากประเทศคู่ค้ามากขึ้น

ดังนั้นการศึกษาเรื่องวิธีการลดปริมาณ SO_2 ที่ตกค้างในผลผลิตลำไยโดยไม่มีผลกระทบต่อคุณภาพของลำไยจึงเป็นเรื่องที่ควรทำการทดลองเป็นอย่างยิ่ง ซึ่งน้ำมีคุณสมบัติเป็นตัวทำละลายที่ดีตรงกับคุณสมบัติของ SO_2 ที่สามารถละลายน้ำได้ดี จึงทำให้เกิดสมมติฐานของการทดลอง คือ การล้างผลลำไยที่ผ่านการรม SO_2 ด้วยน้ำสามารถลดปริมาณ SO_2 ที่ตกค้างลงได้

ความสำคัญของปัญหา

การส่งออกลำไยในปัจจุบันต้องประสบปัญหาการถูกห้ามนำเข้าจากประเทศคู่ค้ามากขึ้น เนื่องจากการตรวจพบปริมาณ SO_2 ตกค้างในผลลำไยมีปริมาณสูงเกินกว่ามาตรฐานกำหนดไว้ ดังนั้นการศึกษาวิธีการลดปริมาณ SO_2 ตกค้างในผลลำไยจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่ง เพื่อเป็นแนวทางในการผลิตลำไยเพื่อการส่งออกที่มีคุณภาพและเป็นที่ยอมรับจากต่างประเทศมากยิ่งขึ้น

วัตถุประสงค์

เพื่อทดสอบหาวิธีการลดปริมาณ SO_2 ตกค้างในผลลำไยสดภายหลังการรมด้วย SO_2 ที่ได้จากการเผากำมะดัน

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ได้กรรมวิธีที่เหมาะสมในการลดปริมาณสาร SO_2 ตกค้างในผลลำไยสด

ขอบเขตการวิจัย

1. เก็บข้อมูลพื้นฐานเรื่องการตกค้างของ SO_2 ในผลลำไยสดจากผู้ประกอบการที่ทำการรมลำไย
2. ศึกษาหาวิธีที่เหมาะสมในการลดปริมาณ SO_2 ตกค้างในผลลำไยสด

บทที่ 2

ตรวจเอกสาร

ถิ่นกำเนิดและการแพร่กระจายของลำไย

ถิ่นกำเนิดของลำไยสันนิษฐานว่าอยู่ในประเทศจีนตอนใต้ ซึ่งปลูกกันมากในมณฑลฟูเจี้ยน จากนั้นได้มีการแพร่กระจายเข้าสู่อินเดีย ศรีลังกา พม่า ฟิลิปปินส์ ยุโรป จนกระทั่งปี พ.ศ. 2437 มีการนำลำไยเข้ามาปลูกในประเทศไทย (พาวัน, 2544)

แหล่งที่ปลูกลำไย

แหล่งที่ปลูกที่สำคัญคือจังหวัดที่อยู่ในเขตภาคเหนือ ได้แก่ เชียงใหม่ ลำพูน เชียงราย ลำปางแพร่ น่าน พะเยา นอกจากนี้ยังมีการปลูกในภาคตะวันออก เช่น อำเภอบึงนาราง จังหวัด จันทบุรี (เกศินี, 2528)

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของลำไย

ลำไย (Longan) จัดเป็นพืชที่อยู่ในตระกูล Sapindaceae มีชื่อวิทยาศาสตร์ คือ *Dimocarpus longan* Lour. จัดเป็นไม้ผลเขตร้อน พืชร่วมตระกูลที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจได้แก่ เงาะ ลิ้นจี่ (เกศินี, 2528) และพาวัน (2544) ได้บรรยายลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของลำไยไว้ดังนี้

ลำต้น ลำไยเป็นพืชที่มีขนาดกลางจนถึงใหญ่ ต้นที่ขยายพันธุ์ด้วยเมล็ดมีต้นตรง ความสูงประมาณ 10 – 15 เมตร แต่ต้นที่ขยายพันธุ์ด้วยการตอนกิ่งมักจะแตกกิ่งก้านสาขาใกล้ๆ กับพื้น ทรงพุ่มต้นสวยงาม มีการแตกกิ่งก้านสาขาดี เนื้อไม้เปราะทำให้กิ่งหักง่ายกว่าต้นลิ้นจี่ เปลือกลำต้นขรุขระ มีสีน้ำตาลหรือสีเทา

ใบ ใบลำไยเป็นใบรวมที่ประกอบด้วยใบย่อยอยู่บนก้านใบรวมกัน ปลายใบเป็นคู่ มีใบย่อย 2 – 5 คู่ ใบรวมมีความยาว 20 – 30 เซนติเมตร ใบย่อยเรียงตัวสลับหรือเกือบตรงข้าม ความกว้างของใบย่อย 3 – 6 เซนติเมตร ยาว 7 – 15 เซนติเมตร รูปร่างใบเป็นรูปรีหรือรูปหอก ส่วนปลายใบและฐานใบค่อนข้างป้าน ใบด้านบนมีสีเขียวเข้มกว่าด้านล่าง ผิวใบด้านบนเรียบ ส่วนผิวใบด้านล่างสาเล็กเล็กน้อย ขอบใบเรียบไม่มีหยัก ใบเป็นคลื่นเล็กน้อยและเห็นเส้นใบแขนง (vein) แตกออกจากเส้นกลางใบชัดเจนและมีจำนวนมาก

ช่อดอก ช่อดอกเกิดเป็นช่อ (compound dichasis) ซึ่งมีการแตกก้านดอกออกเป็นแขนงจากก้านที่แตกและแต่ละก้านแขนงนั้นก็แตกแขนงอีกครั้ง ส่วนมากจะเกิดจากตาที่ปลายยอด บางครั้งอาจเกิดจากตาข้างของกิ่ง ความยาวของช่อดอกประมาณ 15 – 60 เซนติเมตร ช่อดอกขนาดกลางจะมีดอกย่อยประมาณ 3,000 ดอก ซึ่งการเรียงตัวของช่อดอกเป็นแบบ panicle และ thyrse

ดอก ดอกลำไยมีสีขาวหรือสีขาวออกเหลือง มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 6 – 8 มิลลิเมตร ช่อดอกหนึ่งๆ อาจมีดอก 3 ชนิด (polygamo – monoecious) คือ ดอกตัวผู้ (staminate flower) ดอกตัวเมีย (pistillate flower) และดอกสมบูรณ์เพศ (perfect flower) ลักษณะที่คล้ายคลึงกันของดอกทั้ง 3 ชนิด คือ มีกลีบเลี้ยงสีเขียวปนน้ำตาลหนาแข็ง 5 กลีบ มีกลีบดอกสีขาว 5 กลีบ

ก. ดอกตัวผู้ (staminate flower) มีเกสรตัวผู้จำนวน 6 – 8 อัน เรียงเป็นชั้นเดียวอยู่บนจานรองดอก (dish) ซึ่งมีสีน้ำตาลอ่อนและมีลักษณะฉ่ำน้ำ ก้านชูเกสรตัวผู้มีขน เกสรตัวผู้มีความยาวสม่ำเสมอประมาณ 3.5 มิลลิเมตร เกสรตัวผู้แบ่งออกเป็น 2 หยัก (lobe) และแตกตามยาวเมื่อดอกบานเต็มที่

ข. ดอกตัวเมีย (pistillate flower) มีเกสรตัวเมียที่ประกอบไปด้วยรังไข่ ซึ่งมีขนปกคลุมที่มี 2 พู (bicarpellate) ตั้งอยู่ตรงกลางจานรองดอก (dish) ในแต่ละพูจะมีเพียง 1 ช่อง (locule) เท่านั้นที่จะเจริญเติบโตและพัฒนาจนเป็นผล ส่วนอีกพูหนึ่งจะค่อย ๆ ฝ่อและร่วงหล่นไป แต่บางครั้งก็อาจจะเจริญไปเป็นผลลำไยแฝดได้ทั้ง 2 พู เกสรตัวเมียจะอยู่ตรงกลางระหว่างพู ก้านเกสรตัวเมีย (style) ยาวประมาณ 2.5 มิลลิเมตร ตรงปลายยอดเกสร (stigma) แยกออกเป็น 2 แฉกเห็นได้ชัดเจนเมื่อดอกบานเต็มที่ ในดอกตัวเมียบ้างก็มีเกสรตัวผู้ (stamen) ซึ่งมีก้านเกสรตัวผู้สั้น (semi-sesile filament) ยาวประมาณ 1 มิลลิเมตร มีประมาณ 6 – 8 อัน แต่เกสรตัวผู้เหล่านี้จะเป็นหมัน (sterile anther) ซึ่งอับเรณูของเกสรตัวผู้จะไม่แตกและไม่มีการงอก โดยจะค่อย ๆ เหี่ยวตายไปหลังจากดอกบาน

ค. ดอกสมบูรณ์เพศ (perfect flower) มีทั้งเกสรตัวผู้และตัวเมียอยู่ในดอกเดียวกัน รังไข่พองเป็นกระเปาะค่อนข้างกลม ขนาดเล็กกว่ารังไข่ของดอกตัวเมีย ยอดเกสรตัวเมียจะสั้นกว่าและตรงปลายจะแยกเพียงเล็กน้อยเมื่อดอกบาน ก้านชูอับเรณูของเกสรของดอกสมบูรณ์เพศจะมีความยาวไม่สม่ำเสมอ อยู่ระหว่าง 1.5 – 3 มิลลิเมตร ดอกสมบูรณ์เพศสามารถติดผลได้เช่นเดียวกับดอกตัวเมีย โดยปกติแล้วจะพบดอกสมบูรณ์เพศน้อยอาจพบเพียง 1 – 2 ดอก / ช่อ

ดอกตัวผู้และดอกตัวเมียของลำไยจะบานไล่เลี่ยกันและจะบานเป็นรุ่น ๆ กล่าวคือ จะทยอยบานจากดอกตรงปลายช่อก่อน ช่วงระยะการบานของดอกจะใช้เวลาประมาณ 1 – 1.5 เดือน การผสมเกสรตามธรรมชาติอาจเกิดจากการผสมภายในต้นเดียวกันหรือผสมข้ามต้นโดยอาศัยผึ้ง

ผล ผลลำไยจัดเป็นผลเดี่ยวที่มีรูปร่างค่อนข้างกลมหรือรูปไข่ ลำไยพันธุ์กะโหลกหรือพันธุ์ผลโตอาจมีเส้นผ่าศูนย์กลางอย่างต่ำประมาณ 2.5 เซนติเมตร เปลือกผลมีสีเหลืองหรือสีน้ำตาลอมแดง ผิวเปลือกเรียบหรือเกือบเรียบ มีตุ่มแบน ๆ ที่เปลือกด้านนอก เปลือกบาง ขนาดของผลแตกต่างกันตามพันธุ์ เนื้อหนา เนื้อ (aril) เกิดจากส่วนที่เจริญขึ้นมาจากก้านไข่ (funiculus) ซึ่งเนื้อเยื่อส่วนนี้เป็นพวกเนื้อเยื่อพองน้ำและเป็นผิวหุ้มเมล็ดส่วนนอก (outer integument) เป็นเนื้อเยื่อพารენไคมา ซึ่งจะเจริญล้อมรอบเมล็ดและจะอยู่ระหว่างเปลือกกับเมล็ด มีสีขาวขุ่น คล้ายวุ้น หรือสีชมพูเรื่อ ๆ แตกต่างกันตามพันธุ์

เมล็ด มีลักษณะกลมจนถึงกลมแบน เมื่อยังไม่แก่มีสีขาวแล้วค่อยๆ เปลี่ยนเป็นสีดำมัน ส่วนของเมล็ดที่ติดกับข้าวผล มีลักษณะเป็นวงกลมสีขาวอยู่บนเมล็ด (lactenta) คล้ายตามังกร ซึ่งวงจะมีขนาดเล็กหรือใหญ่จะแตกต่างกันตามพันธุ์

ลำไยจัดเป็นไม้ผลเศรษฐกิจอันดับหนึ่งในภาคเหนือของประเทศไทย โดยเฉพาะในเขตจังหวัดลำพูนและเชียงใหม่ เนื่องจากผลผลิตของลำไยสามารถส่งออกไปจำหน่ายยังต่างประเทศทั้งในรูปผลสดและลำไยอบแห้ง ลำไยแช่แข็ง และลำไยบรรจุกระป๋อง ซึ่งทำรายได้ให้กับเกษตรกรไทยปีละหลายพันล้านบาท (พาวัน, 2544) ดังตาราง 1

ตาราง 1 ปริมาณและมูลค่าการส่งออกลำไย ปี พ.ศ. 2544 – 2547

2544		2545		2546		2547	
ปริมาณ	มูลค่า	ปริมาณ	มูลค่า	ปริมาณ	มูลค่า	ปริมาณ	มูลค่า
102,903	1,974.96	114,403	1,986.82	82,731	1,718.29	116,188	2,193.23

ที่มา : กรมการค้าภายใน (2547)

ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (Sulfurdioxide : SO₂)

การใช้ประโยชน์ของ SO₂ ในผลผลิตทางการเกษตร

SO₂ เป็นก๊าซที่ใช้ประโยชน์ในการผลิตกรดซัลฟูริก (H₂SO₄) การรมควัน การฟอกสี และเกี่ยวข้องกับระบบทำความเย็น เป็นก๊าซที่ไม่มีสี มีจุดเดือดอยู่ที่ 10 องศาเซลเซียส สามารถละลายน้ำได้ โดยจะอยู่ในรูปของ Sulfurous acid (ทศนิยม, 2533) SO₂ มีคุณสมบัติละลายน้ำได้ดี โดยที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส น้ำ 1 หน่วยปริมาตร สามารถละลาย SO₂ ได้ 45 หน่วยปริมาตร (สัมพันธ, 2535) ในแคลิฟอร์เนีย Mitchell (1992) ได้รายงานว่าการรมผลองุ่นด้วย SO₂ เพื่อเป็นการควบคุมโรคเน่าที่เกิดจากเชื้อราโดยการรมควันครั้งแรกด้วย SO₂ ด้วยความเข้มข้น 5,000 ppm เป็นเวลานาน 20 นาที ก่อนการเก็บรักษาอุณหภูมิ 0 – 1 องศาเซลเซียส และทำการรมซ้ำทุก ๆ สัปดาห์ในช่วงที่ทำการเก็บรักษาในห้องเย็น โดยใช้ความเข้มข้น 2,500 ppm ส่วนการรม SO₂ กับผลลำไยสด มีรายงานว่าสามารถกำจัดเชื้อจุลินทรีย์ เชื้อรา และแมลง รวมทั้งช่วยฟอกสี ทำให้ผลลำไยสวยงาม ลดการเน่าเสียและอายุการเก็บรักษาที่ยาวนานขึ้น (สถาบันอาหาร, 2541) และชิงชิง (2542) รายงานว่าผลลำไยที่ผ่านการ SO₂ จะมีอายุการเก็บรักษาได้นานเกิน 6 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิ 0 – 2 องศาเซลเซียส ความชื้น 90 – 95 เปอร์เซ็นต์ และเก็บรักษาได้นาน 20 วัน ที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส ความชื้น 90 – 95 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งจักรพงษ์ (2542) ได้กล่าวถึงประโยชน์ของ SO₂ ที่มีต่อผลลำไยสดรวมทั้งผู้ส่งออกผลลำไยมีอยู่หลายประการด้วยกัน พอจะสรุปได้ดังนี้

1. ควบคุมโรคเน่าหลังการเก็บเกี่ยวของผลลำไยโดยเฉพาะโรคเน่าที่เกิดจากเชื้อรา

Botryodiphodia spp. และ *penicillium spp.*

2. ยับยั้งปฏิบัติการเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลของเปลือก ช่วยให้ลำไยมีเปลือกสีสวยงาม
3. ช่วยให้ลำไยมีอายุการเก็บรักษายาวนานขึ้น ส่งผลให้การส่งออกผลลำไยไปยังต่างประเทศ

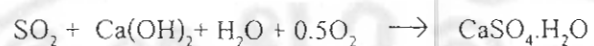
มีการขยายตัวได้มากขึ้น และมีคุณภาพเป็นที่ต้องการของตลาด

สำหรับขั้นตอนปฏิบัติในการรมลำไยด้วย SO₂ ให้มีประสิทธิภาพนั้นจักรพงษ์ (2542) กล่าวไว้ว่า มีอยู่ด้วยกัน 6 ขั้นตอน คือ

1. การนำลำไยเข้าสู่ห้องรม และต้องจัดเรียงตะกร้าผลลำไยให้มีการหมุนเวียนของก๊าซ SO₂ เป็นไปอย่างทั่วถึงทั้งห้องรม เพื่อช่วยให้ผลลำไยที่ผ่านการรมมีคุณภาพสม่ำเสมอ
2. การคำนวณผงกำมะถันควรมีความเข้มข้นประมาณ 2 เปอร์เซ็นต์ (20,000 ppm)

3. การรมควัน ทำการรมควันโดยให้มีการไหลเวียนของ SO_2 เป็นไปอย่างทั่วถึง และระยะเวลาในการรมนั้นขึ้นอยู่กับปริมาณผลลำไย ขนาดห้องรม รวมทั้งขนาดและจำนวนเตาเผาไฟฟ้า (ตาราง 2)

4. การกำจัด SO_2 ที่เหลือจากห้องรม ซึ่งในการกำจัดก๊าซ SO_2 ที่เหลือจากห้องรมจะใช้น้ำปูนใสในการกำจัด ซึ่งมีปฏิกิริยาตามสมการ ดังนี้



5. การเป่าลมเพื่อระบายก๊าซ SO_2 ให้ออกจากผลลำไย เพื่อป้องกันการดูดก๊าซต่อเนื่องของผลลำไยซึ่งจะช่วยลดการตกค้างของ SO_2 ลงได้

6. การตรวจสอบปริมาณ SO_2 ตกค้างซึ่งต้องอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดไว้ของแต่ละประเทศ ดังตาราง 3

ตาราง 2 อัตราส่วนการเผาพวงกำมะถันที่เหมาะสม

ปริมาตรห้อง (ลบ.เมตร)	ปริมาณกำไย (กก.)	ปริมาณพวง กำมะถัน (กรัม)	ปริมาณ NaNO (กรัม)	ขนาดและ จำนวน เตาไฟฟ้า	เวลาเผาโดย ประมาณ (นาที)
2	350	150	3	600 วัตต์ 1 เตา	10
10	1500	670	13.5	600 วัตต์ 1 เตา	20
20	2500	1183	24	600 วัตต์ 1 เตา	35
30	3800	1790	36	800 วัตต์ 1 เตา	45
40	5000	2365	47	600 วัตต์ 2 เตา	35
55	6000	2982	60	800 วัตต์ 2 เตา	40
70	7500	3744	75	600 วัตต์ 3 เตา	35
80	8300	4194	84	600 วัตต์ 4 เตา	40

ที่มา : สถาบันอาหาร (2541)

ตาราง 3 ปริมาณสารตกค้างสูงสุดของ SO₂ ที่ประเทศต่าง ๆ ขอมให้มิได้

ประเทศ	ปริมาณสารตกค้างสูงสุดที่ยอมให้ตรวจพบ (ppm)
สิงคโปร์	0 (ในเนื้อลำไยสด)
ฮ่องกง	350*
มาเลเซีย	0 (ในเนื้อลำไยสด)
แคนาดา	0 (ในเนื้อลำไยสด)
เนเธอร์แลนด์	100*(จากต้นทางไม่เกิน 300)
สหราชอาณาจักร	0 (ในเนื้อลำไยสด)
ฝรั่งเศส	30 (ในเนื้อลำไยสด)
สหรัฐอเมริกา	10 (ในเนื้อลำไยสด)

* เป็นข้อกำหนดที่ให้พบได้ในเปลือกผลไม้ สำหรับเนื้อต้องเป็น 0

ที่มา : ที่ปรึกษาการพาณิชย์ ณ ประเทศต่าง ๆ กระทรวงพาณิชย์

ปัญหาหรืออันตรายที่เกิดจากการใช้ SO_2 ในผลผลิตทางการเกษตร

SO_2 เป็นก๊าซที่มีกลิ่นฉุน มีผลทำให้ระบบการหายใจติดขัด ปริมาณ SO_2 เพิ่มขึ้น 20 ppm ทำให้นัยน์ตาเกิดการระคายเคือง หากอยู่ในสภาพบรรยากาศที่มี SO_2 เพิ่มขึ้น 200 ppm (0.02 เปอร์เซ็นต์) นานเกินกว่า 1 นาที จะมีผลทำให้เยื่อจมูก, คอหอยและปอดเป็นอันตรายได้ ถ้าในสภาพบรรยากาศมี SO_2 เพิ่มขึ้น 500 ppm (0.05 เปอร์เซ็นต์) จะเป็นอันตรายต่อคนหากสูดดมนานกว่า 30 – 60 นาที หากมีปริมาณ SO_2 ในบรรยากาศเกินกว่า 1,000 – 2,000 ppm (0.1, 0.2 เปอร์เซ็นต์) จะทำให้เป็นอันตรายถึงตายได้ (Jones *et al.*, 1912. อ้างโดย ชิงชิง, 2539) ซึ่งปริมาณ SO_2 ตกค้างหลังจากการรมด้วยวิธีที่ถูกต้องตามคำแนะนำของสถาบันอาหาร จะพบปริมาณสาร SO_2 ตกค้างบนเปลือก 1,700 ppm และในเนื้อไม่เกิน 10 ppm (อนวัช, 2540)

การตกค้างของ SO_2 ในผลผลิตลำไยสด

ในปี 2536 – 2537 ได้มีการสำรวจปริมาณ SO_2 ตกค้างในผลลำไยเพื่อการส่งออก จำนวน 81 ตัวอย่าง พบว่า มีปริมาณการตกค้างของ SO_2 สูงกว่ามาตรฐานที่กำหนดทั้งในเปลือก (55.6 เปอร์เซ็นต์) และในเนื้อ (25.9 เปอร์เซ็นต์) (พรรัตน์ และจันทฉาย, 2540) เช่นเดียวกับอาทิตย์ (2545) ซึ่งได้ศึกษาปริมาณ SO_2 ตกค้างในผลลำไยสดจากสถานประกอบการในเขตจังหวัดลำพูน และเชียงใหม่จำนวน 7 แห่ง จากภายหลังการรมเป็นเวลานาน 36 ชั่วโมง พบว่าผลลำไยทุกตัวอย่างมีปริมาณ SO_2 ตกค้างสูงกว่ามาตรฐาน โดยมีปริมาณตกค้างในส่วนของเนื้อและเปลือกเฉลี่ย 140 และ 1800 ppm ตามลำดับ และจากการรายงานของฤทธิ์ (2546) ได้ทำการสำรวจปริมาณ SO_2 ตกค้าง ในระหว่างเดือนมีนาคมถึงพฤษภาคม 2546 จากสถานประกอบการ 8 แห่งในเขตจังหวัดลำพูน พบ SO_2 ตกค้าง ในส่วนของเนื้อผล 130 ppm และเปลือกผล 1,470 ppm ทำนองเดียวกัน ธีรนุช และคณะ (2547) ซึ่งได้ทำการสำรวจปริมาณการ SO_2 ตกค้างในผลลำไยนอกฤดู จากสถานประกอบการ 4 แห่ง พบว่ามีปริมาณการตกค้างสูงกว่ามาตรฐานทุกสถานประกอบการ โดยมี SO_2 ตกค้างเฉลี่ยในเนื้อประมาณ 100 – 400 ppm และในเปลือก 1,500 – 3,000 ppm

การลดปริมาณสารพิษด้วยการล้างน้ำ

ในด้านการศึกษาหาวิธีขจัดสารตกค้าง จากการรายงานของพงศ์ศรี และคณะ (2530) ได้ทดลองลดปริมาณสารในกลุ่ม monocrotrophos ในผลองุ่น โดยการแช่น้ำนาน 10 นาที และการล้าง

ด้วยน้ำไหลจากก๊อกนาน 2 นาที พบว่าสามารถลดสารตกค้างได้ 30 และ 7 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ หรือในปี 2533 ได้มีการทดลองลดปริมาณ methyl parathion บนผลองุ่นด้วยวิธีการแช่น้ำนาน 10 นาที และล้างน้ำไหลจากก๊อกนาน 2 นาที สามารถลดสารตกค้างได้ 45 และ 38 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (พงศ์ศรี และคณะ, 2533) เช่นเดียวกับสมสมัย และคณะ (2536) รายงานว่า การแช่ผลพุทรา ในน้ำนาน 10 นาที สามารถลดปริมาณสารตกค้างของโมโนโครโทฟอสและไซเปอร์เมทรินได้ 38.38 และ 16.59 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และเมื่อนำมาล้างน้ำประปาที่ไหลจากก๊อกนาน 2 นาที สามารถลดสารตกค้างของโมโนโครโทฟอสและไซเปอร์เมทรินได้ 50.29 และ 26.54 เปอร์เซ็นต์ และจากการรายงานของนิทยา และรัตน (2541) ได้ทำการลดปริมาณสารพิษตกค้างของมาลาไรออน บนผลองุ่นด้วยวิธีการแช่น้ำนาน 10 นาที และการล้างด้วยน้ำประปาที่ไหลจากก๊อกนาน 2 นาที สามารถลดปริมาณสารพิษตกค้างของมาลาไรออนบนผลองุ่นได้ถึง 67.2 และ 60.7 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ นอกจากนี้ Gunther *et al.* (1963) ได้ทำการทดลองล้างผลส้มที่มีสาร guthion ติดอยู่บนผล ด้วยการล้างน้ำไหลด้วยมือหลังจากนั้นล้างด้วยน้ำกลั่นแล้วเป่าลมให้แห้ง พบว่า สามารถลดปริมาณ guthion ลงได้ 71 เปอร์เซ็นต์ ส่วน Lam และ Farrow (1967) ได้สรุปผลการทดลองลดปริมาณสารตกค้างบนใบผักขมซึ่งมีสารตกค้างของ parathion ประมาณ 1.5 ppm เมื่อนำไปล้างด้วยน้ำเย็น สามารถลดสารตกค้างได้ 39 เปอร์เซ็นต์ ส่วนใน green bean ที่มีสาร malathion ตกค้างประมาณ 1.12 ppm เมื่อล้างด้วยน้ำเย็นนาน 5 นาที พบสาร malathion ตกค้าง 0.05 ppm หรือสารตกค้างลดลง 96 เปอร์เซ็นต์

บทที่ 3

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

สถานที่ดำเนินงานทดลอง

1. ห้องปฏิบัติการสาขาไม้ผล ภาควิชาพืชสวน คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้
2. ห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว ภาควิชาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้

วัสดุและอุปกรณ์

1. วัสดุพันธุ์พืช

ลำไยสดพันธุ์อีดอที่ผ่านการรมด้วย SO_2 ที่ได้จากการเผากำมะดันจากสถานประกอบการรมลำไยในเขตจังหวัดลำพูนและเชียงใหม่ โดยจะใช้ลำไยที่มีจำนวนผลประมาณ 70 – 80 ผล/กก

2. อุปกรณ์และอุปกรณ์วิทยาศาสตร์

2.1 เครื่องวัดปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (Digital refractometer) ค่าที่ได้เป็นองศา Brix ยี่ห้อ Palette รุ่น PR – 100 ประเทศญี่ปุ่น

2.2 เครื่องชั่ง ความละเอียดทศนิยม 2 ตำแหน่งยี่ห้อ Meter Toledo ประเทศ Switzerland

2.3 เครื่องวัดสีผิว (Chrometer) ของบริษัท Minolta ประเทศญี่ปุ่น CR – 10
ค่าแสดงเป็น ค่า L^* = The lightness factor a^* และ b^* = The Chromaticity Coordinate

L = เป็นค่าความสว่าง ซึ่งมีค่า 0 – 100 (0 เท่ากับสีดำ และ 100 เท่ากับสีขาว)

a = เป็นค่าแสดงถึงสีแดงและสีเขียว a เป็น (+) วัตถุมีสีแดง a เป็น (-) วัตถุมีสีเขียว

b = เป็นค่าแสดงถึงสีเหลืองและสีน้ำเงิน b เป็น (+) วัตถุมีสีเหลือง b เป็น (-) วัตถุมีสีน้ำเงิน

2.4 กล่องพลาสติกพร้อมฝาปิดสำหรับใส่ตัวอย่าง

2.5 ถังพลาสติก

2.6 ตะกร้าพลาสติก

2.7 อุปกรณ์ในการเก็บบันทึกข้อมูล

3. ชุดเครื่องมือที่ใช้ในการสกัด SO_2

- 3.1 ขวดก้นกลมชนิดสองคอ (round bottom flask with two necks) ขนาด 500 มิลลิลิตร เพื่อใส่ตัวอย่างท่อน้ำก๊าซไนโตรเจน สำหรับสวมลงในคอของขวดก้นกลม
- 3.2 คอนเดนเซอร์ (condensor) ซึ่งเป็นทางผ่านเข้าออกเพื่อให้เกิดการควบแน่น และเป็นการทำให้ SO_2 บริสุทธิ์ขึ้น
- 3.3 ขวดรูปชมพู่ (conical flask) ขนาด 250 มิลลิลิตร
- 3.4 ท่อแก้ว (glass tube) สำหรับเป็นทางให้ SO_2 ผ่านลงใน boiling tube
- 3.5 dreschel bottle head ใช้สวมลงในขวดรูปชมพู่เพื่อเป็นทางให้ SO_2 ผ่านลงในขวดรูปชมพู่ที่มีสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์
- 3.6 หลอดแก้ว (boiling tube)
- 3.7 เตาไฟฟ้า (heating mantle) สำหรับให้ความร้อน
- 3.8 ถังบรรจุก๊าซไนโตรเจน (nitrogen gas) พร้อมที่ปรับความดัน

4. อุปกรณ์ที่ใช้ประกอบการวิเคราะห์

- 4.1 กระจกตวง (cylinder) ขนาด 10 , 50 และ 100 มิลลิลิตร
- 4.2 บีกเกอร์ (beaker) ขนาด 50, 100 และ 250 มิลลิลิตร
- 4.3 ถังพลาสติกพร้อมฝาปิดสำหรับใส่ตัวอย่าง
- 4.4 ขาดังพร้อมที่ยึด
- 4.5 กระจกชนิดน้ำกลั่น

5. สารเคมีที่ใช้ประกอบการวิเคราะห์

- 5.1 อินดิเคเตอร์ (indicator) ใช้ methyl red (ช่วง pH 4.4 – 6.0)
- 5.2 โซเดียมไฮดรอกไซด์ (sodium hydroxide, NaOH) ที่ทราบความเข้มข้นแน่นอน 2 ความเข้มข้น คือ 0.1 และ 0.01 นอร์มัล (N)
- 5.3 ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (hydrogen peroxide, H_2O_2) 3 เปอร์เซ็นต์
- 5.4 กรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น (hydrochloric acid, HCl) 36 – 38 เปอร์เซ็นต์

วิธีการทดลอง

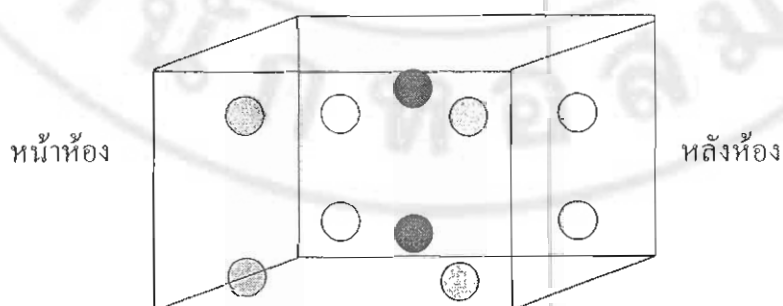
งานทดลองที่ 1 เก็บข้อมูลจากโรงงานผู้ประกอบการรวมวันลำไย 10 โรงงาน

1. เก็บลำไยจาก 5 จุด ของห้องรมโดยแต่ละจุดจะแยกเป็น 2 ส่วน คือส่วนบนและส่วนล่างของห้องรมรวมเป็น 10 ตัวอย่าง คือ

1. ส่วนหน้าด้านขวา	(บน/ล่าง)
2. ส่วนหน้าด้านซ้าย	(บน/ล่าง)
3. ส่วนหลังด้านขวา	(บน/ล่าง)
4. ส่วนหลังด้านซ้าย	(บน/ล่าง)
5. ส่วนกลางห้อง	(บน/ล่าง)
2. แต่ละตัวอย่าง (1 กระป๋อง) จะสุ่มผลลำไยจาก 1 ตะกร้า โดยจะสุ่มประมาณ 2 – 3 ผล ต่อข้อรวมประมาณ 5 ข้อ กระจายให้ทั่วตะกร้า รวมจำนวนผลทั้งหมดประมาณ 15 ผล/กระป๋อง
3. ปิดกระป๋องให้แน่นอย่าให้อากาศเข้า ระบุหมายเลขตัวอย่างบนกระป๋องให้ชัดเจน
4. เก็บบันทึกข้อมูลการรมลำไยของห้องรม
5. นำตัวอย่างที่ได้มาทำการสกัดหาปริมาณ SO_2 ที่ตกค้างโดยวิธี Modified Monier – William

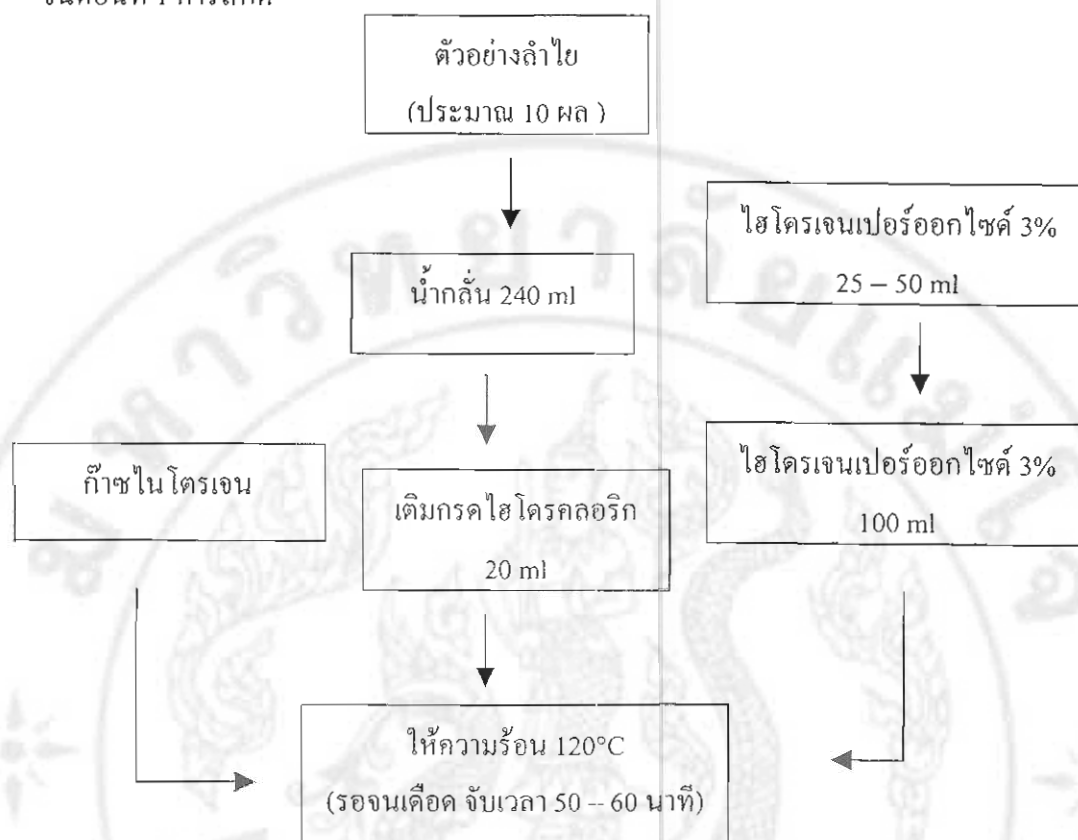
การบันทึกข้อมูล

1. ปริมาณ SO_2 ที่ตกค้างในเปลือก
2. ปริมาณ SO_2 ที่ตกค้างในเนื้อ
3. สีผิวของลำไย

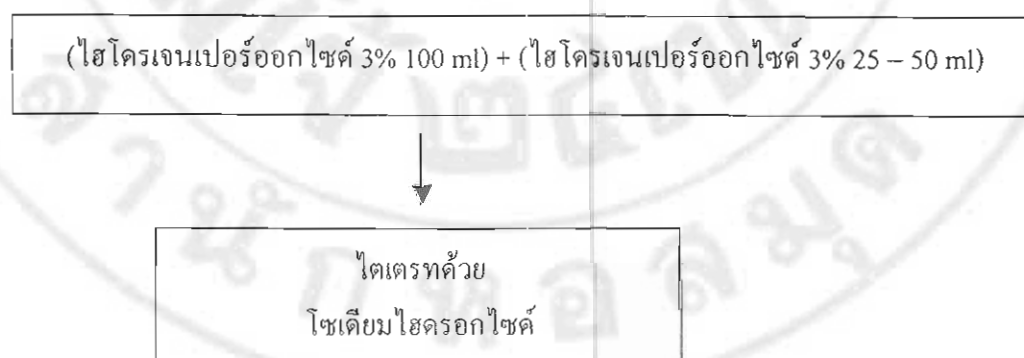


ภาพ 1 แสดงแผนผังการเก็บตัวอย่างลำไยจากแต่ละจุดของห้องรม

ขั้นตอนที่ 1 การสกัด



ขั้นตอนที่ 2 การไตเตรท



ภาพ 2 ขั้นตอนการสกัดปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) ด้วยวิธี Modified Monier – William
ที่มา : สถาบันอาหาร (2541)

วิธีคำนวณปริมาณ SO_2 ในเปลือกและเนื้อ

สูตรคำนวณ

$$\text{ppm SO}_2 = \frac{N \times V \times 32 \times 1000}{W}$$

โดยที่ N = ความเข้มข้นที่แท้จริงของ NaOH ที่ใช้ไตเตรต (Normal)

V = ปริมาณของ NaOH ที่ใช้ไตเตรต (ml)

W = น้ำหนักของตัวอย่าง (g)

32 = มิลลิกรัมสมมูลของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (milliequivalent weight)

ppm = ส่วนในล้านส่วน (part per million)

การวิเคราะห์ผลการทดลอง

วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Statistical Analysis System (SAS) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี The Least Significant Difference (LSD) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ และ 99 เปอร์เซ็นต์

งานทดลองที่ 2 การลดปริมาณ SO_2 ตกค้างในผลลำไยด้วยวิธีการแช่น้ำ

นำลำไยสดพันธุ์อีดอที่ผ่านการรมด้วย SO_2 ซึ่งได้จากการเผากำมะถันจากสถานประกอบกรรมลำไยในเขตจังหวัดลำพูนและเชียงใหม่ โดยจะใช้ลำไยที่มีจำนวนผลประมาณ 70-80 ผล/กก. ไปล้างด้วยการแช่น้ำที่มีอุณหภูมิที่แตกต่างกันคือ 0, 15 องศาเซลเซียส และที่อุณหภูมิห้อง ใช้เวลาในการล้าง 5, 10 และ 15 นาที โดยในการล้างจะใช้น้ำ 2 ลิตรต่อลำไย 1 กก. จากนั้นนำลำไยที่ผ่านการล้างมาสกัดหาปริมาณ SO_2 ที่ตกค้างภายในเปลือกและเนื้อ โดยก่อนการสกัดจะทำการผึ่งผลลำไยให้แห้งก่อน (ใช้เวลาประมาณ 0.5 – 1 ชั่วโมง) ทำการวางแผนการทดลองแบบ Factorial in CRD มี 3 ซ้ำ ๆ ละ 1 กก. มีปัจจัยที่ศึกษา 2 ปัจจัย คือ

ปัจจัยที่ 1 ระดับอุณหภูมิของน้ำที่ใช้ล้าง มี 3 ระดับ ได้แก่ 0, 15 องศาเซลเซียส และที่อุณหภูมิห้อง

ปัจจัยที่ 2 ระยะเวลาในการล้าง ได้แก่ มี 4 ระดับ 0, 5, 10 และ 15 นาที

รวมมี 12 Treatment combination

ตาราง 4 แสดง Treatment combinations ของการแช่น้ำ

ระยะเวลา (นาที)	อุณหภูมิ ($^{\circ}\text{C}$)		
	0 (a1)	15 (a2)	อุณหภูมิห้อง (a3)
0 (b1)	a1b1	a2b1	a3b1
5 (b2)	a1b2	a2b2	a3b2
10 (b3)	a1b3	a2b3	a3b3
15 (b4)	a1b4	a2b4	a3b4

การบันทึกข้อมูล

1. ปริมาณ SO_2 ที่ตกค้างในผลลำไยก่อนการล้าง
2. ปริมาณ SO_2 ที่ตกค้างในผลลำไยหลังการล้าง
3. ปริมาณการลดลงของ SO_2 ที่ตกค้างในผลลำไยสด

การวิเคราะห์ผลการทดลอง

วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Statistical Analysis System (SAS) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ และ 99 เปอร์เซ็นต์

งานทดลองที่ 3 การลดปริมาณ SO_2 ตกค้างในผลลำไยโดยการล้างน้ำไหล

นำลำไยสดพันธุ์อีดอที่ผ่านการรมด้วย SO_2 ซึ่งได้จากการเผาถ่านจากสถานประกอบการรมลำไยในเขตจังหวัดลำพูนและเชียงใหม่ โดยจะใช้ลำไยที่มีจำนวนผลประมาณ 70-80 ผล/กก. ไปล้างในน้ำไหลที่มีอุณหภูมิแตกต่างกันคือ 0, 15 องศาเซลเซียส และที่อุณหภูมิห้อง ใช้เวลาในการล้าง 0, 5, 10 และ 15 นาที (อัตราการไหลของน้ำ 400 ลิตรต่อ 1 ชั่วโมง) นำลำไยที่ผ่านการล้างมาสกัดหาปริมาณ SO_2 ที่ตกค้างภายในเปลือกและเนื้อ โดยก่อนการสกัดจะทำการผึ่งผลลำไยให้แห้งก่อน (ใช้เวลาประมาณ 0.5 – 1 ชั่วโมง) ทำการวางแผนการทดลองแบบ Factorial in CRD มี 3 ซ้ำ ๆ ละ 1 กก. มีปัจจัยที่ศึกษา 2 ปัจจัย คือ

ปัจจัยที่ 1 ระดับอุณหภูมิของน้ำที่ใช้ล้าง มี 3 ระดับ ได้แก่ 0, 15 องศาเซลเซียส และที่อุณหภูมิห้อง

ปัจจัยที่ 2 ระยะเวลาในการล้าง มี 4 ระดับ ได้แก่ 0, 5, 10 และ 15 นาที

รวมมี 12 Treatment combination

ตาราง 5 แสดง Treatment combinations ของการล้างน้ำไหล

ระยะเวลา (นาที)	อุณหภูมิ (°C)		
	0 (a1)	15 (a2)	อุณหภูมิห้อง (a3)
0 (b1)	a1b1	a2b1	a3b1
5 (b2)	a1b2	a2b2	a3b2
10 (b3)	a1b3	a2b3	a3b3
15 (b4)	a1b4	a2b4	a3b4

การบันทึกข้อมูล

1. ปริมาณ SO_2 ที่ตกค้างในผลลำไยก่อนการล้าง
2. ปริมาณ SO_2 ที่ตกค้างในผลลำไยหลังการล้าง
3. ปริมาณการลดลงของ SO_2 ที่ตกค้างในผลลำไยสด

การวิเคราะห์ผลการทดลอง

วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Statistical Analysis System (SAS) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ และ 99 เปอร์เซ็นต์

บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

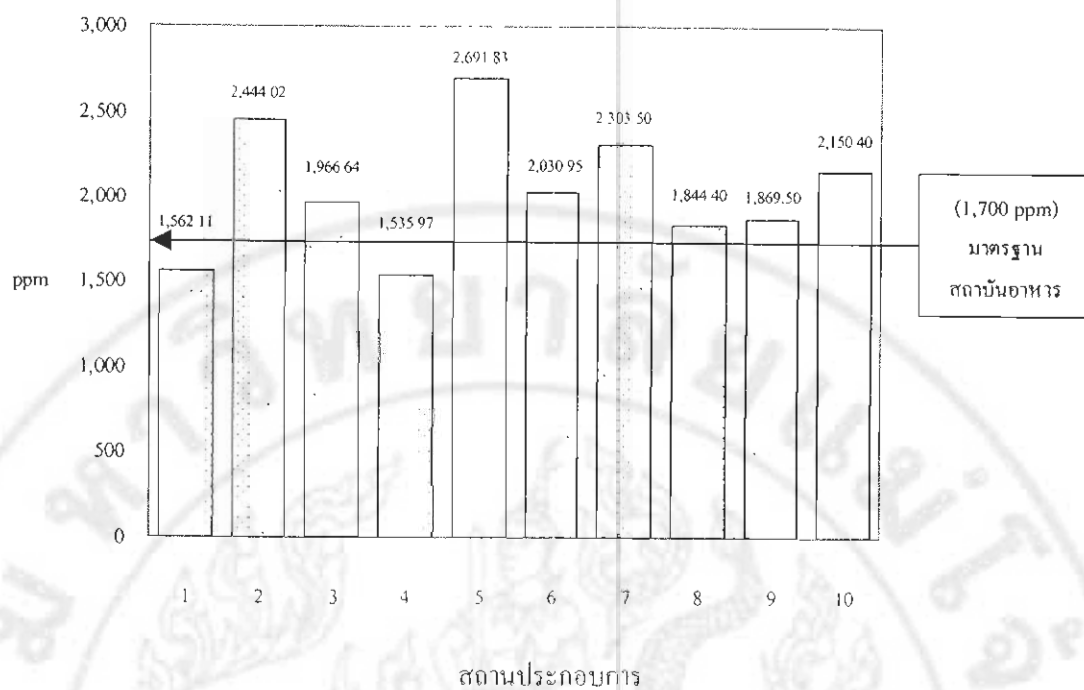
ผลการทดลอง

ผลการทดลองที่ 1 เก็บข้อมูลจากสถานประกอบการนมลำไย 10 แห่ง

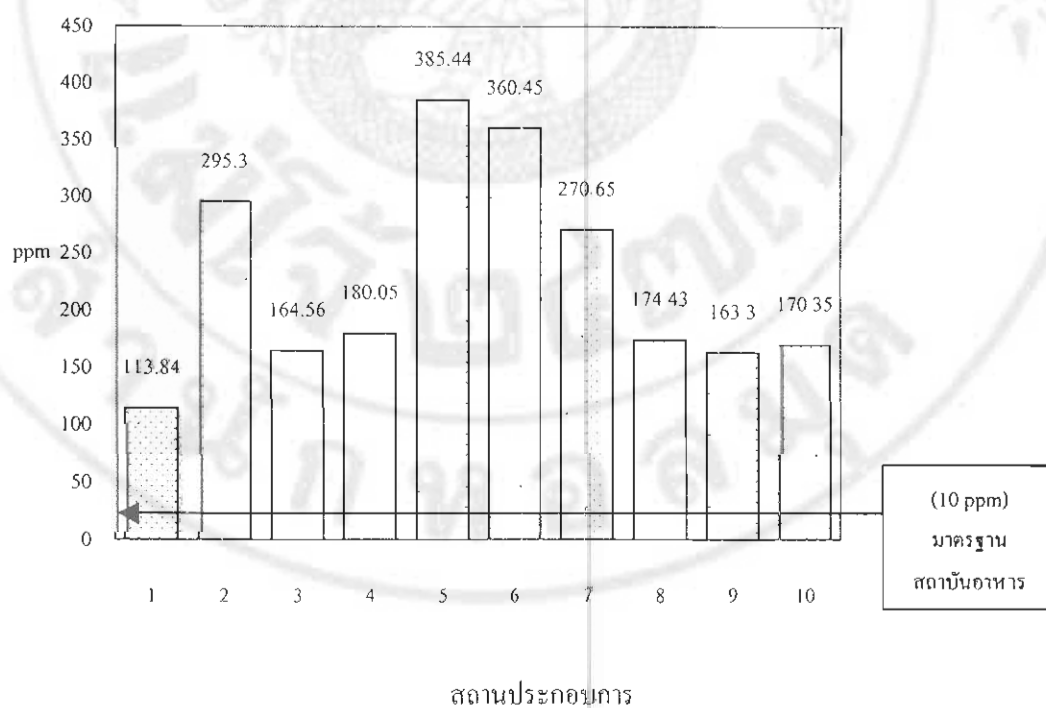
ผลการสำรวจปริมาณสาร SO_2 ตกค้างจากสถานประกอบการนมลำไยสดในเขตจังหวัดลำพูนและเชียงใหม่จำนวน 10 แห่ง ในช่วงเดือนสิงหาคม – ตุลาคม 2547 พบว่า มีปริมาณ SO_2 ตกค้างในเปลือกผลเฉลี่ย 2,039.93 ppm และในเนื้อผลเฉลี่ย 227.84 ppm (ตาราง 6) ซึ่งปริมาณ SO_2 ตกค้างในผลลำไยสดยังอยู่ในปริมาณที่สูงเกินกว่ามาตรฐาน และพบว่า ร้อยละ 80 ของสถานประกอบการ ที่ทำการเก็บตัวอย่างมีปริมาณ SO_2 ตกค้างในเปลือกสูงเกินกว่ามาตรฐานที่สถาบันอาหารกำหนด (ภาพ 3) และ ร้อยละ 100 ของสถานประกอบการที่ทำการเก็บตัวอย่างมีปริมาณ SO_2 ตกค้างในเนื้อสูงเกินกว่ามาตรฐานที่สถาบันอาหารกำหนด (ภาพ 4) โดยสถาบันอาหารได้กำหนดมาตรฐานปริมาณ SO_2 ตกค้างบนผลลำไยสดดังนี้คือ ในเปลือกต้องมีปริมาณไม่เกิน 1,700 ppm และให้ตกค้างในเนื้อไม่เกิน 10 ppm (อนวัช, 2540) ซึ่งจากการทดลองพบว่าปริมาณ SO_2 ตกค้างในแต่ละจุดที่ทำการเก็บตัวอย่างในห้องรม (10 จุด) ไม่พบความแตกต่างทางสถิติของจุดที่เก็บตัวอย่างต่อปริมาณ SO_2 ที่ตกค้าง ทั้งในเปลือกและในเนื้อ (ตาราง 7, 8 ตารางผนวก 1 – 20) และเมื่อพิจารณาค่าแสดงสีผิวของลำไยโดยใช้เครื่องวัดสี (Colorimeter) จะไม่พบความแตกต่างสีผิวของลำไยภายหลังจากการรม SO_2 ในแต่ละสถานประกอบการ โดยมีค่าความสว่าง (L- value) เฉลี่ยของทุกสถานประกอบการมีค่าเท่ากับ 45.18 สำหรับค่าแสดงลักษณะสีเขียวและสีแดง (a – value) เฉลี่ยของทุกสถานประกอบการมีค่าเท่ากับ 11.26 และค่าแสดงลักษณะสีน้ำเงินและสีเหลือง (b – value) เฉลี่ยของทุกสถานประกอบการมีค่าเท่ากับ 35.60 (ตาราง 9 ตารางผนวก 21, 22, 23)

ตาราง 6 ผลการสกัดปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO₂) ตกค้างของผลลำไยสดในฤดู
จากสถานประกอบการ 10 แห่ง ในเขตจังหวัดลำพูนและเชียงใหม่

สถานประกอบการ	วันที่เก็บตัวอย่าง	ปริมาณ SO ₂ ตกค้างใน เปลือกเฉลี่ย (ppm)	ปริมาณ SO ₂ ตกค้างใน เนื้อเฉลี่ย (ppm)
1	19/8/2547	1,562.11	113.84
2	19/8/2547	2,444.02	295.30
3	26/8/2547	1,966.64	164.56
4	26/8/2547	1,535.97	180.05
5	16/9/2547	2,691.83	385.44
6	16/9/2547	2,030.95	360.45
7	30/9/2547	2,303.50	270.65
8	30/9/2547	1,844.40	174.43
9	3/10/2547	1,869.50	163.30
10	3/10/2547	2,150.40	170.35
เฉลี่ย		2,039.93	227.84



ภาพ 3 ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO₂) ตกค้าง (ppm) ในเปลือกของผลกล้วยสด



ภาพ 4 ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO₂) ตกค้าง (ppm) ในเนื้อของผลกล้วยสด

ตาราง 7 ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO₂) ตกค้าง (ppm) ในเปลือกของผลลำไยสดในฤดู
จากสถานประกอบการ 10 แห่งในเขตจังหวัดลำพูนและเชียงใหม่

จุดที่เก็บ ตัวอย่าง	สถานประกอบการ									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	1,557.44	2,465.65	1,939.55	1,534.57	2,701.31	2,024.96	2,054.78	1,838.42	1,866.05	2,139.16
2	1,555.46	2,457.60	1,976.25	1,552.57	2,701.44	2,032.74	2,020.65	1,866.01	1,860.54	2,124.03
3	1,564.48	2,446.67	1,962.88	1,530.13	2,690.99	1,971.08	2,051.71	1,841.82	1,866.93	2,141.90
4	1,564.43	2,426.88	1,991.65	1,528.63	2,680.77	1,962.79	2,012.09	1,831.90	1,880.43	2,178.14
5	1,565.67	2,406.38	1,964.64	1,560.13	2,679.59	2,021.21	2,037.58	1,860.03	1,889.93	2,136.58
6	1,567.70	2,418.14	1,979.54	1,561.32	2,675.70	2,057.12	2,034.45	1,847.69	1,887.40	2,162.62
7	1,564.14	2,443.27	1,970.82	1,531.95	2,691.24	1,941.97	2,026.83	1,842.16	1,877.43	2,173.12
8	1,567.83	2,447.27	1,957.79	1,514.10	2,689.95	1,942.93	2,028.37	1,835.26	1,856.65	2,141.94
9	1,557.15	2,448.91	1,972.14	1,525.32	2,700.82	1,922.15	2,014.13	1,852.35	1,866.77	2,143.32
10	1,556.77	2,476.42	1,929.10	1,521.01	2,706.52	2,032.35	2,028.88	1,828.28	1,842.88	2,163.21
ค่าเฉลี่ย	1,562.11	2,444.02	1,964.44	1,535.97	2,691.83	1,990.89	2,030.94	1,844.41	1,869.41	2,150.40
การทดสอบ ทางสถิติ	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns

หมายเหตุ : Ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$)

ตาราง 8 ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO₂) ตกค้าง (ppm) ในเนื้อของผลลำไยสดในฤดู
จากสถานประกอบการ 10 แห่งในเขตจังหวัดลำพูนและเชียงใหม่

จุดที่เก็บ ตัวอย่าง	สถานประกอบการ									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	110.51	168.51	292.81	180.63	386.50	359.11	269.51	174.50	162.07	170.17
2	116.34	162.78	295.18	188.38	386.39	366.98	269.94	176.99	163.52	170.18
3	113.40	166.25	298.00	174.95	386.27	361.63	272.89	174.61	163.32	170.80
4	114.60	163.42	294.18	177.33	385.64	354.90	269.37	173.90	163.17	170.96
5	111.02	163.55	297.95	177.99	383.74	364.50	270.01	170.30	163.60	170.52
6	113.00	162.97	296.33	178.72	384.79	361.66	270.17	173.37	163.14	170.87
7	115.98	161.84	291.12	181.28	383.87	358.23	269.05	177.11	164.46	170.68
8	116.89	164.19	305.32	177.27	385.61	366.60	276.74	170.41	163.89	169.87
9	115.97	162.82	292.89	183.77	385.03	360.65	269.01	175.79	164.23	170.30
10	110.73	169.26	289.22	180.20	386.58	350.22	269.85	177.30	161.57	169.16
ค่าเฉลี่ย	113.84	164.56	295.30	180.05	385.44	360.45	270.65	174.43	163.30	170.35
การทดสอบ ทางสถิติ	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns

หมายเหตุ : Ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$)

ตาราง 9 สีผิวของลำไย

สถาน ประกอบการ	ค่าความสว่าง (L- value)	ลักษณะสีเขียวและสีแดง (a - value)	สีน้ำตาลและสีเหลือง (b - value)
1	44.50	11.57	36.40
2	46.07	10.50	35.10
3	45.47	10.93	35.80
4	45.00	11.10	35.87
5	45.50	12.07	36.20
6	44.90	11.07	35.07
7	45.57	11.37	35.73
8	44.93	11.73	34.93
9	45.23	11.43	35.00
10	44.60	10.87	35.87
เฉลี่ย	45.18	11.26	35.60
การทดสอบทางสถิติ	Ns	Ns	Ns

หมายเหตุ : Ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$)

ผลการทดลองที่ 2 การลดปริมาณ SO_2 ตกค้างในผลลำไยด้วยวิธีการแช่น้ำ

จากการศึกษาการลดปริมาณ SO_2 ตกค้างในผลลำไยสดโดยการนำลำไยสดที่รมด้วย SO_2 มาแช่น้ำ ที่มีอุณหภูมิที่แตกต่างกันคือ 0, 15 องศาเซลเซียส และที่อุณหภูมิห้อง (23 องศาเซลเซียส) ใช้เวลาในการล้าง 5, 10 และ 15 นาที จากนั้นนำลำไยสดที่ผ่านการล้างน้ำมาทำการสกัดหาปริมาณ SO_2 ตกค้าง พบว่าอุณหภูมิของน้ำไม่มีอิทธิพลต่อการลดลงของปริมาณ SO_2 ตกค้างในเปลือก ขณะที่ระยะเวลาในการแช่มีผลต่อการลดลงของปริมาณ SO_2 ตกค้าง ซึ่งการแช่นาน 15 นาที สามารถลดปริมาณ SO_2 ตกค้างได้สูงสุด คือ สามารถลดปริมาณ SO_2 ตกค้างได้ 37.57 เปอร์เซ็นต์ ส่วนการแช่นาน 5 นาที สามารถลดปริมาณ SO_2 ตกค้างได้ 23.37 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งไม่แตกต่างจากการแช่น้ำที่ 10 นาที โดยสามารถลดปริมาณ SO_2 ตกค้างได้ 26.99 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้ยังไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและระยะเวลาในการแช่น้ำต่อการลดลงของ SO_2 ตกค้าง (ตาราง 10 ตารางผนวก 24) ส่วนในเนื้อลำไยพบว่าอุณหภูมิและระยะเวลาของน้ำไม่มีอิทธิพลต่อการลดลงของปริมาณ SO_2 ตกค้าง ซึ่งการแช่น้ำสามารถลดปริมาณ SO_2 ตกค้างในเนื้อได้เฉลี่ย 1.95 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้ยังไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและระยะเวลาในการแช่น้ำการลดลงของปริมาณ SO_2 ตกค้าง (ตาราง 11 ตารางผนวก 25)

ตาราง 10 ปริมาณ SO₂ ตกค้าง (ppm) และเปอร์เซ็นต์การลดลงของปริมาณ SO₂ ตกค้าง (%)
ในเปลือกของผลลำไยสดหลังการล้างด้วยวิธีการแช่น้ำ

เวลา (นาที)	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)							
	0		15		อุณหภูมิห้อง		ค่าเฉลี่ย	
	ppm	%	ppm	%	ppm	%	ppm	%
0	2,489.10	0.00	1,991.40	0.00	2,197.50	0.00	2,226.00 ^a	0.00
5	1,464.50	41.16	1,786.60	10.28	1,787.20	18.67	1,679.43 ^b	23.37
10	1,786.60	28.22	1,355.80	31.92	1,739.70	20.83	1,627.37 ^b	26.99
15	1,295.80	47.94	1,309.90	34.22	1,526.10	30.55	1,377.27 ^c	37.57
ค่าเฉลี่ย	1,759.00	39.11	1,610.93	25.47	1,812.63	23.35	1,743.66	29.31
การทดสอบทางสถิติ	อุณหภูมิ		Ns					
	เวลา		**					
	อุณหภูมิ x เวลา		Ns					

หมายเหตุ Ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$)

** = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 %

ค่าเฉลี่ยในสดมภ์เดียวกันตามด้วยตัวอักษรเหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT)

ตาราง 11 ปริมาณ SO₂ ตกค้าง (ppm) และเปอร์เซ็นต์การลดลงของปริมาณ SO₂ ตกค้าง (%)
 ในเนื้อของผลลำไยสดหลังการล้างด้วยวิธีการแช่น้ำ

เวลา (นาทึ)	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)							
	0		15		อุณหภูมิห้อง		ค่าเฉลี่ย	
	ppm	%	ppm	%	ppm	%	ppm	%
0	243.95	0.00	256.12	0.00	221.60	0.00	240.56	0.00
5	234.36	3.93	255.15	0.38	267.64	-20.78*	252.38	-5.49*
10	190.48	21.92	243.86	4.79	253.76	-14.51*	229.37	4.06
15	246.07	-0.87*	214.43	16.28	207.38	6.42	222.63	7.27
ค่าเฉลี่ย	228.72	8.33	242.39	7.15	237.60	-9.62*	240.07	1.95
การทดสอบทางสถิติ	อุณหภูมิ		Ns					
	เวลา		Ns					
	อุณหภูมิ x เวลา		Ns					
* ปริมาณ SO ₂ ตกค้างของตัวอย่างที่ล้างน้ำมีค่าสูงกว่าตัวอย่างที่ไม่ล้างน้ำ								

หมายเหตุ : Ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P > 0.05)

ผลการทดลองที่ 3 การลดปริมาณ SO_2 ตกค้างในผลลำไยโดยการล้างน้ำไหล

จากการศึกษาการลดปริมาณ SO_2 ตกค้างในผลลำไยสด โดยการนำลำไยสดที่รมด้วย SO_2 มาทำการล้างน้ำไหลที่อุณหภูมิแตกต่างกัน คือ 0, 15 องศาเซลเซียสและที่อุณหภูมิห้อง (23 องศาเซลเซียส) และใช้ระยะเวลาในการล้าง 0, 5, 10 และ 15 นาที จากนั้นนำลำไยสดที่ผ่านการล้างน้ำ มาทำการสกัดหาปริมาณ SO_2 ตกค้าง พบว่าอุณหภูมิของน้ำไม่มีอิทธิพลต่อการลดลงของปริมาณ SO_2 ตกค้างในเปลือกลำไย ในขณะที่ระยะเวลาในการล้างน้ำไหลมีผลต่อการลดลงของปริมาณ SO_2 ตกค้าง คือ การล้างนาน 5 นาที สามารถลดปริมาณ SO_2 ตกค้างได้ 32.25 เปอร์เซ็นต์ การล้างที่ระยะ 10 นาที สามารถลดปริมาณ SO_2 ตกค้างได้ 34.85 เปอร์เซ็นต์ และการล้างที่ระยะเวลา 15 นาที สามารถลดปริมาณ SO_2 ตกค้างได้ 35.46 เปอร์เซ็นต์ แม้จะพบว่าการล้างน้ำไหลที่ระยะเวลาต่างกัน จะให้เปอร์เซ็นต์การลดลงของปริมาณ SO_2 ตกค้างที่แตกต่างกัน แต่จากการวิเคราะห์ทางสถิติไม่พบความแตกต่างของปริมาณ SO_2 ตกค้าง นอกจากนี้ยังไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและระยะเวลาในการล้างน้ำไหลต่อการลดลงของปริมาณ SO_2 ตกค้าง (ตาราง 12 ตารางผนวก 26) ส่วนในเนื้อลำไย พบว่าอุณหภูมิของน้ำไม่มีอิทธิพลต่อการลดลงของปริมาณ SO_2 ตกค้าง ในขณะที่ระยะเวลาในการล้างน้ำไหลมีผลต่อการลดลงของปริมาณ SO_2 ตกค้าง โดยการล้างน้ำเป็นเวลา 5 นาที สามารถลดปริมาณ SO_2 ตกค้างได้ 35.46 เปอร์เซ็นต์ การล้างน้ำเป็นเวลา 10 นาที สามารถลดปริมาณ SO_2 ตกค้างได้ 38.70 เปอร์เซ็นต์ และการล้างน้ำเป็นเวลา 15 นาที สามารถลดปริมาณ SO_2 ตกค้างได้ 47.89 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งจากการวิเคราะห์ทางสถิติ ไม่พบความแตกต่างของปริมาณ SO_2 ตกค้างภายหลังการล้างน้ำไหลที่ระยะเวลา 5 และ 10 นาที ในขณะเดียวกันก็ไม่พบความแตกต่างของปริมาณ SO_2 ตกค้างภายหลังการล้างน้ำไหลที่ระยะเวลา 10 และ 15 นาที นอกจากนี้ยังไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและระยะเวลาในการล้างน้ำไหลต่อการลดลงของปริมาณ SO_2 ตกค้าง (ตาราง 13 ตารางผนวก 27)

จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงเส้น (Regression) ของระยะเวลาในการล้างน้ำไหลกับเปอร์เซ็นต์การลดลงของปริมาณ SO_2 ตกค้างในเนื้อลำไยพบว่ามีความสัมพันธ์เชิงเส้น โดยมีสมการ $y = 0.783x + 34.035$ โดยที่ y คือ เปอร์เซ็นต์การลดลงของปริมาณ SO_2 ตกค้าง และ x คือ ระยะเวลาการล้างน้ำไหล และมีค่า $R^2 = 0.8211$ ซึ่งแสดงว่าระยะเวลาในการล้างน้ำไหลที่นานขึ้นจะมีผลทำให้เปอร์เซ็นต์การลดลงของปริมาณ SO_2 ที่ตกค้างในเนื้อลดลงอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับ การล้างในระยะเวลาที่สั้นกว่า (ภาพ 5)

ตาราง 12 ปริมาณ SO_2 ตกค้าง (ppm) และเปอร์เซ็นต์การลดลงของปริมาณ SO_2 ตกค้าง (%)
ในเปลือกของผลลำไยสดหลังการล้างน้ำไหล

เวลา (นาที)	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)							
	0		15		อุณหภูมิห้อง		เวลาเฉลี่ย	
	ppm	%	ppm	%	ppm	%	ppm	%
0	3,042.01	0.00	3,020.21	0.00	3,069.24	0.00	3,043.82 ^a	0.00
5	2,078.82	31.66	1,977.47	34.51	2,131.09	30.57	2,062.46 ^b	32.25
10	1,959.54	35.58	2,054.35	31.97	1,934.02	36.99	1,982.64 ^b	34.85
15	2,047.41	32.70	1,963.19	34.99	1,881.56	38.70	1,964.05 ^b	35.46
อุณหภูมิเฉลี่ย	2,281.95	33.31	2,253.81	33.82	2,253.98	35.42	2,263.24	34.18
การทดสอบทางสถิติ		อุณหภูมิ		Ns				
		เวลา		**				
		อุณหภูมิ x เวลา		Ns				

หมายเหตุ : Ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$)

** = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 %

ค่าเฉลี่ยในสดมภ์เดียวกันตามด้วยตัวอักษรเหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT)

ตาราง 13 ปริมาณ SO₂ ตกค้าง (ppm) เปอร์เซ็นต์การลดลงของปริมาณ SO₂ ตกค้าง (%) ในเนื้อของผลลำไยสดหลังการล้างน้ำไหล

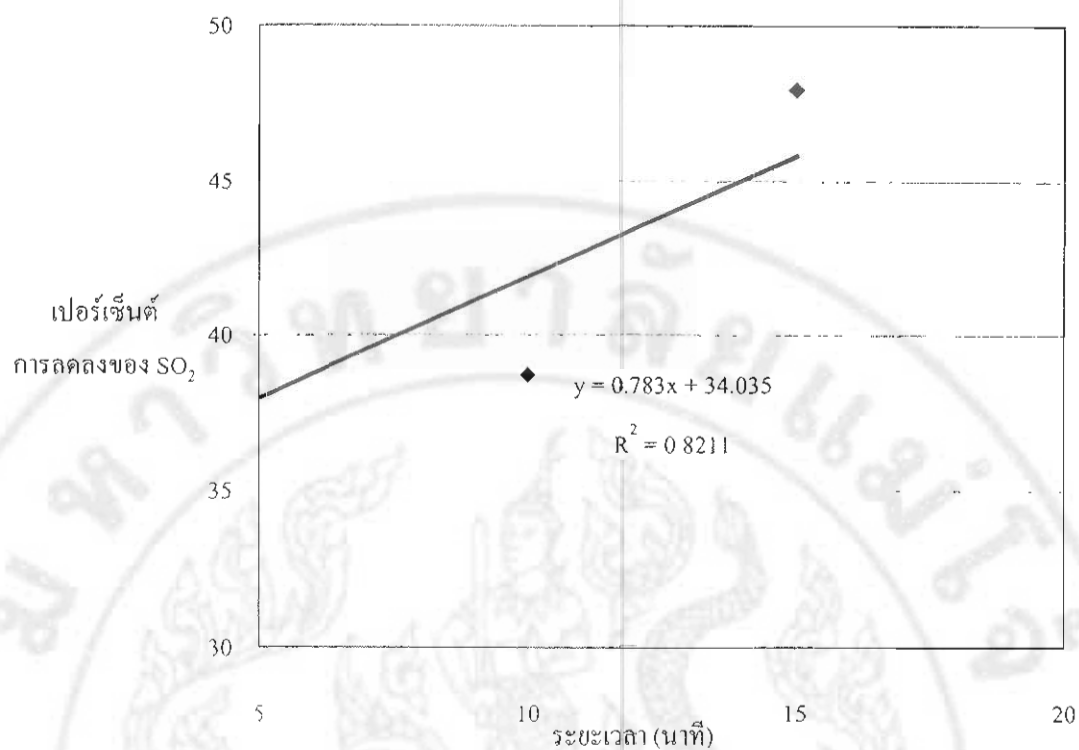
เวลา (นาทึ)	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)							
	0		15		อุณหภูมิห้อง		เวลาเฉลี่ย	
	ppm	%	ppm	%	ppm	%	ppm	%
0	57.62	0.00	69.63	0.00	62.56	0.00	63.27 ^a	0.00
5	37.60	34.74	49.16	29.40	36.83	41.13	41.20 ^b	35.09
10	38.01	34.03	34.57	46.07	40.05	35.98	37.55 ^{bc}	38.70
15	35.88	37.73	37.67	45.96	25.04	59.97	32.86 ^c	47.89
อุณหภูมิเฉลี่ย	42.27	35.50	47.76	40.48	41.12	45.69	43.729	40.56
การทดสอบทางสถิติ	อุณหภูมิ		Ns					
	เวลา		**					
	อุณหภูมิ x เวลา		Ns					

หมายเหตุ : Ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$)

** = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 %

ค่าเฉลี่ยในสคมภ์เดียวกันตามด้วยตัวอักษรเหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT)



ภาพ 5 ความสัมพันธ์เชิงเส้น (Regression) ของระยะเวลาการล้างน้ำไหล (x) กับเปอร์เซ็นต์การลดลงของ SO₂ ตกค้างในเนื้อ (y)

วิจารณ์ผลการทดลอง

การทดลองที่ 1

การสำรวจปริมาณ SO_2 ตกค้างในผลลำไยสดจากสถานประกอบการผลลำไยสดในจังหวัดลำพูนและเชียงใหม่ จำนวน 10 แห่ง ซึ่งพบว่า 80 เปอร์เซ็นต์ ของสถานประกอบการที่ทำการเก็บตัวอย่างมีปริมาณ SO_2 ตกค้างในเปลือกสูงเกินกว่ามาตรฐานที่สถาบันอาหารกำหนด และ 100 เปอร์เซ็นต์ ของสถานประกอบการที่ทำการเก็บตัวอย่างมีปริมาณ SO_2 ตกค้างในเนื้อสูงเกินกว่ามาตรฐานที่สถาบันอาหารกำหนด โดยสถาบันอาหารได้กำหนดให้พบปริมาณ SO_2 ตกค้างในเปลือก 1,700 ppm และในเนื้อไม่เกิน 10 ppm (อนวัช, 2540) ซึ่งสอดคล้องกับรายงานการตกค้างของ SO_2 ในผลลำไยสด ในปี 2536 – 2537 ได้มีการสำรวจปริมาณ SO_2 ตกค้างในผลลำไยเพื่อการส่งออก จำนวน 81 ตัวอย่าง โดยพรรัตน์ และจันทฉาย (2540) พบว่ามีปริมาณการตกค้างของ SO_2 สูงเกินกว่ามาตรฐานที่กำหนดทั้งบนเปลือกและในเนื้อ เช่นเดียวกับการรายงานของอาทิตย์ (2545) ที่ได้ทำการศึกษาปริมาณ SO_2 ตกค้างในผลลำไยสดจากสถานประกอบการในเขตจังหวัดลำพูนและเชียงใหม่ จำนวน 7 แห่ง ภายหลังการรมเป็นเวลานาน 36 ชั่วโมง พบว่าผลลำไยทุกตัวอย่างมีปริมาณ SO_2 ตกค้างสูงเกินกว่ามาตรฐาน โดยมีปริมาณ SO_2 ตกค้างในส่วนของเนื้อและเปลือกเฉลี่ย 140 และ 1,800 ppm ตามลำดับ และจากการรายงานของฤทธิ์ (2546) ได้ทำการสำรวจการตกค้างของ SO_2 ช่วงเดือนมีนาคมถึงพฤษภาคม 2546 จากสถานประกอบการ 8 แห่งในเขตจังหวัดลำพูน พบ SO_2 ตกค้างในส่วนของเนื้อ 130 ppm และเปลือก 1,470 ppm ทำนองเดียวกัน ธีรนุช และคณะ (2547) ได้ทำการสำรวจปริมาณการ SO_2 ตกค้างในผลลำไยนอกฤดู จากสถานประกอบการ 4 แห่ง พบว่ามีปริมาณการตกค้างสูงกว่ามาตรฐานทุกสถานประกอบการ โดยมี SO_2 ตกค้างเฉลี่ยในเนื้อประมาณ 100 – 400 ppm และในเปลือก 1,500 – 3,000 ppm

สำหรับปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณ SO_2 ตกค้างในผลลำไยสด อาจเกี่ยวข้องกับขาดความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับกระบวนการรม SO_2 ผลลำไยสดของผู้ประกอบการและผู้ปฏิบัติงาน ทั้งในเรื่องการจัดการเกี่ยวกับการจัดเรียงตะกร้าให้มีการหมุนเวียนก๊าซ SO_2 โดยต้องจัดเรียงไม่ให้ตะกร้าชิดผนังห้องเพราะจะทำให้เกิดมุมอับ และต้องสอดคล้องกับตำแหน่งของพัดลมและท่อดูดก๊าซ SO_2 เพื่อให้การหมุนเวียนก๊าซเป็นไปอย่างทั่วถึง (สถาบันอาหาร, 2541) พบว่าสถานประกอบการที่มีการจัดเรียงตะกร้าให้มีระบบหมุนเวียนก๊าซ SO_2 ที่ดีมีปริมาณ SO_2 ตกค้างในเปลือกอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานสถาบันอาหาร (1,700 ppm) อีกทั้ง ปริมาณการใช้ผงกำมะถันในแต่ละสถานประกอบการ (ตารางผนวก 28) มีปริมาณสูงเกินกว่าที่สถาบันอาหารกำหนด (ตาราง 2) รวมถึงการสร้างหอกำจัดก๊าซ SO_2

ซึ่งจะเป็นการกำจัดก๊าซ SO_2 ที่ออกจากห้องรม โดยระบบที่นิยม คือ ระบบกำจัดแบบเปียก เนื่องจาก SO_2 สามารถละลายได้ดี โดยน้ำ 1 หน่วยปริมาตร สามารถละลาย SO_2 ได้ 45 หน่วยปริมาตร ที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส และเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการกำจัด SO_2 ให้สูงขึ้นควรมีการเติมปูนขาวลงในน้ำประมาณ 5 – 15 เปอร์เซ็นต์ เมื่อปูนขาวละลายน้ำกลายเป็นปูนไฮดรอกไซด์ (Ca(OH)_2) จะไปทำปฏิกิริยากับก๊าซ SO_2 ได้เป็นยิบซัม ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) (สัมพันธุ์, 2535) ซึ่งบางสถานประกอบการใช้น้ำธรรมดาในการแทนน้ำปูนขาวจึงทำให้ประสิทธิภาพในการกำจัด SO_2 ต่ำลง นอกจากนี้การเป่าลมเพื่อระบายก๊าซ SO_2 ที่ตกค้างจากห้องรม ซึ่งเป็นการปฏิบัติก่อนการขนลำไยออกจากห้องรม โดยการใช้พัดลมขนาดใหญ่เป่าเข้าไปในห้อง SO_2 เพื่อระบายก๊าซ SO_2 ตกค้างอยู่ภายในห้องรม ชั่วคราว และตะกร้าออกไป เพื่อป้องกันปัญหาการดูดก๊าซต่อเนื่องทำให้เกิดการแทรกซึมของ SO_2 จากเปลือกผลลำไยเข้าสู่สมในเนื้อ (สถาบันอาหาร, 2541) พบว่ามีบางสถานประกอบการเท่านั้นที่มีการเป่าลมเพื่อระบายก๊าซ SO_2 ตกค้าง

จากการสำรวจจึงพบได้ว่าสถานประกอบการที่มีปริมาณ SO_2 ตกค้างในเปลือกสูงเกินกว่ามาตรฐานที่สถาบันอาหารกำหนด (80 เปอร์เซ็นต์ ของสถานประกอบการที่ทำการเก็บตัวอย่าง) ขาดการจัดการที่ดีเกี่ยวกับกระบวนการรม SO_2 ผลลำไยสด ซึ่งสอดคล้องกับการรายงานวิไลพร และศุภลักษณ์ (2547) ที่พบว่าสถานประกอบการขนาดใหญ่มีการจัดการเกี่ยวกับกระบวนการรม SO_2 ดีกว่าสถานประกอบการขนาดกลาง และพบว่าสถานประกอบการขนาดกลางมีแนวโน้มว่าปริมาณ SO_2 ตกค้างสูงกว่าสถานประกอบการขนาดใหญ่

จากการศึกษาครั้งนี้อาจกล่าวได้ว่า ปริมาณ SO_2 ตกค้างในผลลำไยสดอาจเกี่ยวข้องกับหลายปัจจัย โดยไม่ได้ขึ้นอยู่กับปัจจัยใดปัจจัยหนึ่ง ดังนั้นผู้ประกอบการควรมีมาตรฐานในการจัดการกระบวนการรม SO_2 ผลลำไยสด หรือควรมีการทดลองศึกษาหาวิธีการยืดอายุลำไยแบบอื่น ๆ ทดแทนการรม SO_2 หรือหาวิธีการลดปริมาณ SO_2 โดยไม่มีผลเสียต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษา เพื่อให้ได้ลำไยที่มีคุณภาพดีเป็นที่เชื่อถือและเป็นที่ต้องการของตลาดต่างประเทศมากขึ้น

การทดลองที่ 2

จากการลดปริมาณ SO_2 ตกค้างในผลลำไยสดโดยการแช่น้ำสามารถลดปริมาณ SO_2 ตกค้างในเปลือกลำไยสดได้ คือสามารถลดปริมาณ SO_2 ตกค้างได้เฉลี่ย 37.57 เปอร์เซ็นต์ สอดคล้องกับการรายงานของพงศ์ศรีและคณะ (2530) ที่ได้ทดลองลดปริมาณของ monocrotophos ในองุ่น ซึ่งการล้างน้ำด้วยการแช่น้ำนาน 10 นาที สามารถลดสารตกค้างได้ถึง 30 เปอร์เซ็นต์ ส่วนวิธีการลดปริมาณ methyl parathion บนผลองุ่นด้วยวิธีการแช่น้ำสามารถสารตกค้างได้ 45 เปอร์เซ็นต์ (พงศ์ศรี และคณะ, 2533) เช่นเดียวกับสมสมัย และคณะ (2536) ได้การรายงานว่าการนำผลพุทราไปแช่น้ำนาน 10 นาที สามารถลดปริมาณการตกค้างของสาร โมโนโคร โดฟอส ได้ 38.38 เปอร์เซ็นต์ และสารไซเปอร์เมทรินได้ 16.59 เปอร์เซ็นต์ และจากการรายงานของนิตยา และรัตนา (2541) ได้ทำการลดปริมาณมาลาไรออนบนผลองุ่นด้วยการแช่น้ำนาน 10 นาที สามารถลดปริมาณสารพิษตกค้างของมาลาไรออนบนผลองุ่นได้ถึง 67.1 เปอร์เซ็นต์ จะเห็นได้ว่าผลการทดลองดังกล่าวมีทิศทางไปในทางเดียวกันแต่ปริมาณการลดลงของสารตกค้างมีความแตกต่างกันอาจเกิดจากชนิดของพืช สารตกค้าง และระยะเวลาที่ใช้ในการทดลองมีความแตกต่างกัน

สำหรับปริมาณ SO_2 ตกค้างที่ลดลงนั้นมีผลสอดคล้องกับคุณสมบัติของ SO_2 ที่สามารถละลายน้ำได้โดยอยู่ในรูปของ Sulfurous acid ดังสมการ $\text{H}_2\text{O} + \text{SO}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_3$ (ทัศนีย์, 2533) โดยน้ำ 1 หน่วยปริมาตร สามารถละลาย SO_2 ได้ 45 หน่วยปริมาตร ที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส (สัมพันธุ์, 2535) ดังนั้นเมื่อนำผลลำไยที่ผ่านการรมด้วย SO_2 มาทำการแช่น้ำจึงสามารถลดปริมาณ SO_2 ตกค้างได้ และสาเหตุที่ทำให้ปริมาณ SO_2 ตกค้างในเนื้อผลมีปริมาณเพิ่มขึ้น (ตาราง 11) อาจเกิดจากการใช้ตัวอย่างผลลำไยต่างชุดกันในการศึกษา เพราะวิธีการสกัด SO_2 ตกค้างจะทำลายเนื้อเยื่อของผลลำไยทำให้ไม่สามารถทำการทดลองกับผลลำไยชุดเดิมได้ จึงทำให้ปริมาณ SO_2 ตกค้างเริ่มต้นมีความแตกต่างกัน ซึ่งจะมีผลต่อการลดลงปริมาณ SO_2 ตกค้างดังกล่าว

การทดลองที่ 3

จากการลดปริมาณ SO_2 ตกค้างในผลลำไยสดโดยการล้างน้ำไหลสามารถลดปริมาณ SO_2 ตกค้างในเปลือก และในเนื้อของลำไยสดได้ ซึ่งสอดคล้องกับการรายงานของพงศ์ศรี และคณะ (2530) ได้ทดลองลดปริมาณของ monocrotophos ในองุ่น ซึ่งการล้างน้ำด้วยวิธีการล้างน้ำไหลจากก๊อกนาน 2 นาที สามารถลดสารตกค้างได้ 7 เปอร์เซ็นต์ และในปี 2533 ได้มีการทดลองลดปริมาณ methyl parathion บนผลองุ่นด้วยวิธีการล้างน้ำไหลจากก๊อกนาน 2 นาที สามารถลดสารตกค้างได้ 38 เปอร์เซ็นต์ (พงศ์ศรี และคณะ, 2533) เช่นเดียวกับสมสมัย และคณะ (2536) ได้รายงานว่าล้างด้วยน้ำประปาที่ไหลจากก๊อกนาน 2 นาที สามารถลดสารพิษตกค้างของโมโนโครโทฟอสและไซเปอร์เมทรินในผลพุทรา ได้ 50.29 และ 26.54 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และจากการรายงานของนิตยาและรัตนา (2541) ได้ทำการลดปริมาณสารพิษตกค้างของมาลาไธออนบนองุ่นด้วยการล้างด้วยน้ำประปาที่ไหลจากก๊อกนาน 2 นาที สามารถปริมาณสารพิษตกค้างของมาลาไธออนบนผลองุ่นได้ถึง 60.7 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อเพิ่มระยะเวลาในการล้างน้ำไหลลำไยให้นานขึ้นจะสามารถลด SO_2 ตกค้างในเนื้อได้สูงขึ้น อาจเนื่องมาจาก SO_2 มีคุณสมบัติในการละลายน้ำได้ดี (สัมพันธุ์, 2535) เมื่อทำการเพิ่มระยะเวลาในการล้างไหลให้นานขึ้นปริมาณการลดลงของ SO_2 ตกค้างในจึงสูงขึ้น

จากการลดปริมาณ SO_2 ตกค้างในผลลำไยสดโดยการล้างน้ำไหลสามารถลดปริมาณ SO_2 ตกค้างในเปลือกและในเนื้อของลำไยสดได้เช่นเดียวกับการแช่น้ำแต่การล้างน้ำไหลสามารถลดปริมาณ SO_2 ตกค้างได้สูงกว่าการแช่น้ำทั้งในเปลือก และในเนื้อโดยเฉพาะในเนื้อการล้างน้ำไหลสามารถลดปริมาณ SO_2 ตกค้างได้เฉลี่ย 40.56 เปอร์เซ็นต์ (ตาราง 11) ในขณะที่การแช่น้ำสามารถลดปริมาณ SO_2 ตกค้างได้เฉลี่ย 1.95 เปอร์เซ็นต์ (ตาราง 13) สาเหตุที่ทำให้การล้างน้ำไหลสามารถลดปริมาณ SO_2 ตกค้างได้สูงกว่าการแช่น้ำอาจเป็นเพราะการล้างน้ำไหลจะทำให้ SO_2 ตกค้างถูกชะล้างออกไป ทำให้ผลลำไยไม่ถูกแช่อยู่ในน้ำที่มี SO_2 ละลายอยู่โดยจะถูกชะล้างทิ้งออกไปกับน้ำในรูปของ Sulfurous acid (ทัศนีย์, 2533) จึงทำให้การล้างน้ำไหลสามารถลดปริมาณ SO_2 ตกค้างได้สูงกว่าการแช่น้ำ

บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองสรุปได้ว่า ลำไยที่ผ่านการรมด้วย SO_2 ที่ได้จากการเผาถ่านจากสถานประกอบการการรม SO_2 ในเขตจังหวัดลำพูนและเชียงใหม่ พบว่าลำไยส่วนใหญ่มีปริมาณ SO_2 ตกค้างสูงเกินกว่ามาตรฐานทั้งบนเปลือกและในเนื้อลำไย และเมื่อนำลำไยที่ผ่านการรมด้วย SO_2 มาทำการลดปริมาณ SO_2 ตกค้างโดยวิธีการที่แช่น้ำและการล้างน้ำไหลพบว่า การล้างน้ำไหลสามารถลดปริมาณ SO_2 ตกค้างได้ดีกว่าการแช่น้ำ สังเกตได้จากเปอร์เซ็นต์การลดลงของปริมาณ SO_2 ตกค้างในเนื้อลำไย จากการทดลองทำให้พบความสัมพันธ์เชิงเส้นของการลดลงของปริมาณ SO_2 ตกค้างในเนื้อลำไยจากการล้างน้ำไหล โดยมีสมการเปอร์เซ็นต์การลดลงของปริมาณ SO_2 ตกค้าง $= 0.783x + 34.035$ และมีค่า $R^2 = 0.8211$ ซึ่งแสดงว่าระยะเวลาในการล้างน้ำไหลที่ระยะเวลานานขึ้นตั้งแต่ 5 ถึง 15 นาที จะสามารถลด SO_2 ตกค้างในเนื้อลำไยได้สูงขึ้น

ข้อเสนอแนะ

จากการทดลองลดปริมาณ SO_2 ตกค้างด้วยวิธีการล้างน้ำไหลสามารถลดปริมาณ SO_2 ตกค้างได้ดีกว่าการแช่น้ำ ซึ่งที่การล้างน้ำไหลที่ระยะเวลานานขึ้นจะสามารถลดปริมาณ SO_2 ตกค้างในเนื้อได้สูงขึ้น จะเห็นได้จากการล้างน้ำไหลที่ระยะเวลา 15 นาที สามารถลดปริมาณ SO_2 ตกค้างได้สูงกว่าที่ 5 นาที ซึ่งผลการทดลองนี้ยังไม่ครอบคลุมถึง คุณภาพและอายุการเก็บรักษาผลลำไยสด ดังนั้นจึงควรมีการศึกษาเพิ่มเติมเพื่อที่จะสามารถยืนยันการทดลองได้ว่าระยะเวลาการล้างน้ำไหลที่เวลาต่างๆ มีผลต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาของผลลำไยสดอย่างไร เพื่อให้ได้วิธีการที่สามารถลดปริมาณ SO_2 ตกค้างให้ได้มากที่สุดโดยไม่มีผลต่อคุณภาพของลำไยสด

บรรณานุกรม

- เกศินี ระมิวงศ์. 2528. การจำแนกไม้ผล. เชียงใหม่: ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 289 น.
- จักรพงษ์ พิมพ์พิมล. 2542. เอกสารประกอบการสอนวิชาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้. เชียงใหม่: ภาควิชาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้. 206 น.
- จรัสแท้ ศิริพานิช. 2538. สรีรวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้. นครปฐม. โรงพิมพ์ส่งเสริมการฝึกอบรมการเกษตรแห่งชาติ. 396 น.
- ชิงชิง ทองดี. 2542. การยืดอายุการควบคุมคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยว. น. 82-83. ใน รายงานการสัมมนาทางวิชาการเชิงปฏิบัติการเรื่องเทคโนโลยีการผลิตลำไยครบวงจร. กรุงเทพฯ: กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- ทัศนีย์ ตูตะกานนท์. 2533. “ซัลเฟอร์ไดออกไซด์”. สารานุกรมศัพท์เคมี. กรุงเทพฯ: โอเดียน-สโตร์. น 301-303.
- ธีรนุช เจริญกิจ, จักรพงษ์ พิมพ์พิมล และ สุชาดา ทองศรี. 2547. สถานการณ์ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ตกค้างในผลลำไยสดของจังหวัดเชียงใหม่และลำพูน. 228 น. ใน รายงานการประชุมวิชาการพืชสวนแห่งชาติครั้งที่ 5. กรุงเทพฯ: ภาควิชาพืชสวน คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- นิตยา วีรกุล และ รัตนา สีตะยัง. 2541. การลดปริมาณสารพิษตกค้างของมาลาไรออนบนองุ่น ด้วยวิธีการล้าง. ข่าวสารวัดภูมิพิษ. 25(4): 131-151.
- พาวิณ มะโนชัย. 2544. เอกสารประกอบการสอนวิชาไม้ผลเขตกิ่งร้อน. เชียงใหม่: สาขาไม้ผล ภาควิชาพืชสวน คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้. 173 น.
- พงศ์ศรี ไบอดุลย์, สมสมัย ปาลกุล และ จิราพรณ บุญยะสิทธิ์. 2533. การลดสารตกค้างของเม็ทโซมิลและเม็ททิลพาราไรออนบน/ในองุ่น. น. 12-18. ใน รายงานผลการวิจัยกองวัดภูมิพิษการเกษตร. กรุงเทพฯ: กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- พงศ์ศรี ไบอดุลย์, สมสมัย ปาลกุล, และ ถวิล จอมเมือง. 2530. การลดสารตกค้างชนิดอะโซตรินและไดโคฟอลบน/ในองุ่น. น. 25-28. ใน รายงานผลการวิจัยกองวัดภูมิพิษการเกษตร. กรุงเทพฯ: กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- พรัตน์ สิ้นชัยพานิช และ จันทรฉาย แจ้งสว่าง. 2540. การสำรวจปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในลำไย. วารสารอาหาร. 27(2): 100-107.

- มารศรี อุคมโชค และสุปราณี อัมพิทักษ์. 2564. การสลายตัวของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในลำไยเพื่อ
การส่งออก. *ข่าวสารวัดภูมิพิษ*. 18(4): 160-164.
- ฤทธิ์ ศักดิ์ศรีสัตยกุล. 2546. ปริมาณการตกค้างของสารซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) ตกค้างในส่วน
ต่างๆของผลลำไย. เชียงใหม่: ปัญหาพิเศษปริญญาตรี ภาควิชาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว
คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้, 30 น.
- วิไลพร เกษะลูน และ สุภัตทิย์ ทิพมูล. 2547. ปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณการตกค้างของสารซัล
เฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) ในผลลำไยสด. เชียงใหม่: ปัญหาพิเศษปริญญาตรี ภาควิชา
เทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้,
37 น.
- สำนักงานรักษาเสถียรภาพราคาสินค้าเกษตร กรมการค้าภายใน. 2547. รายงานผลการผลิตและ
การตลาดของลำไยปี 2547. กรุงเทพฯ: กระทรวงพาณิชย์. 5 น. (แผ่นพับ).
- สถาบันอาหาร. 2541. คู่มือการอบรมวัน – อบแห้งลำไย พร้อมกรรมวิธีการผลิตและแบบแปลน.
กรุงเทพฯ: บริษัทอินโดมิเดีย จำกัด. 74 น.
- สัมพันธ์ ศรีสุริยวงษ์. 2535. กระบวนการควบคุมการรมควันลำไยด้วย SO_2 และการกำจัดก๊าซ
 SO_2 ที่เหลือจากการอบ. น. 160-169. ใน เอกสารประกอบการฝึกอบรม การรมควันซัล
เฟอร์ไดออกไซด์กับลำไยสดหลังการเก็บเกี่ยวเพื่อการส่งออก ณ โรงแรมรามาร์คเด็นท์.
กรุงเทพฯ.
- สมสมัย ปาลกุล, พงศ์ศรี โบอดุลย์ และ พูลสุข หฤทัยนาสันต์. 2536. การลดสารตกค้างของโม
โนโคร โดฟอสและไซเปอร์เมทรินใน/บนพุทรา. *ข่าวสารวัดภูมิพิษ*. 20(2): 59-65.
- อนวัช สุวรรณกุล. 2540. การจัดการต่อผลล้นจี่และลำไยหลังการเก็บเกี่ยว. เอกสารประกอบการ
ฝึกอบรมหลักสูตร เทคโนโลยียุคใหม่ในการผลิตล้นจี่และลำไย. กรุงเทพฯ: สำนักส่งเสริม
และฝึกอบรม และ ศูนย์วิจัยและพัฒนาไม้ผลเขตร้อนและกึ่งเขตร้อน, มหาวิทยาลัย
เกษตรศาสตร์. 105-119.
- อาทิตย์ สีนาลาด. 2544. การสำรวจปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ SO_2 ตกค้างในผลลำไย. เชียงใหม่:
ปัญหาพิเศษปริญญาตรี ภาควิชาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรม
เกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้, 200 น.
- Anderson, C. A., D. MacDougall, J. W. Kesterson, R. Hendrickson, and R. F. Brooks. 1996. The
effect of pricesssing on Guthion residues in oranges and orang products, *J. Agr. Food
Chem.* 11, 422.

- Gunther, G. E., R. C. Blinn, and J. H. Barkley. 1963. Persistence of residue of guthion on and in mature lemons and oranges and in laboratory-processed citrus "pulp" caattle feed. **J. Agr. Food Chem.** 11, 424.
- Lam, F. C., and R. P. Farrow. 1967. Investigation on the effect of preparation and cooking on the pesticide residue content of selected vegetables. National Cannerns Association Research Foundation, Final Report, Washington, D.C. cited By N. P. Thompson Reduction of parathion residue on celery. **Residue Reviews.** 29, 40.
- Mitchell , F. G. 1992. Postharvest handling system : Small fruits (Table grapes , Strawberries , Kiwifruit). University of California, Oakland, CA, USA. อ้างโดย ชิงชิง ทองดี. 2539. งานวิจัยประยุกต์จากเกษตรกรรม. **ฐานเกษตรกรรม.** 4(41): 6-8.
- Thompson, N. P. 1969. Reduction of paration residue on celery. **Residue Review.** 29: 40-49.
- อ้างโดย นิตยา วีรกุล และ รัตนา สีตะยัง. 2541. การลดปริมาณสารพิษตกค้างของมาลาไธออนบนองุ่นด้วยวิธีการล้าง. **ข่าวสารวัดภูมิพิษ.** 25(4): 131-151.



ภาคผนวก



ภาคผนวก ก

การคำนวณและวิธีการเตรียมสารเคมี

การคำนวณและวิธีการเตรียมสารเคมี

1. อินดิเคเตอร์

การเตรียมอินดิเคเตอร์ ถ้าต้องการเตรียมอินดิเคเตอร์ 100 มิลลิลิตร ต้องมีการเตรียมสาร ดังนี้ Methylene blue จำนวน 0.05 กรัม Methylene red จำนวน 0.10 กรัม จากนั้น นำสาร Methylene blue จำนวน 0.05 กรัม และ Methylene red จำนวน 0.10 กรัม ไปละลายในเอทานอล 95 เปอร์เซ็นต์ เติมน้ำเอทานอลจนครบ 100 มิลลิลิตร จะได้อินดิเคเตอร์ 100 มิลลิลิตร

2. สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.1 และ 0.01 N

2.1 สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.1 N

สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.1 N เตรียมได้จากสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.1 M (0.1 N) ของบริษัท merck โดยเติมน้ำกลั่นจนครบ 1,000 มิลลิลิตร

2.2 โซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.01 N

โซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.01 N เตรียมได้จากสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.1 N โดยการเตรียมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.01 N จำนวน 1,000 มิลลิลิตร

โดยการนำสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.1 N จำนวน 100 มิลลิลิตร จากนั้นเติมน้ำกลั่นจนครบ 1,000 มิลลิลิตร จะได้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.01 N

3. ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 3 เปอร์เซ็นต์

การเตรียมไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 3 เปอร์เซ็นต์ เตรียมจากสารละลาย ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 30 เปอร์เซ็นต์ โดยเตรียมสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ปริมาตร 100 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่นจนครบ 1,000 มิลลิลิตร จากนั้นหยด อินดิเคเตอร์ ที่เตรียมไว้ประมาณ 5 - 7 หยด จนได้สารละลายสีม่วง ซึ่งเป็นสารละลายที่มีสภาพเป็นกรด ดังนั้นจึงต้องทำการปรับสภาพให้เป็นกลางโดยใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 0.1 N จนกระทั่งสารละลายเปลี่ยนจากสีม่วงเป็นสารละลายสีเขียวอ่อนและเมื่อเตรียมเสร็จแล้วควรนำไปใช้หรือเก็บไว้ในตู้เย็นอุณหภูมิประมาณ 10 องศาเซลเซียส



ภาคผนวก ข

ตารางการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance)

ตารางผนวก 1 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance) ปริมาณ SO₂ ตกค้าง (ppm)
ในเปลือกของลำไยสดหลังการรมด้วย SO₂ โรงงานที่ 1

Source of variance	DF	SS	MS	F-value	Pr>F
Treatment	9	632.1546	70.2394	0.51	0.8488
Error	20	2744.4611	137.223		
Total	29	3376.6158			

C.V. = 0.7499%

ตารางผนวก 2 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance) ปริมาณ SO₂ ตกค้าง (ppm)
ในเปลือกของลำไยสดหลังการรมด้วย SO₂ โรงงานที่ 2

Source of variance	DF	SS	MS	F-value	Pr>F
Treatment	9	1245.0024	1383.3337	6.05	0.6842
Error	20	4575.4099	228.7704		
Total	29	17025.4123			

C.V. = 0.6188 %

ตารางผนวก 3 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance) ปริมาณ SO₂ ตกค้าง (ppm)
ในเปลือกของลำไยสดหลังการรมด้วย SO₂ โรงงานที่ 3

Source of variance	DF	SS	MS	F-value	Pr>F
Treatment	9	9368.3707	1040.9301	6.09	0.7133
Error	20	30353.7570	1517.6878		
Total	29	39722.1277			

C.V. = 1.9831 %

ตารางผนวก 4 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance) ปริมาณ SO₂ ตกค้าง (ppm)
ในเปลือกของลำไยสดหลังการรมด้วย SO₂ โรงงานที่ 4

Source of variance	DF	SS	MS	F-value	Pr>F
Treatment	9	7271.8503	807.9834	0.70	0.7014
Error	20	23069.0368	1153.4518		
Total	29	1153.4518			

C.V. = 2.2113 %

ตารางผนวก 5 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance) ปริมาณ SO₂ ตกค้าง (ppm)
ในเปลือกของลำไยสดหลังการรมด้วย SO₂ โรงงานที่ 5

Source of variance	DF	SS	MS	F-value	Pr>F
Treatment	9	3048.0025	338.6669	0.68	0.7214
Error	20	10020.2349	501.0117		
Total	29	13068.2374			

C.V. = 0.8315 %

ตารางผนวก 6 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance) ปริมาณ SO₂ ตกค้าง (ppm)
ในเปลือกของลำไยสดหลังการรมด้วย SO₂ โรงงานที่ 6

Source of variance	DF	SS	MS	F-value	Pr>F
Treatment	9	61655.9275	6850.6586	0.46	0.8868
Error	20	300383.6303	15019.1815		
Total	29	362039.5578			

C.V. = 6.1557 %

ตารางผนวก 7 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance) ปริมาณ SO₂ ตกค้าง (ppm)
ในเปลือกของลำไยสดหลังการรมด้วย SO₂ โรงงานที่ 7

Source of variance	DF	SS	MS	F-value	Pr>F
Treatment	9	5482.6637	609.1849	0.48	0.8711
Error	20	25384.9869	1269.2493		
Total	29	30867.6506			

C.V. = 1.7542 %

ตารางผนวก 8 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance) ปริมาณ SO₂ ตกค้าง (ppm)
ในเปลือกของลำไยสดหลังการรมด้วย SO₂ โรงงานที่ 8

Source of variance	DF	SS	MS	F-value	Pr>F
Treatment	9	3987.3172	443.0352	1.42	0.2428
Error	20	6218.1640	310.9082		
Total	29	10205.4813			

C.V. = 0.9560 %

ตารางผนวก 9 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance) ปริมาณ SO_2 ตกค้าง (ppm)
ในเปลือกของลำไยสดหลังการรมด้วย SO_2 โรงงานที่ 9

Source of variance	DF	SS	MS	F-value	Pr>F
Treatment	9	5701.5639	633.507	1.42	0.2817
Error	20	9505.2636	475.2631		
Total	29	15206.8274			

C.V. = 1.1661%

ตารางผนวก 10 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance) ปริมาณ SO_2 ตกค้าง (ppm)
ในเปลือกของลำไยสดหลังการรมด้วย SO_2 โรงงานที่ 10

Source of variance	DF	SS	MS	F-value	Pr>F
Treatment	9	8417.4282	935.2698	0.65	0.7451
Error	20	28923.5549	1446.17774		
Total	29	37340.9832			

C.V. = 1.7684 %

ตารางผนวก 11 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance) ปริมาณ SO_2 ตกค้าง (ppm)
ในเนื้อของลำไยสดหลังการรมด้วย SO_2 โรงงานที่ 1

Source of variance	DF	SS	MS	F-value	Pr>F
Treatment	9	164.6586	18.2954	1.67	0.1623
Error	20	219.0007	10.9500		
Total	29	383.6592			

C.V. = 2.9067 %

ตารางผนวก 12 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance) ปริมาณ SO_2 ตกค้าง (ppm)
ในเนื้อของลำไยสดหลังการรมด้วย SO_2 โรงงานที่ 2

Source of variance	DF	SS	MS	F-value	Pr>F
Treatment	9	177.2385	19.6932	1.66	0.1652
Error	20	237.2961	11.8648		
Total	29	414.5346			

C.V. = 2.0932 %

ตารางผนวก 13 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance) ปริมาณ SO₂ ตกค้าง (ppm)
ในเนื้อของลำไยสดหลังการรมด้วย SO₂ โรงงานที่ 3

Source of variance	DF	SS	MS	F-value	Pr>F
Treatment	9	550.5076	61.1675	1.90	0.1115
Error	20	644.2741	32.2137		
Total	29	1194.7818			

C.V. = 1.9220 %

ตารางผนวก 14 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance) ปริมาณ SO₂ ตกค้าง (ppm)
ในเนื้อของลำไยสดหลังการรมด้วย SO₂ โรงงานที่ 4

Source of variance	DF	SS	MS	F-value	Pr>F
Treatment	9	396.7461	44.0829	0.46	0.8851
Error	20	1922.1263	96.163		
Total	29	2318.8724			

C.V. = 5.4447 %

ตารางผนวก 15 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance) ปริมาณ SO₂ ตกค้าง (ppm)
ในเนื้อของลำไยสดหลังการรมด้วย SO₂ โรงงานที่ 5

Source of variance	DF	SS	MS	F-value	Pr>F
Treatment	9	30.0478	3.3386	0.38	0.9330
Error	20	177.3704	8.8685		
Total	29	207.4182			

C.V. = 0.7726 %

ตารางผนวก 16 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance) ปริมาณ SO₂ ตกค้าง (ppm)
ในเนื้อของลำไยสดหลังการรมด้วย SO₂ โรงงานที่ 6

Source of variance	DF	SS	MS	F-value	Pr>F
Treatment	9	725.8969	80.6552	0.37	0.6809
Error	20	2222.9455	111.1473		
Total	29	2948.8425			

C.V. = 2.9248 %

ตารางผนวก 17 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance) ปริมาณ SO₂ ตกค้าง (ppm)
ในเนื้อของลำไยสดหลังการรมด้วย SO₂ โรงงานที่ 7

Source of variance	DF	SS	MS	F-value	Pr>F
Treatment	9	156.2725	17.3636	0.86	0.5705
Error	20	401.8739	20.0936		
Total	29	558.1464			

C.V. = 1.6562 %

ตารางผนวก 18 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance) ปริมาณ SO₂ ตกค้าง (ppm)
ในเนื้อของลำไยสดหลังการรมด้วย SO₂ โรงงานที่ 8

Source of variance	DF	SS	MS	F-value	Pr>F
Treatment	9	175.3938	19.4882	0.48	0.8700
Error	20	809.4075	40.4704		
Total	29	984.8013			

C.V. = 3.6471 %

ตารางผนวก 19 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance) ปริมาณ SO₂ ตกค้าง (ppm)
ในเนื้อของลำไยสดหลังการรมด้วย SO₂ โรงงานที่ 9

Source of variance	DF	SS	MS	F-value	Pr>F
Treatment	9	21.7041	2.41116	0.82	0.6016
Error	20	58.5171	2.91258		
Total	29	80.2212			

C.V. = 1.0475 %

ตารางผนวก 20 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance) ปริมาณ SO₂ ตกค้าง (ppm)
ในเนื้อของลำไยสดหลังการรมด้วย SO₂ โรงงานที่ 10

Source of variance	DF	SS	MS	F-value	Pr>F
Treatment	9	8.0675	0.8964	0.53	0.8338
Error	20	33.6449	1.6832		
Total	29	41.7324			

C.V. = 0.7616 %

ตารางผนวก 21 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance) ค่าความสว่าง (L-value)

Source of variance	DF	SS	MS	F-value	Pr>F
Treatment	9	6.280	0.6978	0.91	0.5364
Error	20	15.35	0.7676		
Total	29	21.63			

C.V. = 1.9394 %

ตารางผนวก 22 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance) ค่าแสดงลักษณะสีเขียวและสีแดง (a-value)

Source of variance	DF	SS	MS	F-value	Pr>F
Treatment	9	5.7363	0.6373	1.47	0.2257
Error	20	8.673	0.4336		
Total	29	14.4096			

C.V. = 5.8467 %

ตารางผนวก 23 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance) ค่าแสดงลักษณะสีน้ำเงินและสีเหลือง (b-value)

Source of variance	DF	SS	MS	F-value	Pr>F
Treatment	9	7.6163	0.8462	1.0	0.4698
Error	20	16.8933	0.8446		
Total	29	24.5966			

C.V. = 0.7616 %

ตารางผนวก 24 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance) ปริมาณ SO₂ ตกค้าง (ppm)
ในเปลือกของลำไยสด หลังการล้างด้วยน้ำที่อุณหภูมิและระยะเวลาต่างๆ

Source of variance	DF	SS	MS	F-value	Pr>F
Treatment	11	5696765.65	517887.79	4.31	0.0005
A	2	335265.14	167632.57	1.40	0.2615
B	3	4494536.46	1498178.82	12.48	0.0001
AB	6	866964.05	144494.01	1.20	0.3289
Error	33	3960852.85	120025.84		
Total	44	9657618.50			

C.V. = 19.84 %

ตารางผนวก 25 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance) ปริมาณ SO₂ ตกค้าง (ppm)
ในเนื้อของลำไยสด หลังการล้างด้วยน้ำที่อุณหภูมิและระยะเวลาต่างๆ

Source of variance	DF	SS	MS	F-value	Pr>F
Treatment	11	259825.13	2138.08	0.32	0.9771
A	2	1571.24	785.62	0.12	0.8905
B	3	6493.95	2164.65	0.32	0.8104
AB	6	15453.65	2575.61	0.38	0.8858
Error	33	236306.29	6751.69		
Total	44	259825.13			

C.V. = 34.78 %

ตารางผนวก 26 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance) ปริมาณ SO₂ ตกค้าง (ppm)
ในเปลือกของลำไยสดหลังการล้างน้ำไหลที่อุณหภูมิและระยะเวลาต่างๆ

Source of variance	DF	SS	MS	F-value	Pr>F
Treatment	11	7466396.11	678763.46	38.43	0.0001
A	2	6295.35	3147.67	0.18	0.8379
B	3	7360788.99	2453596.31	138.90	0.0001
AB	6	99313.83	16552.30	0.94	0.4870
Error	24	423936.77	17664.03		
Total	35	7890334.88			

C.V. = 5.87 %

ตารางผนวก 27 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance) ปริมาณ SO₂ ตกค้าง (ppm)
ในเนื้อของลำไยสดหลังการล้างน้ำไหลที่อุณหภูมิและระยะเวลาต่างๆ

Source of variance	DF	SS	MS	F-value	Pr>F
Treatment	11	5733.60	521.24	11.70	0.0001
A	2	301.74	150.87	3.39	0.0506
B	3	4902.04	1634.01	36.69	0.0001
AB	6	529.83	88.30	1.98	0.1080
Error	24	1068.79	44.53		
Total	35	6802.40			

C.V. = 15.26 %

ตารางผนวก 28 รายละเอียดของสถานประกอบการในเขตจังหวัดลำพูนและเชียงใหม่

สถาน ประกอบการ	ปริมาตร ห้อง (m ³)	ปริมาณกำมะถัน (Kg)	จำนวน (ตะกร้า)	จำนวนลำไย (Kg)	ระยะเวลา ในการรม (นาท)	การจัดการ ระบบ
1	55.29	3.8	660	7260	50	ดี
2	28.8	2.3	315	3465	40	พอใช้
3	30	3.0	256	2816	50	พอใช้
4	37.5	3.1	300	3300	60	พอใช้
5	55.29	3.8	680	7480	50	ดี
6	55	3.3	540	5940	40	พอใช้
7	22.5	2.8	230	2530	50	พอใช้
8	37.5	3.0	300	3300	45	พอใช้
9	30	3.5	300	3300	60	พอใช้
10	28.8	2.3	250	2750	50	พอใช้

ตารางผนวก 29 ลักษณะการจัดการห้องรม SO₂

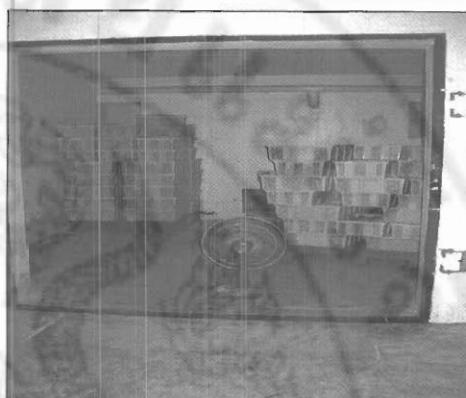
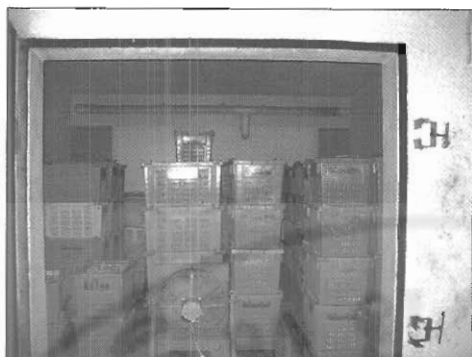
ระบบการจัดการ	ลักษณะการจัดการ
ดี	จัดเรียงไม่ให้ตะกร้าชิดผนังห้อง หอกำจัดก๊าซ SO ₂ มีสภาพสมบูรณ์ ใช้น้ำปูนขาวในการกำจัด SO ₂ มีการเป่าลมหลังจากรม SO ₂
พอใช้	จัดเรียงตะกร้าชิดผนังห้อง หอกำจัดก๊าซ SO ₂ มีสภาพสมบูรณ์พอใช้ ใช้น้ำหรือน้ำปูนขาวในการกำจัด

๖
๖
๖



ภาคผนวก ก

ภาพประกอบงานทดลอง



ภาพผนวก 2 การจัดวางตะกร้าลำไยของสถานประกอบการในเขตจังหวัดลำพูนและเชียงใหม่

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ-สกุล นางสาวสุชาดา ทองศรี
วัน เดือน ปี เกิด 23 กุมภาพันธ์ 2523
ประวัติการศึกษา พ.ศ. 2538 มัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนวินิตศึกษา จังหวัดลพบุรี
 พ.ศ. 2541 มัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนพิบูลวิทยาลัย จังหวัดลพบุรี
 พ.ศ. 2545 ปริญญาตรี วิทยาศาสตร์บัณฑิต (พืชศาสตร์)
 มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่
ที่อยู่ปัจจุบัน 67/5 ม. 1 ต. ป่าตาล อ. เมือง จ. ลพบุรี 15000

