



รายงานผลงานวิจัย มหาวิทยาลัยแม่โจ้

เรื่อง

การพัฒนาวิธีการลดปริมาณสารซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) ตกค้างในผลลำไยสด
โดยการล้าง

The Development of the reduction process for sulfurdioxide residue on fresh
longan (*Dimocarpus longan*)

โครงการย่อยภายใต้ชุดโครงการ: โครงการพัฒนาเทคโนโลยีเหมาะสมเพื่อการ
ลดต้นทุนและเพิ่มราคาผลผลิตสำหรับการผลิตลำไยในเชิงพาณิชย์

The Development of the Appropriate Technology for Cost Reduction and Raising
Price for Commercial Production of Longan

โดย

ธีรนุช เจริญกิจ จักรพงษ์ พิมพ์พิมล เสกสันต์ อุตสาหกรรมานนท์

2550



รายงานผลงานวิจัย มหาวิทยาลัยแม่โจ้

เรื่อง การพัฒนาวิธีการลดปริมาณสารซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) ตกค้างในผล
ลำไยสดโดยการล้าง

THE DEVELOPMENT OF THE REDUCTION PROCESS FOR
SULFURDIOXIDE RESIDUE ON FRESH LONGAN (*Dimocarpus longan*)

โครงการย่อยภายใต้ชุดโครงการ:โครงการพัฒนาเทคโนโลยีเหมาะสมเพื่อการ
ลดต้นทุนและเพิ่มราคาผลผลิตสำหรับการผลิตลำไยในเชิงพาณิชย์

The Development of the Appropriate Technology for Cost Reduction and Raising
Price for Commercial Production of Longan

ได้รับการจัดสรรงบประมาณวิจัย ประจำปี 2547 - 2549

จำนวน 693,500 บาท

หัวหน้าโครงการ

นางธิรณัฐ เจริญกิจ

ผู้ร่วมโครงการ

จักรพงษ์ พิมพ์พิมล

เสกสันต์ อุตสหตานนท์

งานวิจัยเสร็จสิ้นสมบูรณ์

วันที่ 31 สิงหาคม พ.ศ. 2550

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยครั้งนี้จะสำเร็จลุล่วงไปไม่ได้ถ้าไม่ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากสำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่ให้ทุนสนับสนุนการวิจัยเป็นระยะเวลาต่อเนื่อง 3 ปี โดยจัดสรรให้จากเงินงบประมาณประจำปี 2547- 2549 การดำเนินการวิจัยทั้งหมด ทำการวิจัยและเก็บข้อมูลการทดลองส่วนใหญ่อยู่ในห้องปฏิบัติการทั้งที่สาขาไม้ผล ภาควิชาพืชสวน คณะผลิตกรรมการเกษตร และภาควิชาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ คณะผู้วิจัยจึงใคร่ขอขอบคุณไว้ ณ โอกาสนี้ด้วย

เจ้าของสถานประกอบการมัลไทยทั้ง 14 แห่งที่ได้อนุญาตให้เข้าไปเก็บตัวอย่างข้อมูลเพื่อใช้ในการสำรวจสารคลอโรไดออกไซด์ตกค้าง คณะผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในความกรุณาของท่านมากที่เสียสละเวลาให้เราเข้าไปเก็บข้อมูลเพื่อใช้ในการศึกษาครั้งนี้ เพราะถ้าปราศจากความร่วมมือและความเข้าใจในการทำการศึกษของท่านเหล่านี้ เราก็จะไม่ได้ผลการศึกษาอะไรเลย ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงใคร่ขอขอบพระคุณในน้ำใจทุกท่านเป็นอย่างสูง และเราตระหนักดีว่าสถานที่ตั้งหรือชื่อของสถานประกอบการดังกล่าวจะถูกปกปิดเพื่อความเป็นธรรมเพราะคณะผู้วิจัยไม่ได้มีเจตนาที่จะทำให้สถานประกอบการเสียชื่อเสียงแต่อย่างใด

และที่จะขาดเสียไม่ได้คือคำขอบคุณอย่างจริงใจสำหรับนักศึกษาช่วยวิจัยในระดับปริญญาโทของหัวหน้าโครงการวิจัย คือ นางสาวสุชาดา ทองศรี ที่ได้ทุ่มเทกำลังกายและกำลังใจทำงานวิจัยชิ้นนี้เป็นอย่างดีรวมทั้งการจัดการข้อมูลที่มีระเบียบและถูกต้องตามหลักวิชาการ ทำให้การศึกษาต่อเนื่องของปีต่อไป ไม่มีปัญหาแต่อย่างใด

คณะผู้วิจัยหวังว่ารายงานผลการวิจัยในครั้งนี้จะเป็นประโยชน์แก่ผู้พบเห็นบ้างไม่มากก็น้อยตามความสนใจของแต่ละคน และสามารถนำไปประยุกต์ใช้หรือศึกษาต่อเนื่องต่อไปได้ คณะผู้วิจัยยินดีให้ความร่วมมือในการให้ข้อมูลเพิ่มเติมหากท่านต้องการหรือยินดีรับคำแนะนำสำหรับการปรับปรุงเพื่อการทำงานศึกษาวิจัยต่อไป ในการจัดทำรายงานครั้งนี้มีเวลาจำกัด จึงอาจจะทำให้เกิดข้อผิดพลาดหรือขาดตกบกพร่องไปได้ ซึ่งคณะผู้วิจัยยินดีรับผิดชอบสิ่งที่เกิดขึ้นด้วยความเต็มใจ

คณะผู้วิจัย

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
สารบัญตาราง	ก
สารบัญภาพ	ข
บทคัดย่อ	1
คำนำ	4
วัตถุประสงค์	5
การตรวจเอกสาร	5
อุปกรณ์และวิธีการ	7
ผลการทดลอง	12
วิจารณ์ผลการทดลอง	31
สรุปผลการทดลอง	34
ปัญหาและอุปสรรค	35
เอกสารอ้างอิง	36
ภาคผนวก	38
ปริมาณสารซิลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ยอมให้ตรวจพบในผลผลิตเกษตร	39
ภาพภาคผนวกประกอบการทดลอง	40

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
1.1 ผลการสกัดปริมาณสาร ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ตกค้างของลำไยนอกฤดู	13
1.2 ผลการสกัดปริมาณสาร ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ตกค้างของลำไยในฤดู	13
2.1.1 ปริมาณของสาร SO ₂ (ppm) และเปอร์เซ็นต์การลดลงเทียบกับไม่ล้างที่ตกค้างบนเปลือกของลำไยสดหลังการล้างด้วยวิธีการแช่น้ำ	15
2.1.2 ปริมาณของสาร SO ₂ (ppm) และเปอร์เซ็นต์การลดลงเทียบกับไม่ล้างที่ตกค้างในเนื้อของลำไยสดหลังการล้างด้วยวิธีการแช่น้ำ	15
2.2.1 ปริมาณของสาร SO ₂ (ppm) และเปอร์เซ็นต์การลดลงเทียบกับไม่ล้างที่ตกค้างบนเปลือกของลำไยสดหลังการล้างด้วยวิธีการให้น้ำไหลผ่าน	17
2.2.2 ปริมาณของสาร SO ₂ (ppm) และเปอร์เซ็นต์การลดลงเทียบกับไม่ล้างที่ตกค้างในเนื้อของลำไยสดหลังการล้างด้วยวิธีการให้น้ำไหลผ่าน	17
2.3.1 ปริมาณของสาร SO ₂ (ppm) ที่ตกค้างในเปลือกของลำไยสดและเปอร์เซ็นต์การลดลงเปรียบเทียบระหว่างล้างน้ำและไม่ล้างน้ำหลังการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 7 วัน	19
2.3.2 ปริมาณของสาร SO ₂ (ppm) ที่ตกค้างในเนื้อของลำไยสดและเปอร์เซ็นต์การลดลงเปรียบเทียบระหว่างล้างน้ำและไม่ล้างน้ำหลังการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 7 วัน	20
2.4.1 เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสดของลำไยเทียบกับวันเริ่มต้นในช่วงการเก็บรักษา	21
2.4.2 ค่าแสดงความสว่าง (L-value) ของสีผิวลำไยในช่วงการเก็บรักษา 11 วัน	22
2.4.3 ค่าแสดงลักษณะสีแดง (a-value) ของสีผิวลำไยในการเก็บรักษา 11 วัน	22
2.4.4 ค่าแสดงลักษณะสีเหลือง (b-value) ของสีผิวลำไยในช่วงการเก็บรักษา 11 วัน	22
2.4.5 ค่าคะแนนแสดงอาการเกิดโรคเน่าที่ผลในช่วงระยะเวลาการเก็บรักษา 11 วัน	23
2.4.6 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของเนื้อลำไยที่เก็บรักษาเป็นเวลา 11 วัน	24
2.4.7 อายุการเก็บรักษาของลำไยที่ผ่านและไม่ผ่านการมด้วยซัลเฟอร์ไดออกไซด์	24
2.4.8 คะแนนแสดงความยอมรับของผู้บริโภคจากวัดจากลักษณะภายนอก	25
2.4.9 คะแนนแสดงความยอมรับของผู้บริโภคจากวัดจากลักษณะของกลิ่นลำไย	25
2.4.10 คะแนนแสดงความยอมรับของผู้บริโภคจากวัดจากลักษณะของรสชาติลำไย	26
2.4.11 คะแนนแสดงความยอมรับของผู้บริโภคจากวัดจากลักษณะเนื้อผล	26

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตาราง	หน้า
2.4.12 คะแนนแสดงความยอมรับของผู้บริโภคจากวัดจากลักษณะโดยรวม	26
3.1.1 ปริมาณน้ำที่ไหลผ่านตะกร้า 1 ตะกร้า (ลิตร/นาทีก) ที่ตำแหน่งต่างๆ กันของเครื่องล้างลำไยต้นแบบ	28
3.2.1 ปริมาณสารซัลเฟอร์ไดออกไซด์ตกค้าง (ppm) และเปอร์เซ็นต์การลดลงเทียบกับไม่ล้าง (%) ในเปลือกและเนื้อของลำไย	30



สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1 แสดงแผนผังการเก็บตัวอย่างลำไยจากแต่ละจุดของห้องรม รวมจำนวน 10 จุด	7
2 แผนผังการสกัดเซลล์เฟอรไรโดออกไซด์ตามวิธี Modified Monier – William	8



สารบัญภาพภาคผนวก

ภาพภาคผนวกที่	หน้า
1 โครงสร้างจากภายนอกของเครื่องต้นแบบล้างลำไยจากการออกแบบ	40
2 ภาพหน้าตัดของเครื่องต้นแบบล้างลำไยจากการออกแบบ	40
3 ภาพโครงสร้างภายในของเครื่องล้างลำไยต้นแบบ	41
4 ขั้นตอนการทำงาน 1	41
5 ขั้นตอนการทำงาน 2	42
6 ขั้นตอนการทำงาน 3	42
7 ขั้นตอนการทำงาน 4	43
8 เครื่องล้างลำไยต้นแบบที่สร้างจากแบบที่ออกแบบไว้	43
9 การดัดแปลงหัวฉีด โดยปรับเป็นการใช้ท่อพีวีซีแล้วเจาะรูเพื่อลดค่าใช้จ่าย	44
10 แนวท่อส่งน้ำหลังทำให้มีปัญหาเรื่องการไหลของน้ำไม่สม่ำเสมอ	44
11 แนวท่อส่งน้ำซึ่งอยู่ตรงกลางเครื่องทำให้เสียพื้นที่การล้าง เพราะไม่มีน้ำไหลผ่าน	45
12 บั๊มน้ำมีขนาดใหญ่เกินไป ทำให้น้ำในถังน้ำดีไม่พอใช้	45
13 รูปแบบการวางตะกร้าสำหรับการล้าง 2 ชั้น	46
14 การสะอาดน้ำหลังการล้างโดยจะวางตะกร้าเอียงบนกระดานหนังสือพิมพ์	46
15 ผลลำไยในตะกร้าหลังจากล้าง แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 7 วัน	47
16 ผลลำไยในชั้นบนและชั้นล่างหลังเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 7 วัน	47
17 สภาพการเกิดโรคของลำไยที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 7 วัน	48
18 เปรียบเทียบสภาพลำไยที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องและห้องเย็นหลังเก็บรักษา 7 วัน	48
19 การล้างลำไยนาน 5 นาทีแล้วเก็บรักษาเป็นเวลา 7 วันที่อุณหภูมิห้องหรือห้องเย็น	49
20 การล้างลำไยนาน 10 นาทีแล้วเก็บรักษาเป็นเวลา 7 วันที่อุณหภูมิห้องหรือห้องเย็น	49

การพัฒนาวิธีการลดปริมาณสารซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO₂) ตกค้างในผลลำไยสด โดยการล้าง

THE DEVELOPMENT OF THE REDUCTION PROCESS FOR SULFERDIOXIDE RESIDUE ON FRESH LONGAN (*Dimocarpus longan*)

ธีรนุช เจริญกิจ¹ จักรพงษ์ พิมพ์พิมล² เสกสันต์ อุตสหตานนท์¹
Theeranuch Jaroenkit¹ Jackrapong Phimphimol² Sakesan Ussahatanonta¹

¹ภาควิชาพืชสวน คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

²ภาควิชาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร
มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

บทคัดย่อ

โครงการการพัฒนาวิธีการลดปริมาณสารซัลเฟอร์ไดออกไซด์ตกค้างบนผลลำไยสดมี
ระยะเวลาดำเนินงาน 3 ปี โดยปีแรกจะเป็นการสำรวจปริมาณสารตกค้างในผลลำไยสดที่ผ่านการรม
จากสถานประกอบการทั้งในและนอกฤดู ในปี 2 ที่จังหวัดเชียงใหม่และลำพูน ปีที่สามดำเนินการศึกษา
วิธีการล้างผลลำไยที่ผ่านการรมแล้วจากสถานประกอบการในระดับห้องปฏิบัติการและปilot ทำ
ดำเนินการจัดทำและสร้างเครื่องล้างลำไยต้นแบบเพื่อประยุกต์ใช้ในระดับผู้ประกอบการจริงซึ่งผลการ
ทดลองทั้ง 3 ปีได้ผลการทดลองเป็นที่น่าสนใจดังนี้ การสำรวจปริมาณสารซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO₂)
ตกค้างในผลลำไยสดของโรงรมลำไยในจังหวัดเชียงใหม่และลำพูน จำนวนรวม 14 ที่พบว่า ทุกสถาน
ประกอบการรมลำไยมีปริมาณ SO₂ ตกค้างในเปลือกเฉลี่ยประมาณ 1,500–3,000 ppm และในเนื้อ
ประมาณ 100–400 ppm โดยพบว่าปริมาณสาร SO₂ ตกค้างของลำไยที่ผลิตนอกฤดู โดยเฉลี่ยจะสูง
กว่าลำไยที่ผลิตในฤดู โดยลำไยนอกฤดู มีปริมาณสารตกค้างในเปลือกเฉลี่ย 2,765 ppm เทียบ
กับในฤดู ที่มีตกค้าง 2,040 ppm ในขณะที่เนื้อพบว่ามีปริมาณสารตกค้างเฉลี่ย
276 ppm ซึ่งสูงกว่าลำไยในฤดู ที่มีปริมาณสารตกค้างในเนื้อเฉลี่ย 228 ppm ปริมาณสารตกค้าง SO₂
ในเปลือก และในเนื้อ ดังกล่าวถือว่า มีปริมาณที่สูงมากเมื่อเปรียบเทียบกับค่าตกค้างจากโรงรม
มาตรฐานของสถาบันอาหาร (เปลือก 1,700 ppm และเนื้อ 10 ppm)

การลดปริมาณสารตกค้างในเปลือก ลำไยสามารถทำได้โดยการล้างในน้ำไหลเป็นระยะเวลา 5-10 นาที ซึ่งสามารถลดปริมาณสารตกค้างในเปลือก ได้ประมาณ 34 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับการไม่ล้าง แต่การล้างที่นานขึ้น (10 และ 15 นาที) ทำให้มีปริมาณสารตกค้างในเนื้อ ลำไยน้อยกว่า ระยะเวลาการล้างที่สั้น (5 นาที) อุณหภูมิ และปริมาณน้ำที่ใช้ล้าง (0, 15, 23 องศาเซลเซียส) ไม่มีผลต่อการลดปริมาณสารตกค้างทั้งในเปลือก และในเนื้อ ลำไย คุณภาพผลลำไย (สีผิว น้ำหนัก และการยอมรับของผู้บริโภค) หลังการล้างด้วยน้ำไหลเป็นระยะเวลา 5 นาที ไม่แตกต่างจากผลลำไยที่ผ่านการรมด้วยซัลเฟอร์ไดออกไซด์แล้วไม่ล้างน้ำ โดยมีอายุ การเก็บรักษาไม่แตกต่างกันคือ ประมาณ 18 วัน แม้ว่าลำไยรมด้วยซัลเฟอร์ไดออกไซด์แล้วล้างน้ำไหลนาน 5 นาที จะเริ่มแสดงอาการของโรคเร็ว (เริ่มแสดงอาการในวันที่ 5) กว่าลำไยที่ไม่ล้างด้วยน้ำ (เริ่มแสดงอาการในวันที่ 9)

การขยายผลสู่ 'การปฏิบัติในเชิงพาณิชย์' ได้โดยการออกแบบและสร้างเครื่องล้างลำไยโดยอาศัยนักศึกษาคณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตรเป็นผู้ ศึกษาและออกแบบโดยใช้ระยะเวลาในปี สู่ ุดท้ายของโครงการ มีการออกแบบเครื่อง ล้างลำไยที่สามารถล้างได้ครั้งละ 16 ตะกร้า (2 ชั้นๆ ละ 8 ตะกร้า) โดยทำการทดสอบประสิทธิภาพการล้างเป็นเวลานาน 5 และ 10 นาที พบว่าการล้างลำไยโดยเครื่อง ล้างลำไยดังกล่าวสามารถช่วยลดปริมาณสารซัลเฟอร์ไดออกไซด์ตกค้างในเปลือก และผลลำไยได้ในปริมาณที่ใกล้เคียงกับการล้างในอ่างปฏิบัติการแต่การล้างเป็นเวลานาน 10 นาที จะทำให้มีปริมาณสารตกค้างลดลงในปริมาณที่น่าพอใจมากกว่าการล้างที่ 5 นาที แต่อย่างไรก็ตาม คุณภาพผลลำไยหลังการล้างแสดงอาการเน่าของผลอย่างรวดเร็วหลังจากเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง (ภายใน 7 วัน) ซึ่งน่าจะเกิดจากปริมาณน้ำที่คงค้างอยู่ ในตะกร้าลำไยที่ไม่สามารถกำจัดออกได้หมด รวมทั้งเครื่อง ล้างลำไยเองยังประสบกับปัญหาความไม่สม่ำเสมอของท่อส่งน้ำ และแรงดันปั้มน้ำที่มากเกินไปทำให้ไม่สามารถเปิดปั้มน้ำได้มากกว่า 5 นาที จึงยังคงต้องมีการปรับปรุง เครื่อง ล้างและวิธีการกำจัดน้ำส่วนเกินออกจากตะกร้าต่อไปก่อนที่จะนำไปประยุกต์ใช้ในเชิงพาณิชย์ได้จริง

Abstract

The development of the reduction process for sulfurdioxide residue on fresh longan has been studied for 3 years. The first year of the study was the survey of sulfurdioxide residue after gassing for both in and off-season longan production. The results from 14 gassing locations showed that, after gassing within 24 hours, the peel-residue was 1,500-3,000 ppm and the flesh-residue was 100-400 ppm. The off-season longan showed higher

level of the residue than that of the in season longan for both in peel and flesh residue. All peel and flesh residue found in this studies were higher than of the recommended level by the food institutions where as the peel level should be less than 1,700 ppm and the flesh level should be 10 ppm.

Method to reduce the sulferdioxide residue can be done by washing 5-10 minutes of the longan in running water after gassing within 24 hours. This method can reduce the residue about 34% compared to un-washing fruits (control). The longer the washing time (10 - 15 minutes), the lower the level of the flesh residue. However, the washing temperatures (0, 15, 23 °C) have no effect on the level of the sulferdioxide residue in both peel and flesh longan. After washing in running water for 5 minutes, postharvest quality of fresh longan (peel color, weight loss, TSS and panel test for acceptability) compared between washing and un-washing fruits was not significant difference from each other. The shelf life of washing longan was not significant difference from that of un-washing (18 days), although the washing fruit showed incidence of the disease within 5 days after storage, whereas the un-washing fruit showed the incidence of the disease within 9 days.

The development methods for commercial use has not been succeed although the washing protocol (10 minutes washing) showed satisfactory result on reduction of the residue in both peel and flesh longan. However, the prototype for washing machine was the problem. The washing machine developed by senior students has to be adjusted and modified for the pump, water balance inside the machine and the longer washing time. The most important information for the draining of the water after washing was also missing in this study due to limited time and funding. Therefore, this obstacles need to be overcome in the future.

คำนำ

วัตถุประสงค์เมื่อแรกมีการรมซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) เพื่อลดผลิการเกษตรก็เพื่อควบคุมเชื้อ *Otrytis cinerea* ซึ่งเป็นสาเหตุของโรคเน่าสีเทา (Gray mold) ในองุ่นที่ใช้รับประทานสด (Mitchell, 1992) นิยมใช้กรรมวิธีดังกล่าวกันมากในแคลิฟอร์เนีย ซึ่งเป็นแหล่งที่ผลิตองุ่นที่ใช้รับประทานสดส่งทั่วอเมริกา โดยรมด้วยความเข้มข้น 5,000 ppm เป็นเวลา 20 นาที ก่อนเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 0-1 องศาเซลเซียส และรมซ้ำทุก 10 วันในช่วงที่เก็บรักษาในห้องเย็น ด้วยความเข้มข้น 2,500 ppm การรมในลักษณะนี้ทำให้มีปริมาณ SO_2 ตกค้างในปริมาณบนผิวองุ่นน้อยกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้คือ 10 ppm (Mitchell, 1992)

แต่ในการใช้ซัลเฟอร์ไดออกไซด์เพื่อรมลำไยในเม็กซิโกไทยเป็นการใช้ในรูปแบบการเผากำมะถันในห้องรมที่กำหนดเป็นมาตรฐาน (สถาบันอาหาร, 2541) ซึ่งในทางปฏิบัติจริงผู้ประกอบการรมลำไยบางสถานประกอบการไม่ได้ควบคุมปริมาณกำมะถันที่เผา เวลาที่เผา หรือแม้แต่ปริมาณของลำไยในห้องรม ทำให้เกิดปัญหามีสารซัลเฟอร์ไดออกไซด์ตกค้างทั้งในเปลือก และในเนื้อลำไย ซึ่งในอนาคตปริมาณสารซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ตกค้างดังกล่าวจะเป็นปัญหาสำหรับการส่งออกต่อไป เพราะประเทศคู่ค้าหลายแห่งเริ่มตระหนักถึงอันตรายของสารตกค้างและเริ่มกำหนดปริมาณสารตกค้างทั้งในเปลือก และเนื้อลำไยสำหรับการส่งออก ดังนั้นการศึกษาวิธีเพื่อลดปริมาณสารตกค้างในเปลือก และเนื้อลำไยหลังการรมแล้วจึงเป็นแนวทางแก้ปัญหาในระยะสั้นที่น่าจะสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้ในการค้าต่อไป เนื่องจากในระยะเวลาดังกล่าวยังไม่สามารถหาสารเคมีที่มีประสิทธิภาพทดแทนซัลเฟอร์ไดออกไซด์ได้ในแง่ของการควบคุมโรคและการฟอกสีผิวลำไย

งานวิจัยนี้จะศึกษาตั้งแต่การรวบรวมข้อมูลเริ่มต้นได้แก่การเก็บข้อมูลของสารตกค้างที่อยู่บนผลลำไยทั้งเปลือก และเนื้อ หลังการรมแบบดั้งเดิม ศึกษาถึงประสิทธิภาพของการล้างโดยการแช่ในน้ำ หรือ ล้างผ่านน้ำไหล อุณหภูมิ ของน้ำที่ล้างรวมทั้งระยะเวลาที่เหมาะสมสำหรับการล้างเพื่อลดปริมาณสารตกค้างก่อนการเก็บรักษาหรือส่งออก และสามารถพัฒนาเครื่องล้างลำไยต้นแบบสำหรับการประยุกต์ใช้ในเชิงพาณิชย์ต่อไป

วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. เพื่อทราบสถานการณ์การตกค้างของปริมาณสารซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในผลลำไยสด ในฤดูการผลิตปี 2547 ว่ารุนแรงมากน้อยเพียงใด
2. เพื่อศึกษาสภาวะที่เหมาะสมของการใช้น้ำล้าง (อุณหภูมิ และระยะเวลา) ผลลำไยเพื่อลดปริมาณสาร SO_2 ตกค้างในผลลำไย
3. เพื่อศึกษาอิทธิพลของการล้างด้วยน้ำไหลที่ช่วยลดปริมาณสาร SO_2 ตกค้างในผลลำไยต่อคุณภาพผลผลิตลำไยหลังเก็บรักษาและการยอมรับของผู้บริโภค
4. เพื่อออกแบบและสร้างเครื่องล้างลำไยต้นแบบสำหรับพัฒนาเป็นกรรมวิธีที่เหมาะสมในการประยุกต์ใช้เชิงพาณิชย์

ตรวจเอกสาร

การรวม SO_2 ในผลลำไยสดของไทยนั้น มีรายงานว่าสามารถกำจัดเชื้อจุลินทรีย์ เชื้อรา และแมลง รวมทั้งช่วยฟอกสี (Bleaching) ทำให้สีผิวของลำไยสวยงาม ลดการเน่าเสีย และมีอายุการเก็บรักษาที่ยาวนานขึ้น (สถาบันอาหาร, 2541) การรวมลำไยสดก่อนการส่งออกด้วย SO_2 ที่ทำกันทั่วไปคือ การเผากำมะถันผงให้กำมะถันทำปฏิกิริยากับออกซิเจนในอากาศแล้วปลดปล่อยซัลเฟอร์ไดออกไซด์ออกมา มักทำให้มีการตกค้างของ SO_2 บนผลลำไยมาก โดยเฉพาะจากการที่รมในห้องรมที่ไม่ได้มาตรฐานตามที่สถาบันอาหารกำหนด (สถาบันอาหาร, 2541) ซึ่งต่อมากลายเป็นปัญหาสำคัญสำหรับการส่งออก เนื่องจากประเทศคู่ค้าที่สำคัญเช่น สิงคโปร์ มาเลเซีย ฮองกง และแคนาดาได้กำหนดมาตรฐานสารตกค้างอยู่บนเนื้อและเปลือกลำไย (ตารางภาคผนวก ก) ซึ่งส่วนใหญ่ไม่อนุญาตให้มีสารตกค้างอยู่ในเนื้อ แต่จะยอมให้มีบนเปลือกได้ในบางประเทศ ในขณะที่ลำไยที่ผ่านการรมด้วย SO_2 ตามวิธีการเผากำมะถันผงที่ทำกันอยู่ตามมาตรฐานของสถาบันอาหารมีสาร SO_2 ตกค้างอยู่ในเปลือก ประมาณ 1,700-1,800 ppm หรือในเนื้อสูงถึง 30 ppm (อนวัช, 2540) ซึ่งนับว่าเป็นปริมาณที่สูงมากเมื่อเทียบกับมาตรฐานการส่งออกลำไยไทยโดยสำนักมาตรฐานและตรวจสอบสินค้าเกษตร (สมก.) ที่อนุญาตให้ลำไยสดมีสาร SO_2 ตกค้างในเนื้อเพียง 10 ppm (สมก., 2544) ประเทศคู่ค้าจึงสามารถนำเอาปัญหาสาร SO_2 ตกค้างนี้มาเป็นข้ออ้างเพื่อกีดกันการนำเข้าลำไยจากประเทศไทยได้

นอกเหนือ จากปัญหาเรื่องปริมาณสาร SO₂ ค้างในในเนื้ อและในเปลือก ลำไย แล้ว การรวมกำมะถันยังมีปัญหาการปล่อยก๊าซ SO₂ หลัก จากห้องรมสุก บรรจุอากาศ ซึ่งมีผลเสียต่อสภาพพจน์ของอุตสาหกรรมการผลิตลำไยของประเทศไทย (ศกอ., 2544) การกำจัดก๊าซ SO₂ ที่ทำได้โดยผ่านอากาศในห้องรมไปยังมาบละของน้ำปูนขาว (Ca(OH)₂) ซึ่งจะทำปฏิกิริยากับ SO₂ ให้กลายเป็นยิบซัม (CaSO₄ · 2H₂O) การแก้ปัญหาเรื่องการตกค้างของ SO₂ ในผลลำไยและการปล่อยก๊าซ SO₂ ทำได้โดยสร้างห้องรมและหอกำจัดสาร SO₂ ตกค้าง พร้อมทั้งมีระบบการรม SO₂ ตามคำแนะนำสถาบันอาหาร (สถาบันอาหาร, 2541) ระบบห้องอบและหอกำจัดสารซัลเฟอร์ไดออกไซด์ดังกล่าวมีราคาแพง ทำให้ต้นทุนการส่งออกสูง จึงยังไม่มีมีการปฏิบัติกันอย่างกว้างขวาง ส่งผลให้ยังมีลำไยส่งออกอีกจำนวนมากที่ผ่านการรมโดยกรรมวิธีที่ไม่ได้มาตรฐาน

แนวทางการแก้ปัญหาเรื่องสาร SO₂ ค้างในผลลำไยสดสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 แนวทาง คือ 1) การส่งเสริมการรมห้องรมโดยวิธีมาตรฐานของสถาบันอาหาร 2) การกำจัดหรือ ลด SO₂ ตกค้างอยู่ เกินเกณฑ์มาตรฐานจากการรมโดยวิธีการเดิม ซึ่งน่าจะทำได้เร็วกว่าและด้วยต้นทุนที่ต่ำกว่า เนื้ อจาก สาร SO₂ ที่ละลายน้ำได้ โดยทำปฏิกิริยากับน้ำได้กรดซัลฟูริก H₂SO₄ ดังนั้น ถ้านำลำไยที่รมด้วย SO₂ แล้วล้างสาร SO₂ ส่วนเกินออกโดยการใช้ น้ำล้างจึงน่าจะช่วยลดปริมาณสาร SO₂ ที่ตกค้างบนผลลำไยได้

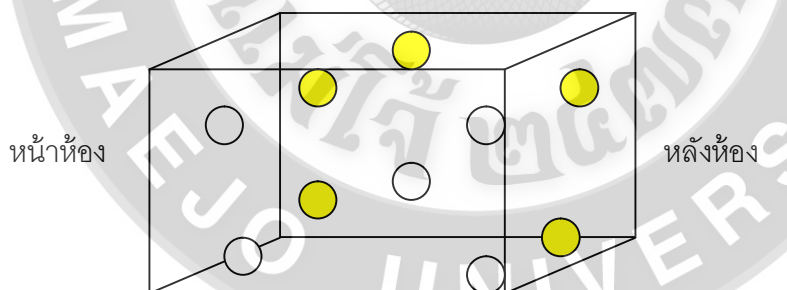
มีรายงานเบื้องต้นว่าการใช้ โอโซน (250 mg/Hr เป็นเวลา 3 ชั่วโมง) สามารถช่วยลดสาร SO₂ ตกค้างในเนื้ อและเปลือก ลำไยสดได้ถึง 60 กว่าเปอร์เซ็นต์ (จิรวุฒน์, 2545) แต่ยังไม่ทราบผลที่แน่ชัดต่อการตอบสนองของผลลำไยต่อระดับโอโซนที่ใช้ มีผู้ ประกอบการท่านหนึ่งได้ทดลองหาวิธีลดปริมาณสาร SO₂ ตกค้างด้วยการล้างน้ำ พบว่าสามารถลดปริมาณสาร SO₂ ตกค้างได้ระดับหนึ่ง (พิชัยพรหมแพทย์, 2545. ติดต่อส่วนตัว) นอกจากนี้การล้างน้ำดังกล่าวยังเป็นการลดอุณหภูมิของผลลำไย หลังจากการรมด้วยซัลเฟอร์ไดออกไซด์ด้วย (pre-cooling) ซึ่งเป็นผลพลอยได้ที่ทำให้สามารถเก็บรักษาลำไยในห้องเย็นได้อย่างมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

1. การสำรวจปริมาณสารตกค้างในผลลำไยสดหลังการรมจากสถานประกอบการ

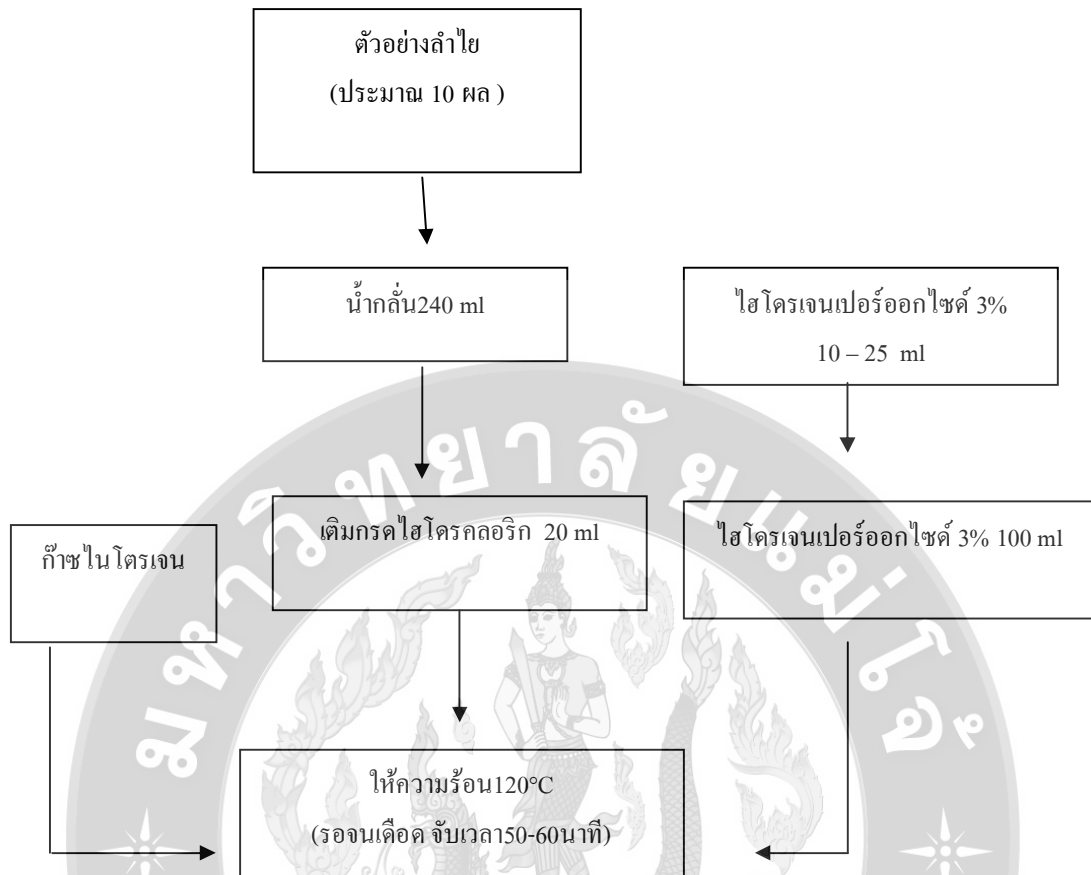
ตามแผนการทดลองในปีแรก (2547) เป็นการสำรวจสถานการณ์การตกค้างของสาร SO_2 จากโรงงาน รมลำไยในเขตจังหวัดเชียงใหม่และลำพูน โดยจะทำการติดต่อเจ้าของโรงงานเพื่อขอเข้าไปเก็บตัวอย่างลำไยที่รมด้วยสาร SO_2 ซึ่งจะแยกเป็นการรมลำไยที่ผลิตในฤดูปกติ (ในฤดู) และการรมลำไยที่ผลิตนอกฤดู (นอกฤดู) ตามแผนการทดลองได้วางเป้าหมายไว้ว่าจะทำการสุ่มสำรวจและสกัดปริมาณสารตกค้างจากโรงงานจำนวนประมาณ 20 โรงงาน (ทั้ง 2 ฤดู การผลิต) แต่ไม่สามารถเก็บตัวอย่างได้ครบตามกำหนดเนื่องจากผู้ประกอบการไม่ให้ความร่วมมือ จึงเก็บตัวอย่างในปีแรกนี้ได้จำนวน 10 โรงงาน หลังจากการสุ่มเก็บตัวอย่างมาจากโรงรมลำไยแล้วจะมาทำการสกัดหาปริมาณสาร SO_2 ตกค้างทั้งในเปลือกและในเนื้อของผลลำไย เพื่อประเมินสถานการณ์ปริมาณสาร SO_2 ในผลลำไยสดในปีการผลิต 2547 ต่อไป

อุปกรณ์ในการทำการทดลองได้แก่ อุปกรณ์ในการเข้าไปเก็บตัวอย่างลำไยที่รมด้วยสารซัลเฟอร์ไดออกไซด์แล้ว โดยกำหนดเป็นจุดๆ ทั่วห้องรมโดยแยกเป็นด้านหน้าห้อง, ด้านหลังห้องและส่วนกลางห้อง แต่ละส่วนแยกเก็บตัวอย่างอีกเป็นส่วนบนและส่วนล่าง รวม 10 จุด เพื่อให้ได้ตัวอย่างที่เป็นตัวแทนที่ดีสำหรับแต่ละห้องรม โดยมีแผนผังการเก็บตัวอย่างแต่ละจุดดังนี้



ภาพที่ 1 แสดงแผนผังการเก็บตัวอย่างลำไยจากแต่ละจุดของห้องรม รวมจำนวน 10 จุด

หลังจากนั้นจะนำตัวอย่างกลับมาที่ห้องปฏิบัติการเพื่อทำการสกัดหาปริมาณสารซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ตกค้างในผลลำไยสดโดยวิธี Modified Monier-William โดยแยกเป็นสารที่ตกค้างในเปลือกและสารที่ตกค้างในเนื้อต่อไป โดยมีรายละเอียดในการสกัดดังนี้



ภาพที่ 2 แผนผังการสกัดซัลเฟอร์ไดออกไซด์ตามวิธี Modified Monier – William หลังจากสิ้นสุดการสกัด นำเอาปริมาณสารไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 3% ที่ได้รวมกันแล้วนำไปไทเทรตด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์

วิธีคำนวณปริมาณ SO_2 ในเปลือกและเนื้อ

สูตรคำนวณ

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

โดยที่ N = ความเข้มข้นที่แท้จริงของ NaOH ที่ใช้ไทเทรต (Normal)

V = ปริมาณของ NaOH ที่ใช้ไทเทรต (มิลลิลิตร)

W = น้ำหนักของตัวอย่าง

32 = มิลลิกรัมสมมูลของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (milliequivalent weight)

ภาพที่ 2 ขั้นตอนการสกัดปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) ด้วยวิธี Modified Monier – William

2. ศึกษาวิธีการล้างผลลำไยสดเพื่อลดปริมาณสารตกค้าง

การทดลองที่ 2.1 และ 2.2 เป็นการวางแผนการทดลองแบบ Factorial in CRD ส่วนการทดลองที่ 2.3 และ 2.4 เป็นการวางแผนการทดลองแบบ CRD การ 2.1 เป็นการศึกษาถึงอิทธิพลของระยะเวลาการล้างน้ำ (โดยการแช่) และระดับอุณหภูมิ มีของน้ำที่แตกต่างกันต่อปริมาณที่ลดลงของ SO ส่วนการทดลองที่ 2.2 ทำการศึกษาเช่นเดียวกับการทดลองที่ 2.1 แต่เปลี่ยนจากกรรมวิธีการแช่น้ำเป็นล้างในน้ำไหล การทดลองที่ 2.3 เป็นการศึกษาปริมาณสารซัลเฟอร์ไดออกไซด์ตกค้างในเปลือก และในเนื้อ ลำไยที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 7 วัน โดยแต่ละวันจะทำการเปรียบเทียบสารตกค้างระหว่างการล้าง (ด้วยวิธีให้น้ำไหลผ่านในอัตราเร็ว 2 ลิตร/นาที่) และการไม่ล้างน้ำ ส่วนการทดลองที่ 2.4 เป็นการทดสอบอิทธิพลของกรรมวิธีที่เหมาะสมที่สุด ในการล้าง (กรรมวิธีเดียวกับงานทดลองที่ 2.3) ต่อคุณภาพของผลลำไยและความยอมรับของผู้ บริโภค

วัสดุ อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

ลำไยที่ใช้ในการทดลองทั้งหมดได้จากการซื้อ ลำไยจากโรงรมลำไยในจังหวัดเชียงใหม่และลำพูน หลังจากคัดลำไยให้ได้ขนาดตามต้องการแล้ว (70 – 80 ผล/กิโลกรัม) จัดการแบ่งลำไยเป็นหน่วยทดลองๆ ละ 1 กิโลกรัม แต่ละสิ่งทดลองมี 3 ซ้ำ ก่อนนำเข้าสู่ งานทดลองต่อไป

การทดลองที่ 2.1 และ 2.2 นำลำไยไปล้างด้วยกรรมวิธีต่างๆ คือ ล้างด้วยการแช่น้ำ (งานทดลองที่ 2.1, น้ำ 2 ลิตร/ลำไย 1 กิโลกรัม) หรือ ล้างด้วยน้ำไหล (งานทดลองที่ 2.2, อัตราการไหลของน้ำเท่ากับ 2 ลิตร/นาที่) ที่ระดับอุณหภูมิ มี 0, 15 และ 23 องศาเซลเซียส, ที่ระยะเวลา 5, 10 และ 15 นาที จากนั้นนำลำไยที่ได้มาสกัดหาสาร SO₂ ที่ตกค้างโดยกรรมวิธีของ Modified Monier-William (สถาบันอาหาร, 2541) โดยสกัดแยกระหว่างเปลือก กับเนื้อ เพื่อ หาปริมาณตกค้าง SO₂ ก่อนและหลังการล้างลำไย จากนั้นวิเคราะห์หาความแตกต่างทางสถิติของปริมาณที่ตกค้างอยู่ในเปลือก และเนื้อ และคิดเทียบเป็นเปอร์เซ็นต์การลดลงของปริมาณสาร SO₂ ตกค้าง

การทดลองที่ 2.3 ทำสกัดปริมาณสารตกค้างในเปลือก และเนื้อ ลำไยของแต่ละวันที่ทำการเก็บรักษาในสภาพอุณหภูมิห้อง รวมระยะเวลา 7 วัน เปรียบเทียบปริมาณสารตกค้างระหว่างการล้าง (โดยใช้น้ำไหลอัตรา 2 ลิตร/นาที่ เป็นระยะเวลานาน 5 นาที) และไม่ล้างน้ำ โดยในแต่ละวันคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ส่วนที่ลดลง

การทดลองที่ 2.4 เป็นการทดสอบอิทธิพลของการล้างด้วยน้ำไหลที่อุณหภูมิ 23 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที ต่อคุณภาพผลลำไยและการยอมรับของผู้ บริโภค โดยเก็บข้อมูลทางคุณภาพ (กายภาพและเคมี) และคะแนนการทดสอบความยอมรับของผู้ บริโภคเป็นระยะเวลาต่างๆ กันหลังจากเก็บรักษา โดยลักษณะต่างๆ ที่เก็บได้แก่

1. การสูญเสียน้ำหนัก

โดยคำนวณเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักจากสูตร

เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก = $\frac{(\text{น้ำหนักเริ่มต้น} - \text{น้ำหนัก ณ วันที่ทำการทดลอง}) \times 100}{\text{น้ำหนักเริ่มต้น}}$

2. การเปลี่ยนแปลงของสีผิว

วัดโดยการใช้เครื่องวัดสีผิว (Minalta C10) บริเวณผิวเปลือกด้านนอกโดยการจะทำการวัดที่เดิม

ทุกครั้งที่วัดได้จากการวัดจะแสดงค่าในรูปของเลขฐานสิบสอง (base 12) ซึ่งแต่ละค่ามีความหมายดังนี้

L* = เป็นค่าความสว่าง ซึ่งมีค่า 0-100 (0 เท่ากับสีดำ และ 100 เท่ากับสีขาว)

a^+ = เป็นค่าแสดงถึงสีแดงและสีเขียว a^+ เป็น (+) วัตถุ มีสีแดง a^+ เป็น (-) วัตถุ มีสีเขียว

b* = เป็นค่าแสดงถึงดีเหลือ ของและสิน้าน้ำเงิน b*เป็น(+)วัตถุ มีดีเหลือ ของ b* เป็น(-)วัตถุ มีสิน้าน้ำเงิน

3. การเกิดโรค

หาเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคโดยการให้คะแนนจากผิวของป्लीดที่เกิโรโรคโดยการ ประเมินด้วยส่ายตา

และให้คะแนนตามเกณฑ์ การให้คะแนนที่ตั้งไว้ คือ **อ**

คะแนน 0 = ไม่เกิดโรค คะแนน 1 = เกิดโรค 10 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ผิว

คะแนน 2 = เกิดโรค 20 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ผิว คะแนน 3 = เกิดโรค 30 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ผิว

คะแนน 4 = เกิดโรค 40 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ผิว คะแนน 5 = เกิดโรค 50 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ผิว

4. การทดสอบบรรทัด

ทำการทดสอบโดยการชิมโดยกลุ่ม 'ผู้ทดสอบที่ได้รับการอธิบายข้อมูล' แล้ว (Trained panels) และให้

คะแนนตามแบบทดสอบ โดยประกอบด้วย ลักษณะภายนอก(สี) รัชชาติ กลิ่น ลักษณะเนื้อ

ลักษณะโดยรวม แล้วนำผลที่ได้ไปวิเคราะห์ผลทางสถิติ

4.1 លក្ខណៈ ប្រែប្រួល

คะแนน 1 = สีนํ้าตาลเข้มปนดำ คะแนน 2 = สีนํ้าตาล

คะแนน 3 = สีนํ้าตาลปนเหลือง ของ คะแนน 4 = สีเหลือง ของทอง

4.2 กลิ่น

คะแนน 1 = ดู น / เหมือนเปรี้ยว คะแนน 2 = ไม่มีกลิ่น

คะแนน 3 = มีกลิ่นหอมเล็กน้อย คะแนน 4 = มีกลิ่นหอมของลำไย

4.2 รสชาติ

คะแนน 1 = เป็รียว(เสีย) คะแนน 2 = ไม่มีรสชาติ

คะแนน 3 = หวานเล็กน้อย คะแนน 4 = หวานมาก

4.3 ลักษณะเนื้ อ

คะแนน 1 = เนื้ อขาวขุ นปนเหลื อง(เนื้) คะแนน 2 = เนื้ อขาวขุ นฉ่ำน้ำมาก(และ)

คะแนน 3 = เนื้ อฉ่ำน้ำสีขาวใส/ขาวขุ น คะแนน 4 = เนื้ อหนากรอบไม่ฉ่ำน้ำสีขาวใส/ขาวขุ น

4.4 ลักษณะโดยรวม(การยอมรับของผู้ บริโภคเพื้ อการค้า)

คะแนน 1 = ไม่ดี/ยอมรับไม่ได้ คะแนน 2 = พอใช้ได้

คะแนน 3 = ดีสวยงามรสชาติหวานกรอบ(ดียอมรับได้)

5. อายุ การเก็บรักษา

อายุ การเก็บรักษาจะใช้คะแนนการเกิดโรคเป็นเกณฑ์ (คะแนน ถึง 4 หมายถึงหมดอายุ การเก็บรักษา)

3. การออกแบบและสร้างเครื่องล้างลำไยเพื่อประยุกต์ใช้ในเชิงพาณิชย์

3.1 การออกแบบและสร้างเครื้ องล้างลำไยต้นแบบ

การขยายผลสู่ 'การล้างลำไยในเชิงพาณิชย์ เริ่มต้นจากการสร้างเครื้ องล้างลำไยต้นแบบ (ภาพภาคผนวกที่ 1) ซึ่งได้ดำเนินการสร้างร่วมกับทางคณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตรมหาวิทยาลัยแม่โจ้ ซึ่งได้มีการออกแบบจำลองและดำเนินการสร้างตามแบบที่ออกแบบไว้ โดยการทำโครงการศึกษาของนักศึกษาชั้นปีที่สี่ ใช้เวลาในการดำเนินการสร้าง แก้ไข และปรับปรุง อยู่ 'ประมาณ 15 เดื อนจึงแล้วเสร็จ

3.2 การทดสอบประสิทธิภาพของเครื้ องล้างลำไยต้นแบบ

ทดสอบประสิทธิภาพของเครื้ องล้างลำไยต้นแบบโดยใช้ลำไยที่จัดใส่ตะกร้าสำหรับการส่งออกขนาดกว้าง x ยาว x สูง เท่ากับ 30 x 45 x 15 เซนติเมตร หรื้ อบรรจุ น้ำหนักลำไยสดรวมตะกร้าประมาณ 11 กิโลกรัม จำนวนทั้งสิ้น 16 ตะกร้า วางแผนการทดลองแบบสุ่ 'มสมบูรณ์ ร์น (CRD) แยกเป็น สิ่งทดลอง 5 สิ่งทดลอง ดังนี้ คื้ อ การไม่ล้าง (control), การล้างลำไย 1 ชั่วโมง 5 นาที, การล้างลำไย 1 ชั่วโมง 10 นาที, การล้างลำไย 2 ชั่วโมง 5 นาที, และการล้างลำไย 2 ชั่วโมง 10 นาที หลังการล้างในแต่ละสิ่งทดลอง จะทำการเปิดตะกร้าเพื้ 'อสุ่ 'มตัวอย่างทั่วตะกร้าสำหรับการนำตัวอย่างผลลำไยไปวิเคราะห์หาปริมาณสารซัลเฟอร์ไดออกไซด์ตกค้างบนผลลำไยสดโดยทำการแยกวิเคราะห์ในเบลี อก และในเนื้ อ ส่วนลำไยที่เหลือ ในตะกร้าจะทำการผึ่งโดยปิดฝาตะกร้าและวางเฉียงบนกระดาษสี อพิมพ์ แล้วใช้พัดลมตัวใหญ่เป่าเพื้ 'อให้สะเด็ดน้ำ เป็นเวลาประมาณ 2 ชั่วโมง ก่อนนำไปเก็บที่ อุณหภูมิห้องเป็นระยะเวลา 7 วัน ก่อนการประเมินคุณภาพผลหลังการเก็บรักษา

ผลการทดลอง

1. การสำรวจปริมาณสารตกค้างในผลลำไยสดหลังการรมจากสถานประกอบการ

ตามแผนการทดลองในปีแรก (2547) เป็นการสำรวจสถานการณ์การตกค้างของสาร SO_2 จากโรงงาน รมลำไยในเขตจังหวัดเชียงใหม่และลำพูน โดยจะแยกเป็นการรมลำไยที่ผลิตในฤดู ปลูก (ในฤดู) และการรมลำไยที่ผลิตนอกฤดู (นอกฤดู) จำนวนรวม 10 โรงงาน เพื่อเป็นการป้องกันความเสียหายที่อาจจะเกิดขึ้นกับเจ้าของโรงงานในอนาคต ในการนำเสนอผลการทดลองผู้วิจัยจะขอปิดชื่อ และที่อยู่ ของโรงงานโดยจะใช้หมายเลขแทน

ผลการสำรวจในปีเบื้องต้นพบว่า ปริมาณของสาร SO_2 ตกค้างในผลลำไยสดที่ผลิตทั้งในและนอกฤดู ยังคงอยู่ในปริมาณที่สูงเกินกว่ามาตรฐาน โดยรัฐบาลได้กำหนดมาตรฐานปริมาณสาร SO_2 ตกค้างบนผลลำไยสดดังนี้คือ ในเปลือก นอกต้องมีปริมาณไม่เกิน 350 ppm และไม่ให้มีตกค้างในเนื้อเลย (0 ppm) จากการทดลองพบว่าปริมาณสาร SO_2 ตกค้างทั้งในเปลือก นอกและในเนื้อ ของลำไยนอกฤดู โดยเฉลี่ยสูงกว่าลำไยในฤดู โดยลำไยนอกฤดู มีปริมาณสารตกค้างในเปลือก เฉลี่ย 2,764.96 ppm เทียบกับในฤดู 2,039.93 ppm ส่วนในเนื้อ พบว่าลำไยนอกฤดู มีปริมาณสารตกค้างเฉลี่ย 275.79 ppm เทียบกับในฤดู 227.84 ppm (ตารางที่ 1.1, 1.2) เมื่อคิดเปรียบเทียบเป็นเปอร์เซ็นต์ที่เกินจากมาตรฐานกำหนดพบว่า ลำไยนอกฤดู มีปริมาณสาร SO_2 ตกค้างในเปลือก เกินกว่าที่มาตรฐานกำหนดประมาณ 690 เปอร์เซ็นต์ ส่วนลำไยในฤดู มีปริมาณสาร SO_2 ตกค้างในเปลือก เกินกว่าที่มาตรฐานกำหนดประมาณ 483 เปอร์เซ็นต์ สำหรับเนื้อ ลำไยพบว่าปริมาณสารตกค้างเกินกว่ามาตรฐานกำหนดประมาณ 27,600 เปอร์เซ็นต์สำหรับลำไยนอกฤดู และประมาณ 22,800 เปอร์เซ็นต์สำหรับลำไยในฤดู ซึ่งปริมาณสารตกค้างดังกล่าวถือว่า มีปริมาณที่สูงมาก จึงจำเป็นต้องหาวิธีเพื่อลดปริมาณสารดังกล่าวต่อไปเพื่อจะได้ไม่มีปัญหาสำหรับการส่งออกในอนาคต

ตารางที่ 1.1 ผลการสกัดปริมาณสาร ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ตกค้างของลำไยนอกฤดู

โรงงาน	วันที่เก็บตัวอย่าง	ปริมาณ SO2 ตกค้าง บนเปลือก ออกเฉลี่ย(ppm)	ปริมาณ SO2 ตกค้าง ในเนื้อ อเฉลี่ย (ppm)
1	20/1/2547	3057.59	288.10
2	25/1/2547	3296.55	366.76
3	11/3/2547	2889.22	351.74
4	20/4/2547	1816.47	96.54
	เฉลี่ย	2764.96	275.79
เปอร์เซ็นต์เกินกว่าที่กำหนด		689.99	27578.50

ตารางที่ 1.2 ผลการสกัดปริมาณสาร ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ตกค้างของลำไยในฤดู

โรงงาน	วันที่เก็บตัวอย่าง	ปริมาณ SO2 ตกค้าง บนเปลือก ออกเฉลี่ย(ppm)	ปริมาณ SO2 ตกค้างในเนื้อ อเฉลี่ย(ppm)
1	19/8/2547	1562.11	113.84
2	19/8/2547	2444.02	295.30
3	26/8/2547	1966.64	164.56
4	26/8/2547	1535.97	180.05
5	16/9/2547	2691.83	385.44
6	16/9/2547	2030.95	360.45
7	30/9/2547	2303.50	270.65
8	30/9/2547	1844.40	174.43
9	3/10/2547	1869.50	163.30
10	3/10/2547	2150.40	170.35
	เฉลี่ย	2039.93	227.84
เปอร์เซ็นต์เกินกว่าที่กำหนด		482.84	22783.70

2. ศึกษาวิธีการล้างผลลําไยสดเพื่อลดปริมาณสารตกค้าง

2.1. อิทธิพลของอุณหภูมิและระยะเวลาของการล้างโดยการแช่น้ำ

จากผลการทดสอบเรื่องอุณหภูมิของน้ำและระยะเวลาในการล้างโดยการแช่น้ำ พบว่าไม่มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและเวลาต่อปริมาณการตกค้างของสารพิษตกค้างในเนื้อผลลําไย

อิทธิพลของอุณหภูมิของน้ำที่ใช้ล้าง คือ 0, 15 และ 23 องศาเซลเซียส ไม่มีผลต่อการลดลงของปริมาณสาร SO_2 ตกค้างบนเปลือกลําไยในทางสถิติแต่อย่างใด แม้จะพบว่าการล้างที่อุณหภูมิต่ำ (0 องศาเซลเซียส) จะมีแนวโน้มทำให้เปอร์เซ็นต์การลดลงของปริมาณสาร SO_2 มากกว่าการล้างด้วยน้ำที่อุณหภูมิ 15 และ 23 องศาเซลเซียสก็ตาม โดยที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส สามารถลดปริมาณสารตกค้างได้ประมาณ 39 เปอร์เซ็นต์, อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส ลดได้ประมาณ 25 เปอร์เซ็นต์และอุณหภูมิห้อง หรือ 23 องศาเซลเซียส ลดได้ 23 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 2.1.1)

แต่พบว่าระยะเวลาในการแช่ที่นานขึ้นมีผลทำให้ปริมาณการตกค้างของสาร SO_2 ลดลง โดยการแช่นาน 15 นาที มีปริมาณสารตกค้างน้อยที่สุด คือ 1, 377.27 ppm หรือ คิดเป็น 37.57 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือ การแช่นาน 10 นาที (1,627.37 ppm หรือ 26.99 เปอร์เซ็นต์) และ 5 นาที (1,679.43 ppm หรือ 23.37 เปอร์เซ็นต์) เทียบกับที่ไม่ล้างที่พบสาร SO_2 ค้างสูง ถึง 2,226.00 ppm (ตารางที่ 2.1.1)

ส่วนปริมาณสารซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ตกค้างในเนื้อของผลลําไยพบว่า ทั้งอุณหภูมิและระยะเวลาในการล้างไม่มีผลต่อปริมาณสาร SO_2 ที่ตกค้างในเนื้อผล และไม่พบปฏิสัมพันธ์ของอุณหภูมิและเวลาต่อปริมาณสารตกค้างในเนื้อลําไย โดยทุกกรรมวิธีที่ศึกษาพบค่าเฉลี่ยประมาณ 240.07 ppm หรือ คิดเป็นเปอร์เซ็นต์การลดลงเท่ากับ 5.87 เปอร์เซ็นต์ แม้จะมีแนวโน้มว่าระยะเวลาที่แช่นานขึ้นทำให้มีเปอร์เซ็นต์การลดลงเพิ่มขึ้นก็ตาม (ตารางที่ 2.1.2)

ตารางที่ 2.1.1 ปริมาณของสาร SO₂ (ppm) และเปอร์เซ็นต์การลดลงเทียบกับไม่ล้างที่ตกค้างบนเปลือกของลำไยสดหลังการล้างด้วยวิธีการแช่น้ำ

ระยะเวลาในการแช่ (นาทีก)	อุณหภูมิมิ(องศาเซลเซียส)							
	0°C		15°C		อุณหภูมิมิห้อง		ค่าเฉลี่ย	
	ppm	%	ppm	%	ppm	%	ppm	%
0	2489.10	-	1991.40	-	2197.50	-	2226.00a	-
5	1464.50	41.16	1786.60	10.28	1787.20	18.67	1679.43b	23.37
10	1786.60	28.22	1355.80	31.92	1739.70	20.83	1627.37c	26.99
15	1295.80	47.94	1309.90	34.22	1526.10	30.55	1377.27d	37.57
ค่าเฉลี่ย	1759.00	39.11	1610.93	25.47	1812.63	23.35	1743.66	29.31
การทดสอบทางสถิติ	อุณหภูมิ มิ ns เวลา ** อุณหภูมิ มิ x เวลา ns							

หมายเหตุ ** = แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % , ns = ไม่มีความแตกต่างในทางสถิติ

ตารางที่ 2.1.2 ปริมาณของสาร SO₂ (ppm) และเปอร์เซ็นต์การลดลงเทียบกับไม่ล้างที่ตกค้างในเนื้อของลำไยสดหลังการล้างด้วยวิธีการแช่น้ำ

ระยะเวลาในการแช่ (นาทีก)	อุณหภูมิมิ(องศาเซลเซียส)							
	0		15		อุณหภูมิมิห้อง		ค่าเฉลี่ย	
	ppm	%	ppm	%	ppm	%	ppm	%
0	243.95	-	256.12	-	221.60	-	240.56	-
5	234.36	3.93	255.15	0.38	267.64	-20.78*	252.38	-16.47
10	190.48	21.92	243.86	4.79	253.76	-14.51*	229.37	12.19
15	246.07	-0.87*	214.43	16.28	207.38	6.42	222.63	21.83
ค่าเฉลี่ย	228.72	8.33	242.39	7.03	237.60	-9.62	240.07	5.87
การทดสอบทางสถิติ	อุณหภูมิ มิ ns เวลา ns อุณหภูมิ มิ x เวลา ns							

หมายเหตุ * ปริมาณ SO₂ ของตัวอย่างที่ล้างน้ำสูงกว่าตัวอย่างที่ไม่ล้างน้ำ, ns = ไม่มีความแตกต่างในทางสถิติ

2.2. อิทธิพลของอุณหภูมิและระยะเวลาของวิธีการล้างในน้ำไหล

จากผลการทดลองพบว่า การล้างด้วยน้ำไหล (อัตราการไหลเท่ากับ 2 ลิตรต่อวินาที) จะทำให้มีปริมาณการตกค้างของสาร SO_2 ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับการไม่ล้าง แต่เมื่อเทียบกับการล้างด้วยตนเองพบว่าต่างไป ไม่มีผลต่อปริมาณสารตกค้างในเปป्ली ออกคือ การล้างน้ำตั้งแต่ 5, 10 และ 15 นาทีทำให้มีปริมาณสารตกค้างไม่แตกต่างกันโดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ 'ระหว่าง 1,964.05 – 2,062.46 ppm แต่ปริมาณสารตกค้างดังกล่าวมีน้อยกว่าสารตกค้างที่อยู่ในเปป्ली ออกถ้าโยของผลที่ไม่ได้ล้างน้ำ (3,043.82 ppm) เมื่อคิดเป็นเปอร์เซ็นต์การลดลงของปริมาณสาร SO_2 ที่ตกค้างหลังจากล้างเป็นระยะเวลาต่างๆ กันแล้วพบว่าอยู่ 'ระหว่าง 32.25 – 35.46 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 2.2.1) ทั้งนี้ไม่พบ ปฏิสัมพันธ์และอิทธิพลของอุณหภูมิของน้ำที่ล้างต่อปริมาณสาร SO_2 ที่ตกค้างในเปป्ली ออกถ้าโย

สำหรับอิทธิพลของอุณหภูมิและระยะเวลาในการล้างต่อปริมาณสาร SO_2 ที่ตกค้างในเนื้ ผลพบว่าอุณหภูมิของน้ำที่ล้างไม่มีผลต่อปริมาณสาร SO_2 ที่ตกค้างในเนื้ ออกถ้าโยโดยทุกอุณหภูมิที่ใช้ล้างมีปริมาณสารตกค้างอยู่ 'ระหว่าง 41.12 – 47.76 ppm และไม่พบปฏิสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลาในการล้างต่อปริมาณสารตกค้าง โดยเฉลี่ยมีปริมาณสารตกค้างอยู่ 'ในเนื้ ออกประมาณ 43.73 ppm แต่พบว่าระยะเวลาในการล้างที่ 10 และ 15 นาที ทำให้มีปริมาณสาร SO_2 ตกค้างในเนื้ ออก (32.86 – 37.55 ppm) น้อยกว่าการล้างนาน 5 นาที (41.20 ppm) ซึ่งระยะเวลาในการล้างทั้งหมดจะทำให้มีปริมาณสาร SO_2 ตกค้างในเนื้ ออกน้อยกว่าการที่ไม่ล้างน้ำ ที่มีปริมาณสาร SO_2 ตกค้างเฉลี่ยประมาณ 63.27 ppm คิดเป็นเปอร์เซ็นต์การลดลงของปริมาณสาร SO_2 ตกค้างอยู่ 'ระหว่าง 35.09 – 47.89 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 2.2.2)

เมื่อเทียบกรรมวิธีการล้างด้วยน้ำโดยการแช่ในน้ำ (ตารางที่ 2.1.1 และ 2.1.2) และการล้างโดยวิธีการปล่อยให้ น้ำไหลผ่านลำไย (ตารางที่ 2.2.1 และ 2.2.2) พบว่า เปอร์เซ็นต์การลดลงของปริมาณสารที่ตกค้างในเปป्ली ออกถ้าโยที่ล้างโดยให้น้ำไหลผ่านจะทำให้มีเปอร์เซ็นต์การลดลง ที่มากกว่าการล้างโดยวิธีการแช่ในน้ำ โดยการล้างน้ำไหลทำให้มีเปอร์เซ็นต์การลดลงของปริมาณสาร SO_2 ในเปป्ली ออกอยู่ 'ระหว่าง 32.25 – 35.46 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 2.2.1) เทียบกับการลดลงของปริมาณสารที่ล้างโดยการแช่ในน้ำที่มีค่าอยู่ 'ระหว่าง 23.37–37.57 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 2.1.1) ในทำนองเดียวกันปริมาณสาร SO_2 ที่ตกค้างในเนื้ ออกถ้าโยพบว่า วิธีการล้างโดยการแช่ในน้ำไม่มีผลต่อปริมาณการลดลงของสาร SO_2 โดยมีค่าเฉลี่ยการลดลงอยู่ 'ประมาณ 5.87 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 2.1.2) แต่เมื่อล้างโดยให้น้ำไหลผ่านจะทำให้เปอร์เซ็นต์การลดลงของปริมาณสาร SO_2 ที่ตกค้างในเนื้ ออกถ้าโยเพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัด โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ 'ระหว่าง 35.09- 47.89 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 2.2.2)

ตารางที่ 2.2.1 ปริมาณของสาร SO₂ (ppm) และเปอร์เซ็นต์การลดลงเทียบกับไม่ล้างที่ตกค้างบนเปลือกของลำไยสดหลังการล้างด้วยวิธีการให้น้ำไหลผ่าน

ระยะเวลาในการแช่ (นาที)	อุณหภูมิมิ(องศาเซลเซียส)							
	0°C		15°C		อุณหภูมิมิห้อง		ค่าเฉลี่ย	
	ppm	%	ppm	%	ppm	%	ppm	%
0	3042.01	-	3020.21	-	3069.24	-	3043.82a	-
5	2078.82	31.66	1977.47	34.51	2131.09	30.57	2062.46b	32.25
10	1959.54	35.58	2054.35	31.97	1934.02	36.99	1982.64b	34.85
15	2047.41	32.70	1963.19	34.99	1881.56	38.70	1964.05b	35.46
ค่าเฉลี่ย	2281.95	33.31	2253.81	33.82	2253.98	35.42	2263.64	34.18
การทดสอบทางสถิติ	อุณหภูมิมิ	ns		เวลา	**			
	อุณหภูมิมิ x เวลา	ns						

หมายเหตุ ** = แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % , ns = ไม่มีความแตกต่างในทางสถิติ

ตารางที่ 2.2.2 ปริมาณของสาร SO₂ (ppm) และเปอร์เซ็นต์การลดลงเทียบกับไม่ล้างที่ตกค้างในเนื้อของลำไยสดหลังการล้างด้วยวิธีการให้น้ำไหลผ่าน

ระยะเวลาในการแช่ (นาที)	อุณหภูมิมิ(องศาเซลเซียส)							
	0		15		อุณหภูมิมิห้อง		ค่าเฉลี่ย	
	ppm	%	ppm	%	ppm	%	ppm	%
0	57.62	-	69.63	-	62.56	-	63.27a	-
5	37.60	34.74	49.16	29.40	36.83	41.13	41.20b	35.09
10	38.01	34.03	34.57	46.07	40.05	35.98	37.55bc	38.70
15	35.88	37.73	37.67	45.96	25.04	59.97	32.86c	47.89
ค่าเฉลี่ย	42.27	35.50	47.76	40.48	41.12	45.69	43.73	40.56
การทดสอบทางสถิติ	อุณหภูมิมิ		ns		เวลา		**	
	อุณหภูมิมิ x เวลา		ns					

หมายเหตุ ** = แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % , ns = ไม่มีความแตกต่างในทางสถิติ

2.3 ปริมาณสารซัลเฟอร์ไดออกไซด์ตกค้างในเปลือกและเนื้อลำไยที่ระยะเวลาต่างๆกันของการเก็บรักษา

2.3.1 ปริมาณที่พบในเปลือกลำไย

ปริมาณของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ตกค้างในเปลือกลำไยจะลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษา โดยจะลดลงจาก 2453.75 ppm ในวันเริ่มต้นเหลือ 1600.29 ppm ในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา ปริมาณที่ลดลงหลังจากเก็บรักษาเป็นเวลา 7 วันประมาณ 750 ppm หรือ คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ที่ลดลงโดยเฉลี่ยประมาณ 30 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 2.3.1) ส่วนการล้างลำไยที่รมแล้วด้วยน้ำไหลเป็นระยะเวลา 5 นาทีในวันแรก พบว่าทำให้มีปริมาณสารซัลเฟอร์ไดออกไซด์ตกค้างในเปลือกลดลงจากไม่ล้างคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ประมาณ 30 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเท่ากับการทิ้งไว้โดยไม่ล้างเป็นระยะเวลา 7 วัน ส่วนการล้างลำไยด้วยน้ำไหลในวันต่อๆ ไปพบว่าช่วยลดปริมาณสารซัลเฟอร์ไดออกไซด์ตกค้างได้น้อยมากเมื่อเทียบกับการล้างในวันแรกที่รม เช่นหลังจากเก็บรักษาไว้ 1 วันการล้างช่วยลดสารตกค้างในเปลือกได้เพียง 9.36 เปอร์เซ็นต์เท่านั้น โดยเฉลี่ยการล้างน้ำไหลในระยะเวลา 7 วันจะทำให้มีเปอร์เซ็นต์การลดลงของปริมาณสารซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในเปลือกประมาณ 9 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 2.3.1)

2.3.2 ปริมาณที่พบในเนื้อลำไย

ปริมาณสารซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ตกค้างในเนื้อลำไยจะลดลงตามระยะเวลาที่เก็บรักษาเช่นเดียวกับสารซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่พบในเปลือก โดยจะลดลงจากที่พบในวันแรก 65.30 ppm เหลือเพียง 19.52 ppm ในวันที่ 7 ของการเก็บรักษา โดยปริมาณที่ลดลงเฉลี่ยจาก 7 วันของการเก็บรักษาประมาณ 34 ppm หรือ คิดเป็นเปอร์เซ็นต์การลดลงประมาณ 52 เปอร์เซ็นต์ การล้างลำไยที่รมแล้วด้วยน้ำไหลเป็นเวลานาน 5 นาที ช่วยลดปริมาณสารซัลเฟอร์ไดออกไซด์ตกค้างในเนื้อลำไยได้มาก ถ้าล้างภายในวันแรกที่รมด้วยซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (ภายใน 24 ชั่วโมง) โดยจะสามารถลดปริมาณสารตกค้างได้ 22.57 เปอร์เซ็นต์ แต่การล้างในวันต่อๆ ไปในการเก็บรักษาไม่สามารถลดปริมาณสารตกค้างได้มากเท่ากับการล้างในวันแรก เช่น หลังจากการเก็บรักษา 1 วัน การล้างช่วยลดสารตกค้างในเนื้อลำไยได้เพียง 8.28 เปอร์เซ็นต์เท่านั้น โดยเฉลี่ยระยะเวลาที่เก็บรักษาไว้ 7 วัน การล้างลำไยที่รมแล้วด้วยน้ำไหลช่วยลดปริมาณสารตกค้างในเนื้อลำไยได้ประมาณ 6 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 2.3.2)

ตารางที่ 2.3.1 ปริมาณของสาร SO₂ (ppm) ที่ตกค้างในเปลือกของลำไยสดและเปอร์เซ็นต์การลดลงเปรียบเทียบระหว่างลำน้ำและไม่ลำน้ำหลังการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 7 วัน

ระยะเวลาในการเก็บรักษา (วัน)	ปริมาณ (ppm) และเปอร์เซ็นต์การลดลงของซัลเฟอร์ไดออกไซด์						
	ไม่ลำน้ำ			ลำน้ำ			ปริมาณการลดลงเทียบกับไม่ลำน้ำของแต่ละวัน (%)
	ปริมาณการตกค้างที่พบ (ppm)	ปริมาณที่ลดลงจากวันเริ่มต้น (ppm)	% ลดลงเทียบกับวันเริ่มต้น	ปริมาณการตกค้างที่พบ (ppm)	ปริมาณที่ลดลงจากวันเริ่มต้น (ppm)	% ลดลงเทียบกับวันเริ่มต้น	
วันเริ่มต้น	2453.75	-	-	1734.74	-	-	29.30
1	1793.10	660.65	26.92	1625.24	109.50	6.31	9.36
2	1756.73	697.02	28.41	1619.60	115.14	6.64	7.81
3	1744.17	709.58	28.92	1606.78	127.96	7.38	7.88
4	1719.14	734.61	29.94	1601.82	132.92	7.66	6.82
5	1709.06	744.69	30.35	1592.56	142.18	8.20	6.82
6	1602.09	851.66	34.71	1549.50	185.24	10.68	3.28
7	1600.29	853.46	34.78	1540.10	194.64	11.22	3.76
ค่าเฉลี่ย	1797.28	750.24	30.58	1608.79	143.94	8.30	9.37

ตารางที่ 2.3.2 ปริมาณของสาร SO₂ (ppm) ที่ตกค้างในเนื้อของลำไยสดและเปอร์เซ็นต์การลดลงเปรียบเทียบระหว่างลำน้ำและไม่ลำน้ำหลังการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 7 วัน

ระยะเวลาในการเก็บรักษา (วัน)	ปริมาณ (ppm) และเปอร์เซ็นต์การลดลงของซัลเฟอร์ไดออกไซด์						
	ไม่ล้างน้ำ			ล้างน้ำ			ปริมาณการลดลงเทียบกับไม่ล้างของแต่ละวัน (%)
	ปริมาณการตกค้างที่พบ (ppm)	ปริมาณที่ลดลงจากวันเริ่มต้น (ppm)	% ลดลงเทียบกับวันเริ่มต้น	ปริมาณการตกค้างที่พบ (ppm)	ปริมาณที่ลดลงจากวันเริ่มต้น (ppm)	% ลดลงเทียบกับวันเริ่มต้น	
วันเริ่มต้น	65.30	-	-	50.56	-	-	22.57
1	43.96	21.34	32.68	40.32	10.24	20.25	8.28
2	41.74	23.56	36.08	39.48	11.08	21.91	5.41
3	35.94	29.36	44.96	33.81	16.75	33.13	5.93
4	30.50	34.80	53.29	27.71	22.82	45.19	9.15
5	24.37	40.93	62.68	23.32	27.24	53.88	4.31
6	22.94	42.36	64.87	21.99	28.57	56.51	4.14
7	19.52	45.78	70.11	18.91	31.65	62.60	3.13
ค่าเฉลี่ย	35.53	34.02	52.10	32.01	21.20	41.92	5.76

2.4 อิทธิพลของการล้างต่อคุณภาพผลลำไยและการยอมรับของผู้บริโภค

2.4.1 การสูญเสียน้ำหนัก

การสูญเสียน้ำหนักของลำไยหลังจากการเก็บรักษาเป็นเวลา 4 วัน พบว่าเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของลำไยที่ผ่านการรมด้วย SO_2 สูงกว่าลำไยที่ไม่ผ่านการรมด้วย SO_2 ระหว่างการล้างและไม่ล้างหลังจากการรมด้วย SO_2 พบว่าไม่มีความแตกต่างกันของเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักตลอดระยะเวลาที่เก็บรักษา (ตารางที่ 2.4.1)

ตารางที่ 2.4.1 เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสดของลำไยเทียบกับวันเริ่มต้นในช่วงการเก็บรักษา

สิ่งทดลอง	ระยะเวลา (วันหลังการทดลอง)										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
ไม่รม SO_2	3.36	4.39	5.80	6.59b	6.69b	7.23b	7.34b	7.58b	7.91b	8.07b	8.33b
รม SO_2	3.71	5.27	7.07	8.35a	9.15a	9.56a	9.91a	10.35a	10.76a	11.15a	11.61a
รม SO_2 + ล้างน้ำไหล	3.31	5.91	7.17	8.46a	9.30a	9.70a	10.17a	10.64a	11.18a	11.55a	12.16a
การทดสอบทางสถิติ	ns	ns	ns	*	**	**	**	**	**	**	**
CV(%)	18.61	15.71	10.71	6.63	7.68	6.53	6.95	6.96	6.49	7.14	7.72

หมายเหตุ ns = ไม่แตกต่างในทางสถิติ, * = แตกต่างที่ระดับความเชื่อมั่น 95%, ** = แตกต่างที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

2.4.2 การเปลี่ยนแปลงสีผิวของลำไย

ค่าความสว่างของสีผิวของลำไยที่รมด้วยซัลเฟอร์ไดออกไซด์จะสว่างกว่าลำไยที่ไม่ผ่านการรมในช่วง 1 วันแรกของการเก็บรักษา แต่หลังจากวันที่ 2 ของการเก็บรักษาเป็นต้นไปไม่พบความแตกต่างกันของค่าความสว่างของสีผิวลำไย ยกเว้นหลังจากเก็บรักษาเป็นเวลา 8-9 วัน ค่าความสว่างของลำไยที่ไม่รมกลับสูง กว่าค่าความสว่างของลำไยที่รมด้วยซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (ตารางที่ 2.4.2) หลังการเก็บรักษา 1 วัน ลำไยที่รมด้วยซัลเฟอร์ไดออกไซด์มีค่าแสดงลักษณะสีแดงของผิวผลน้อยกว่าที่ไม่ได้รมและการรมแล้วล้างด้วยน้ำทำให้ค่าแสดงลักษณะสีแดงของผิวผลน้อยกว่าลำไยที่รมแล้วไม่ล้าง แต่เมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 9 วันพบว่า ลำไยไม่ได้รมด้วยซัลเฟอร์ไดออกไซด์มีค่าแสดงลักษณะสีแดงน้อยกว่าลำไยที่รมด้วยซัลเฟอร์ไดออกไซด์ โดยที่การรมแล้วไม่ล้างไม่มีความแตกต่างของค่าแสดงลักษณะสีแดงกับการรมแล้วไม่ล้าง (ตารางที่ 2.4.3) และตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 11 วัน ลำไยที่รมหรือ ไม่รมซัลเฟอร์ไดออกไซด์ และลำไยที่รมแล้วล้างหรือ ไม่ล้าง ไม่มีความแตกต่างกันของค่าแสดงลักษณะสีแดงของผิวผล (ตารางที่ 2.4.4)

สิ่งทดลอง	ระยะเวลา (วันหลังการทดลอง)										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
ไม่รม SO ₂	38.30b	43.90	43.10	44.30	43.09	45.29	43.64	45.22a	45.29a	45.10	44.97
รม SO ₂	43.20a	42.10	42.50	43.30	41.91	44.20	42.58	43.54b	43.54b	44.00	43.62
รมSO ₂ + น้ำไฮล	43.40a	43.50	42.90	43.20	41.48	44.34	42.82	43.05b	42.82b	43.60	43.27
การทดสอบทางสถิติ	**	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	*	ns	ns
CV(%)	5.39	10.6	8.15	7.94	9.43	7.92	8.8	7.2	8.02	7.68	7.25

หมายเหตุ ns = ไม่แตกต่างในทางสถิติ, * = แตกต่างที่ระดับความเชื่อมั่น 95%, ** = แตกต่างที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

สิ่งทดลอง	ระยะเวลา (วันหลังการทดลอง)										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
ไม่รม SO ₂	15.1a	10.4	13.1	13.8	18.15	11.03	11.82	11.64	10.84b	11.5	11.43
รม SO ₂	13.1b	10.1	12.4	13.3	17.68	10.84	11.49	11.64	11.66a	11.4	11.28
รมSO ₂ + ล้างน้ำไหล	11.7c	10.2	12.5	13.6	18.82	11.04	11.48	11.66	11.82a	11.4	11.45
การทดสอบทางสถิติ	**	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	**	ns	ns
CV(%)	10.5	11.7	11.9	10.5	11.38	11.56	12.94	11.3	11.25	10.8	11.78

หมายเหตุ ns = ไม่แตกต่างในทางสถิติ, ** = แตกต่างที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

สิ่งทดลอง	ระยะเวลา (วันหลังการทดลอง)										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
ไม่รม SO ₂	31.3	31.2	31.6	32.1	32.12	31.45	33.79	32.4	31.96	31.6	32.14
รม SO ₂	30.3	30.8	31.8	31.6	32.14	31.96	33.29	32.34	33.57	31.5	32.06
รมSO ₂ + ล้างน้ำไหล	30.9	30.9	32.4	32.9	33.57	32.06	34.77	33.66	32.4	33	33.45
การทดสอบทางสถิติ	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV(%)	7.0	14.1	17.9	16.5	5.26	14.93	4.89	16	16.13	15	15.41

หมายเหตุ ns = ไม่แตกต่างในทางสถิติ

2.4.3 ค่าคะแนนแสดงอาการเกิดโรคเน่าที่ผล

ค่าคะแนนแสดงถึงอาการเน่าของผิวผลเริ่มมีความแตกต่างในทางสถิติหลังจากเก็บรักษาเป็นเวลา 3 วัน โดยลำไยที่ไม่ได้รมด้วยซัลเฟอร์ไดออกไซด์เริ่มแสดงอาการเน่า (มีคะแนนแสดงอาการเน่า) ในวันที่ 3 ส่วนลำไยที่รมแล้วล้างด้วยน้ำจะเริ่มแสดงอาการเน่าในวันที่ 5 ของการเก็บรักษา ในขณะที่การรมด้วยซัลเฟอร์ไดออกไซด์แล้วไม่ล้างจะเริ่มแสดงอาการเน่าในวันที่ 9 ของการเก็บรักษา การรملำไยด้วยซัลเฟอร์ไดออกไซด์ทำให้ลำไยแสดงอาการเน่าช้าขึ้นเมื่อเทียบกับการไม่รม การรมแล้วล้างจะมีค่าคะแนนแสดงอาการเน่าของผลลำไยไม่แตกต่างจากลำไยที่รมแล้วไม่ล้างในช่วง 8 วันแรกของการเก็บรักษา หลังจากนั้นลำไยที่รมซัลเฟอร์ไดออกไซด์แล้วล้างด้วยน้ำจะมีคะแนนแสดงอาการเน่าของผลมากกว่าลำไยที่รมแล้วไม่ล้างน้ำ (ตารางที่ 2.4.5)

ตารางที่ 2.4.5 ค่าคะแนนแสดงอาการเกิดโรคเน่าที่ผลในช่วงระยะเวลาการเก็บรักษา 11 วัน

สิ่งทดลอง	ระยะเวลา (วันหลังการทดลอง)										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
ไม่รม SO ₂	0	0	0.3a	1a	1a	1a	1a	1a	2.7a	3.6a	4a
รม SO ₂	0	0	0b	0b	0b	0b	0b	0b	0.3c	0.3c	0.6c
รมSO ₂ + ล้างน้ำไหล	0	0	0b	0b	0.3b	0.3b	0.3b	0.6b	1b	1c	1.3b
การทดสอบทางสถิติ	ns	ns	*	**	**	**	**	**	**	**	**
CV(%)	0	0	278.8	81.6	109.6	109.7	89.85	88.60	50.41	41.65	31.71

หมายเหตุ ns = ไม่แตกต่างในทางสถิติ, * = แตกต่างที่ระดับความเชื่อมั่น 95%, ** = แตกต่างที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

2.4.4 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (Total soluble solids contents, TSS)

หลังการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 11 วัน TSS ของเนื้ อลำไยจากทุ กสิ่งทดลองไม่มีความแตกต่างกัน โดยทุ กสิ่งทดลองมีค่า TSS เฉลี่ยอยู่ ะหว่าง 18.17 - 20.47 (ตารางที่ 2.4.6)

ตารางที่ 2.4.6 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของเนื้ อลำไยที่เก็บรักษาเป็นเวลา 11 วัน

สิ่งทดลอง	ระยะเวลา (วันหลังการทดลอง)					
	1	3	5	7	9	11
ไม่รม SO ₂	20.47	18.60	21.70	18.87	21.17	19.33
รม SO ₂	22.20	18.17	20.40	21.00	20.93	20.47
รมSO ₂ + ล้างน้ำไหล	21.23	20.03	20.70	21.77	20.07	20.20
การทดสอบทางสถิติ	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV(%)	7.39	8.23	4.49	7.95	5.16	11.85
หมายเหตุ	ns = ไม่แตกต่างในทางสถิติ					

2.4.5 อายุการเก็บรักษา

การรมด้วยซัลเฟอร์ไดออกไซด์ทำให้ลำไยมีอายุ การเก็บรักษาที่ยาวนานกว่าการไม่รมด้วยซัลเฟอร์ไดออกไซด์ประมาณ 7 วัน โดยลำไยที่รมด้วยซัลเฟอร์ไดออกไซด์มีอายุ การเก็บรักษาประมาณ 18 วันเทียบกับที่ไม่รม 11 วัน การล้างลำไยที่รมแล้วด้วยน้ำไม่มีผลกระทบต่ออายุ การเก็บรักษาลำไยแต่อย่างไ้ โดยลำไยที่ล้างและไม่ล้างน้ำมีอายุ การเก็บรักษาไม่แตกต่างกันในทางสถิติคื ่อประมาณ 18 วัน (ตารางที่ 2.4.7)

ตารางที่ 2.4.7 อายุ การเก็บรักษาของลำไยที่ผ่านและไม่ผ่านการรมด้วยซัลเฟอร์ไดออกไซด์

สิ่งทดลอง	อายุ การเก็บรักษา (วัน)
ไม่รม SO ₂	11.00b
รม SO ₂	18.33a
รมSO ₂ + ล้างน้ำไหล	18.67a
การทดสอบทางสถิติ	**
CV(%)	5.89
หมายเหตุ	** = แตกต่างที่ระดับความเชื ้อมัน 99%

2.4.6 การทดสอบความยอมรับของผู้บริโภค

ผู้ บริโภคให้คะแนนการยอมรับลำไยที่ผ่านการรมด้วยซัลเฟอร์ไดออกไซด์มากกว่าลำไยที่ไม่ผ่านการรม แต่ลำไยที่รมด้วยซัลเฟอร์ไดออกไซด์แล้วล้างน้ำหรือ ออไม่ล้างน้ำ ผู้บริโภคไม่สามารถจำแนกความแตกต่างจากลักษณะภายนอก (ตารางที่ 2.4.8), กลิ่นของลำไย (ตารางที่ 2.4.9) รสชาติของลำไยจากการชิม (ตารางที่ 2.4.10) ลักษณะของเนื้ อผลลำไย (ตารางที่ 2.4.11)

ผู้ บริโภคให้คะแนนความยอมรับลำไยที่รมด้วยซัลเฟอร์ไดออกไซด์ทั้งกลุ่มที่ล้างหรือ ออไม่ล้างน้ำ มากกว่าที่ไม่ผ่านการรมด้วยซัลเฟอร์ไดออกไซด์โดยดู จากลักษณะโดยรวม เฉพาะในแรกของการเก็บรักษาเท่านั้น แต่หลังจากการเก็บรักษา 1 วัน ผู้ บริโภคไม่สามารถจำแนกความแตกต่างของลำไยทั้ง 3 สิ่งทดลองได้ โดยทุก สิ่งทดลองมีคะแนนความยอมรับที่วัดจากลักษณะโดยรวมไม่แตกต่างกัน (ตารางที่ 2.4.12)

ตารางที่ 2.4.8 คะแนนแสดงความยอมรับของผู้ บริโภคจากวัดจากลักษณะภายนอก

สิ่งทดลอง	ระยะเวลา (วันหลังการทดลอง)					
	1	3	5	7	9	11
ไม่รม SO ₂	1b	1b	1.2b	1.44b	1.64b	1.52b
รม SO ₂	2.84a	3.24a	3.1a	3.04a	3.3a	3.12a
รมSO ₂ + ล้างน้ำไหล	2.96a	3.38a	3.38a	3.3a	3.24a	3.06a
การทดสอบทางสถิติ	**	**	**	**	**	**
CV(%)	22.4	11.3	19.2	12.5	11.1	13.15

หมายเหตุ ** = แตกต่างที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

ตารางที่ 2.4.9 คะแนนแสดงความยอมรับของผู้ บริโภคจากวัดจากลักษณะของกลิ่นลำไย

สิ่งทดลอง	ระยะเวลา (วันหลังการทดลอง)					
	1	3	5	7	9	11
ไม่รม SO ₂	2.60	2.64	3.24	3.08	3.04	2.92
รม SO ₂	3.28	3.18	3.30	3.58	3.36	3.18
รมSO ₂ + ล้างน้ำไหล	3.36	3.30	3.62	3.44	3.56	3.50
การทดสอบทางสถิติ	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV(%)	19.02	18.94	16.70	19.53	13.68	21.68

หมายเหตุ ns = ไม่แตกต่างในทางสถิติ

ตารางที่ 2.4.10 คะแนนแสดงความยอมรับของผู้ บริโภคจากวัดจากลักษณะของรสชาติลำไย

สิ่งทดลอง	ระยะเวลา (วันหลังการทดลอง)					
	1	3	5	7	9	11
ไม่รม SO ₂	3.50	3.70	3.30	3.60	3.22	3.08
รม SO ₂	3.24	3.58	3.48	3.62	3.84	3.36
รมSO ₂ + ล้างน้ำไหล	3.36	3.50	3.58	3.48	3.80	3.50
การทดสอบทางสถิติ	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV(%)	8.06	10.44	16.79	5.92	11.65	17.28

หมายเหตุ ns = ไม่แตกต่างในทางสถิติ

ตารางที่ 2.4.11 คะแนนแสดงความยอมรับของผู้ บริโภคจากวัดจากลักษณะเนื้อ ผล

สิ่งทดลอง	ระยะเวลา (วันหลังการทดลอง)					
	1	3	5	7	9	11
ไม่รม SO ₂	3.92	3.86	3.62	3.62	3.30	3.30
รม SO ₂	3.50	3.56	3.84	3.58	3.72	3.84
รมSO ₂ + ล้างน้ำไหล	4.00	3.76	3.92	3.86	3.78	3.92
การทดสอบทางสถิติ	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV(%)	10.96	8.10	5.74	9.29	13.31	11.82

หมายเหตุ ns = ไม่แตกต่างในทางสถิติ

ตารางที่ 2.4.12 คะแนนแสดงความยอมรับของผู้ บริโภคจากวัดจากลักษณะโดยรวม

สิ่งทดลอง	ระยะเวลา (วันหลังการทดลอง)					
	1	3	5	7	9	11
ไม่รม SO ₂	2.32b	2.50	2.58	2.52	2.60	2.18
รม SO ₂	2.76a	2.66	2.92	2.86	3.28	2.38
รมSO ₂ + ล้างน้ำไหล	3.00a	2.72	2.76	2.56	3.36	2.30
การทดสอบทางสถิติ	*	ns	ns	ns	ns	ns
CV(%)	10.93	16.45	10.94	14.35	19.02	13.81

หมายเหตุ ns = ไม่แตกต่างในทางสถิติ, * = แตกต่างที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

3. การออกแบบและสร้างเครื่องล้างลำไยเพื่อประยุกต์ใช้ในเชิงพานิช

3.1. การออกแบบและสร้างเครื่องล้างลำไยต้นแบบ

การออกแบบและสร้างเครื่องล้างลำไยต้นแบบได้รับความร่วมมือ จากคณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ โดยมีนักศึกษาร่วมโครงการจำนวน 2 คน คือ อนุชา จิรัชัย เรืองสวัสดิ์ รหัส 46301404 และนายประวิณ แสงสร้อย รหัส 46301414 โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ เสมอขวัญ ตันติกุล เป็นอาจารย์ที่ปรึกษา ในปีนี้เองต้นมีการค้นคว้าเอกสารเพิ่มเติมและทำการออกแบบโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปในเครื่องคอมพิวเตอร์เลียนแบบมาจากเครื่องล้างผัก (ภาพภาคผนวกที่ 1-3) และมีการจำลองภาพการทำงานของเครื่องโดยใช้ลูกศรแทนทิศทางการไหลของน้ำ (ภาพภาคผนวกที่ 4-7) ซึ่งในปีนี้นี้เองต้นใช้เวลาประมาณ 9 เดือนนี้เองจากนักศึกษาจะต้องเรียนวิชาอื่น ๆ อยู่ ทำให้มีเวลาทำโครงการนี้เฉพาะในเวลาว่างเท่านั้น

หลังจากการออกแบบและแก้ไขแบบเสร็จสิ้น นักศึกษาได้ดำเนินการจัดสร้างเครื่องล้างลำไยตามแบบที่ออกแบบไว้ จนได้ตัวเครื่องล้างลำไยต้นแบบ (ภาพภาคผนวกที่ 8) โดยใช้เวลาประมาณ 3 เดือน แต่ในปีนี้นี้เองต้นยังไม่สามารถคำนวณหาขนาดของปั๊มได้ จึงยังไม่สามารถทดสอบการทำงานของเครื่องได้ ขณะเดียวกันได้มีการปรับเปลี่ยนโครงสร้างจากหัวฉีดพ่นฝอยเป็นการเจาะรูท่อพีวีซี (ภาพภาคผนวกที่ 9) เพื่อลดค่าใช้จ่ายทำให้ต้องเสียเวลามากขึ้น การคำนวณหาขนาดและดำเนินการจัดหาปั๊มใช้เวลาอีกประมาณ 3 เดือน ในที่สุดก็ได้เครื่องล้างลำไยต้นแบบที่พร้อมจะดำเนินการทดสอบประสิทธิภาพได้

เมื่อทำการทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องล้างลำไยต้นแบบเมื่อวันที่ 14 พฤษภาคม พ.ศ. 2550 โดยวางแผนการทดลองแบบ CRD มีสิ่งทดลอง 5 สิ่งทดลองและมีจำนวนซ้ำ 4-8 ซ้ำ (ใช้ตะกร้าเป็นซ้ำ, จำนวนซ้ำไม่เท่ากันเนื่องจากมีจำนวนชั้นการล้างไม่เท่ากัน) ได้พบกับปัญหาหลายอย่างที่ทำให้ตัวเครื่องล้างลำไยยังไม่สามารถใช้งานได้จริง ซึ่งปัญหาต่างๆ ที่ต้องแก้ไขในอนาคตได้แก่

1. แนวท่อส่งน้ำหลักในตัวเครื่องเอียงลงทางด้านหลังเครื่องล้าง (ภาพภาคผนวกที่ 10) ทำให้เมื่อเปิดปั๊มน้ำ น้ำจะไหลออกที่ด้านหลังของตัวเครื่องก่อนและจะหยุดไหลที่หลังเมื่อเทียบทางด้านหน้าของตัวเครื่อง ทำให้ น้ำที่ไหลผ่านตะกร้าลำไยเพื่อทำการล้างลำไยมีปริมาณที่ไม่เท่ากัน โดยปริมาณน้ำที่ไหลออกจากด้านหน้าของตัวเครื่อง (14.3 ลิตร/ นาที) จะเทียบเท่ากับประมาณ 80% ของน้ำที่ไหลผ่านด้านหลังของตัวเครื่อง (17.5 ลิตร/ นาที, ตารางที่ 3.1.1)

2. แนวท่อส่งน้ำที่อยู่ 'ตรงกลางเครี' ่งทำให้เสียพื้นที่ในการล้างเพราะไม่มีน้ำไหลผ่าน (ภาพภาคผนวกที่ 11) การจัดวางตะกร้าจึงต้องระวังไม่วางให้อยู่ 'ตรงกลางเครี' ่งแต่จะต้องวางให้ชิดด้านซ้ายหรือ ด้านขวาเท่านั้น
3. ตัวปั้มน้ำมีกำลังสูง ังเกินไป (2 แรง) และถังน้ำดีมีขนาดเล็กเกินไป (200 ลิตร) ทำให้ไม่สามารถเปิดเครี 'องให้น้ำไหลผ่านเครี' ่องล้างลำไยได้นานเกิน 3 นาที (ภาพที่ 12) จึงต้องทำการแก้ปัญหาเฉพาะหน้า โดยการเติมน้ำจากภายนอกเข้าสู่ 'ระบบเพื่' ่อให้สามารถเปิดเครี 'องล้างได้นาน 5 นาที และถ้าต้องล้างนาน 10 นาที จะต้องทำการล้าง 2 ครั้งๆ ละ 5 นาที ซึ่งทำให้ไม่สะดวกในการทำงานและสิ้นเปลี่ ืองน้ำมาก ซึ่งปัญหาในข้อนี้จะต้องดำเนินการแก้ไขเพื่ '่อใช้ได้จริงต่อไป

ตารางที่ 3.1.1 ปริมาณน้ำที่ไหลผ่านตะกร้า 1 ตะกร้า (ลิตร/นาที) ที่ตำแหน่งต่างๆ กันของเครี 'องล้างลำไยต้นแบบ

ตำแหน่ง		จำนวนน้ำ			ค่าเฉลี่ย	% เทียบกับด้านหลัง
		1	2	3		
ด้านหน้า	ซ้าย	14.0	13.5	12.8	13.4	
	ขวา	15.4	15.2	14.6	15.1	
ค่าเฉลี่ย					14.3	81.4
ด้านหลัง	ซ้าย	18.4	18.4	18.1	18.3	
	ขวา	17.0	16.4	16.6	16.7	
ค่าเฉลี่ย					17.5	

3.2. การทดสอบประสิทธิภาพเครื่องล้างลำไยต้นแบบ

3.2.1 ปริมาณสารซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ตกค้างบนเปลือกและเนื้อลำไย

ในการทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องล้างต้นแบบ ทำการวางตะกร้าสำหรับล้างแบบ 1 ชั้น (ภาพภาคผนวกที่ 11) และการล้างแบบ 2 ชั้น (ภาพภาคผนวกที่ 13) โดยมีระยะเวลาการล้างแต่ละชั้นนาน 5 หรือ 10 นาที หลังการล้างจะวางตะกร้าเอียงบนกระดาษหนังสือ อิมพ์แล้วใช้พัดลมตัวใหญ่เป่าเป็นเวลาประมาณ 2 ชั่วโมง (ภาพภาคผนวกที่ 14) ก่อนนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (27 °C) หรือ ที่ห้องเย็น (5 °C) เป็นระยะเวลา 7 วัน

ผลการทดลองพบว่าลำไยที่ผ่านการรมด้วยซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในการทดลองนี้ (ไม่ล้าง, ชุดควบคุม) มีปริมาณสารตกค้างอยู่ในเปลือกเฉลี่ย 1,491.5 ppm และในเนื้อ 49.4 ppm ตามลำดับ (ตารางที่ 3.2.1) ผลจากการล้างลำไยทั้งตะกร้าโดยใช้เครื่องล้างลำไยต้นแบบพบว่า ถ้าวางตะกร้าลำไยเพียง 1 ชั้น การล้างลำไยนาน 5 หรือ 10 นาที จะทำให้มีปริมาณสารตกค้างในเปลือกลดน้อยลงกว่าการไม่ล้างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยการล้างทั้งสองเวลาทำให้มีปริมาณสารตกค้างในเปลือกต่ำกว่า 1,000 ppm แต่ถ้าจัดวางตะกร้าลำไย 2 ชั้น การล้างลำไยนาน 5 นาที จะไม่สามารถลดปริมาณสารตกค้างในเปลือก (1,109.9 ppm) ให้อยู่ในระดับที่แตกต่างจากการไม่ล้างได้ แต่ถ้าล้างนาน 10 นาที จะทำให้มีปริมาณที่ลดลงจากการไม่ล้างอย่างมีนัยสำคัญ โดยจะสามารถลดปริมาณสารตกค้างให้อยู่ในระดับประมาณ 1,000 ppm ได้ (ตารางที่ 3.2.1) เมื่อเทียบเป็นสัดส่วนเปอร์เซ็นต์ที่ลดลงของปริมาณสารตกค้างในเปลือก ลำไยหลังการล้างเทียบกับการไม่ล้าง พบว่าแต่ละวิธีมีเปอร์เซ็นต์การลดลงของสารซัลเฟอร์ไดออกไซด์ตกค้างในเปลือก ลำไยไม่แตกต่างกัน โดยจะมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 25.6 – 36.7 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 3.2.1) ในขณะที่เปอร์เซ็นต์การลดลงของสารซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในเนื้อ ลำไยที่ล้างโดยการวาง 1 ชั้นเป็นเวลา 5 นาที มีเปอร์เซ็นต์การลดลง (57.7 เปอร์เซ็นต์) น้อยกว่าการล้างที่วางลำไยทั้ง 1 หรือ 2 ชั้นเป็นเวลา 10 นาที (90.5 และ 94.8 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ)

3.2.2 คุณภาพผลหลังการเก็บรักษาเป็นเวลา 7 วัน

การเก็บรักษาลำไยหลังการล้างไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 7 วัน พบว่าลำไยที่ล้างทุกสิ่งทดลองมีการเกิดโรค โดยเฉพาะบริเวณตรงกลางของตะกั่ว และพบว่าการล้างนานาน 10 นาทีทำให้เกิดโรคมากกว่าการล้างที่ 5 นาที (ภาพภาคผนวกที่ 15) และการล้างแบบ 2 ชั้นพบว่าตะกั่วที่อยู่ด้านล่างมีการเกิดโรคมากกว่าตะกั่วที่อยู่ด้านบน (ภาพภาคผนวกที่ 16, 17)

เมื่อเปรียบเทียบการเกิดโรคหลังการเก็บรักษาลำไยที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้องและห้องเย็นพบว่าอุณหภูมิที่ต่ำทำให้ควบคุมการเจริญเติบโตของเชื้อราได้เป็นอย่างดีและทำให้ลำไยมีอายุการเก็บรักษาที่นานกว่าการเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง (ภาพภาคผนวกที่ 18-20)

ตารางที่ 3.2.1 ปริมาณสารซัลเฟอร์ไดออกไซด์ตกค้าง (ppm) และเปอร์เซ็นต์การลดลงเทียบกับไม่ล้าง (%) ในเปลือกและเนื้อของลำไย

สิ่งทดลอง	เปลือก		เนื้อ	
	ppm	%	ppm	%
ไม่ล้าง	1491.5 ^a	-	49.4 ^a	-
ล้าง 1 ชั้น 5 นาที	943.6 ^b	36.7	27.9 ^{ab}	57.7 ^b
ล้าง 1 ชั้น 10 นาที	947.8 ^b	36.5	9.3 ^b	90.5 ^a
ล้าง 2 ชั้น 5 นาที	1109.9 ^{ab}	25.6	9.8 ^b	80.2 ^{ab}
ล้าง 2 ชั้น 10 นาที	1038.7 ^b	30.4	10.2 ^b	94.8 ^a
F-test	*	NS	**	*
C.V.	23.19%	54.20%	46.58%	21.95%

หมายเหตุ : NS = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

* = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

** = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

วิจารณ์ผลการทดลอง

ตามแผนการทดลองในปีแรก (2547) เป็นการสำรวจสถานการณ์การตกค้างของสาร SO_2 จากโรงงาน รมล่ำไยในเขตจังหวัดเชียงใหม่และลำพูน โดยจะทำการติดต่อเจ้าของโรงงานเพื่อขอเข้าไปเก็บตัวอย่างล่ำไยที่รมด้วยสาร SO_2 ซึ่งจะแยกเป็นการรมล่ำไยที่ผลิตในฤดู ปกติ (ในฤดู) และการรมล่ำไยที่ผลิตนอกฤดู (นอกฤดู) ตามแผนการทดลองได้วางเป้าหมายไว้ว่าจะทำการสุ่มสำรวจและสกัดปริมาณสารตกค้างจากโรงงานจำนวนประมาณ 20 โรงงาน (ทั้ง 2 ฤดู การผลิต) แต่ไม่สามารถเก็บตัวอย่างได้ครบตามกำหนดเนื่องจากผู้ประกอบการไม่ให้ความร่วมมือ จึงเก็บตัวอย่างในปีแรกนี้ได้จำนวน 10 โรงงาน หลังจากการสุ่มเก็บตัวอย่างมาจากโรงรมล่ำไยแล้วจะมาทำการสกัดหาปริมาณสาร SO_2 ตกค้างทั้งในเปลือกและในเนื้อของผลล่ำไย เพื่อประเมินสถานการณ์ปริมาณสาร SO_2 ในผลล่ำไยสดในปีการผลิต 2547 โดยพบว่าพบว่ามีปริมาณของสาร SO_2 ที่ตกค้างในผลล่ำไยสดที่ผลิตทั้งในและนอกฤดู ยังอยู่ในปริมาณที่สูงเกินกว่ามาตรฐานโดยรัฐบาลได้กำหนดมาตรฐานปริมาณสาร SO_2 ตกค้างบนผลล่ำไยสดดังนี้คือ ในเปลือกต้องมีปริมาณไม่เกิน 350 ppm และไม่ให้มีตกค้างในเนื้อเลย (0 ppm)

การลดสารพิษที่ตกค้างบนผลไม้โดยการล้างเป็นวิธีที่สะดวก ง่ายและรวดเร็วซึ่งมักจะปฏิบัติกันอยู่ทั่วไปสำหรับผู้บริโภคที่ใส่ใจกับสุขภาพของตนเอง สารพิษที่พบอยู่บนผลไม้ส่วนใหญ่ได้แก่สารป้องกันและกำจัดศัตรูพืชที่มีการใช้มากในแปลงปลูกผลไม้โดยทั่วไป แต่สารพิษที่ตกค้างอยู่บนผลล่ำไยสดเป็นสารพิษที่ใช้กันหลังการเก็บเกี่ยวและที่รู้จักกันเป็นอย่างดีสำหรับผู้ส่งออกล่ำไยคือ สารซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) ซึ่งเป็นสารที่กัดกร่อนเพราะมีฤทธิ์เป็นกรด การใช้จะใช้ในรูปแก๊ส (รม) ในระยะเวลาที่กำหนด วัตถุประสงค์การใช้เพื่อการควบคุมโรคหลังการเก็บเกี่ยวส่วนหนึ่งและใช้เพื่อการฟอกสีผิวให้เป็นสีเหลืองทอง ปัจจุบันสถานการณ์การตกค้างของสารซัลเฟอร์ไดออกไซด์เพิ่มมากขึ้นทั้งในเปลือกและเนื้อของล่ำไย เกินกว่ามาตรฐานที่ทางสถาบันอาหารแนะนำ (ธีรานุช และคณะ, 2548) ซึ่งในอนาคตอาจจะเป็นปัญหาในการส่งออกล่ำไยได้ ถ้าประเทศคู่ค้ามีการตรวจสอบและมีการตั้งมาตรการกีดกันสินค้า เพราะหลายประเทศมีข้อกำหนดที่ชัดเจนว่าจะอนุญาตให้มีปริมาณสารซัลเฟอร์ไดออกไซด์ตกค้างได้เท่าไร เช่น ในเนื้อไม่ให้มีเลย หรือ ในเปลือกให้มีได้ไม่เกิน 350 ppm (สถาบันอาหาร, 2541)

การหาวิธีเพื่อลดปริมาณสารตกค้างดังกล่าวบนผลล่ำไยจึงเป็นแนวทางหนึ่งในการเตรียมไว้เพื่อแก้ปัญหาในอนาคตอันใกล้ การล้างผลล่ำไยที่รมด้วยซัลเฟอร์ไดออกไซด์โดยการแช่น้ำพบว่าสามารถช่วยลดปริมาณสารตกค้างดังกล่าวบนเปลือกและเนื้อล่ำไยได้ประมาณ 30 เปอร์เซ็นต์

อุ ญญ มิของน้ำไม่มีผลต่อการลดปริมาณสารตกค้างแต่ระยะเวลาการล้างที่นานขึ้น (15 นาที) ทำให้ช่วยลดปริมาณสารตกค้างได้มากกว่าการล้างที่ใช้ระยะเวลาน้อย (5 นาที) (ตารางที่ 2.1.1) แต่ถ้าล้างโดยกรรมวิธีให้น้ำไหลผ่าน (อัตราเร็ว 2 ลิตร/นาที ต่อลำไยสด 1 กิโลกรัม) ระยะเวลาดังกล่าว (5, 10, 15 นาที) ให้ผลไม่แตกต่างกันต่อการลดปริมาณสารตกค้างในเปลือก (ตารางที่ 2.2.1) แต่ระยะเวลาการล้างดังกล่าวจะมีผลต่อการลดปริมาณสารตกค้างในเนื้อ อันนั้นคือ ถ้าล้างตั้งแต่ 10 นาทีขึ้นไป จะช่วยลดปริมาณสารตกค้างในเนื้อ ได้มากกว่าที่ล้างเป็นเวลา 5 นาที (ตารางที่ 2.2.2) แต่ปริมาณน้ำที่ใช้จะเพิ่มมากเป็น 2 เท่า (ข้อมูล ไม่ได้นำเสนอ) ดังนั้นจากผลการทดลองในเบื้องต้น การล้างโดยให้น้ำไหลผ่านเป็นระยะเวลานาน 5 นาที โดยใช้น้ำอุ ญญ มิปกติ (ประมาณ 23 องศาเซลเซียส) จึงเป็นวิธีการที่เลื กใช้เพื่อ 'ทดสอบในขั้นต่อไปว่าจะสามารถนำไปใช้ในการลดปริมาณสารตกค้างในลำไยแล้วจะมีผลกระทบต่อคุณภาพผลลำไยหรือไม่'

ระยะเวลาการเก็บรักษาจะมีผลต่อปริมาณสารตกค้างด้วยเช่นกัน โดยมี 'อเก็บลำไยที่รวมด้วยซิลเฟอไรไดออกไซด์ไว้ในห้องที่ไม่ได้ปรับสภาพอุ ญญ มิเป็นระยะเวลา 7 วัน โดยแต่ละวันจะนำลำไยมาสกัดหาปริมาณสารตกค้างทั้งในเปลือก และในเนื้อ 'อเปรียบเทียบกันพบว่า ปริมาณสารตกค้างทั้งในเปลือก (ตารางที่ 2.3.1) และในเนื้อ 'อลำไย (ตารางที่ 2.3.2) จะลดลงตามระยะเวลาที่เก็บรักษา ในอัตราเร็วประมาณ 100 ppm/วัน ในเปลือก (อ หรือ 4.8 ppm/วัน ในเนื้อ 'อ การลดลงในเปลือก (อเร็วกว่าในเนื้อ 'ออาจจะเกิดจากการที่เนื้อ 'อผลลำไยอยู่ 'ภายใน ไม่มีโอกาสสัมผัสกับอากาศภายนอก การแพร่กระจายของแก๊ สที่ตกค้างอยู่ 'ภายในเนื้อ 'อออกสู่ 'ภายนอกจึงเกิดขึ้นได้ช้า แต่เมื่อ 'อนำปริมาณที่ลดลงในเปลือก (อและในเนื้อ 'อมาคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การลดลงของซิลเฟอไรไดออกไซด์ของการเก็บรักษา 7 วัน เทียบกับวันเริ่มต้นแล้วพบว่า การลดลงของปริมาณสารซิลเฟอไรไดออกไซด์ตกค้างในเนื้อ 'อมีเปอร์เซ็นต์การลดลงสูง ึ่งถึงประมาณ 50 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 2.3.2) ในขณะที่ในเปลือก (อมีเปอร์เซ็นต์การลดลงประมาณ 30 เปอร์เซ็นต์เท่านั้น (ตารางที่ 2.3.1) ทั้งนี้อาจจะเกิดจากปริมาณการตกค้างในเปลือก (อที่มีสูง ึ่งมากกว่าในเนื้อ 'อ ทำให้มีเปอร์เซ็นต์การตกค้างสูง ึ่งตามไปด้วย

การล้างลำไยเพื่อ 'ลดสารตกค้างดังกล่าวจะต้องรีบทำภายใน 24 ชั่วโมงหลังจากการรวมด้วยซิลเฟอไรไดออกไซด์ เพราะจะสามารถลดปริมาณสารซิลเฟอไรไดออกไซด์ตกค้างในเปลือก (อได้สูง ึ่งถึงประมาณ 30 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 2.3.1) และในเนื้อ 'อได้ประมาณ 23 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 2.3.2) แต่ถ้าปล่อยให้ผ่านไปเกิน 24 ชั่วโมง (1 วันหลังเก็บรักษา) วิธีการล้างด้วยน้ำจะไม่มีประสิทธิภาพที่ดีพอ เพราะการชะลอการล้างดังกล่าวจะทำให้ลดปริมาณสารตกค้างได้น้อยกว่า 10 เปอร์เซ็นต์ทั้งในเปลือก (อและในเนื้อ 'อลำไย

การล้างลำไยเพื่อลดปริมาณสารซัลเฟอร์ไดออกไซด์โดยปล่อยให้ลำไย 1 กิโลกรัม) ในอัตราเร็วของน้ำเท่ากับ 2 ลิตร/นาที ดังกล่าวไม่มีผลต่อคุณภาพผลผลิต เช่น ลักษณะสีผิว ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ หรือ อิ่มแต่อายุ การเก็บรักษาผลลำไย โดยลำไยที่รมด้วยซัลเฟอร์ไดออกไซด์ทั้ง 2 สิ่งทดลอง (ล้างและไม่ล้างน้ำ) จะมีอายุ การเก็บรักษานานกว่าลำไยที่ไม่ได้รมประมาณ 7 วัน (ตารางที่ 2.4.7) แม้ว่าลำไยที่รมด้วยซัลเฟอร์ไดออกไซด์แล้วล้างด้วยน้ำจะแสดงอาการเกิดโรคตั้งแต่วันที่ 5 เปรียบเทียบกับการเริ่มแสดงอาการเน่าในวันที่ 9 ของการเก็บรักษา (ตารางที่ 2.4.5) สำหรับลำไยที่รมแล้วไม่ล้าง และผู้บริโภคนำไปรับประทานความแตกต่างดังกล่าวได้

วิธีการล้างลำไยสดที่รมด้วยซัลเฟอร์ไดออกไซด์ด้วยน้ำไหลดังกล่าวจึงสามารถช่วยลดปริมาณสารตกค้างทั้งในเนื้อและในเปลือก ลำไยได้โดยไม่กระทบต่อคุณภาพผลและการยอมรับของผู้บริโภค อย่างไรก็ตามวิธีการดังกล่าวเป็นการทดสอบในระดับห้องปฏิบัติการเท่านั้น ขั้นตอนต่อไปของโครงการวิจัยจึงจำเป็นต้องพัฒนาวิธีการเพื่อประยุกต์ใช้จริงในสภาพของผู้ประกอบการส่งออกซึ่งอาจจะประสบกับปัญหาต่างๆ อีกมากมาย เช่น ลักษณะบรรจุภัณฑ์ของลำไยก่อนที่จะนำมาล้าง วิธีการเสียดน้ำที่เหมาะสม เพราะหากมีปริมาณน้ำตกค้างจะทำให้เกิดความเสียหายแก่ผลลำไยอย่างแน่นอน รวมถึงการยอมรับของผู้ประกอบการในแง่การลงทุน และการเสียเวลาที่เพิ่มขึ้น งานวิจัยในปีสุ ดท้าย (ปีงบประมาณ 2549) จึงเป็นการทดสอบที่สำคัญอีกขั้นตอนหนึ่งของโครงการวิจัยว่าจะประสบความสำเร็จหรือไม่ หรือ ยังต้องมีการทดสอบเพื่อแก้ปัญหาต่อไป

การล้างลำไยด้วยเครื่องล้างลำไยต้นแบบ แม้ว่าเครื่องล้างต้นแบบยังจะต้องดำเนินการปรับปรุง และแก้ไขข้อบกพร่องต่อไปแต่ผลการล้างทำให้สามารถลดปริมาณสารซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ตกค้างในเปลือก ลำไยและเนื้อ ลำไยได้ ในปริมาณที่น่าพอใจและไม่แตกต่างจากการทดสอบในห้องปฏิบัติการ (ตารางที่ 3.2.1) แต่เนื่องจากโครงการวิจัยนี้มีเวลาและงบประมาณจำกัด ทำให้ไม่สามารถศึกษาและวิจัยในเรื่องของการเสียดน้ำของตะกร้าลำไยหลังการล้างได้ ทำให้เกิดผลกระทบทางลบตามมาทันทีคือ การเกิดโรคในตะกร้าลำไยที่เก็บรักษาโดยเฉพาะที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้องที่มีการเข้าทำลายของโรคอย่างชัดเจนภายในระยะเวลา 7 วันหลังเก็บรักษา และเป็นที่น่าแปลกใจว่าแม้แต่ลำไยที่ไม่ผ่านการล้างเองก็ยังมีอาการเข้าทำลายของโรคได้ (ภาพภาคผนวกที่ 15, 16) ซึ่งการเข้าทำลายของเชื้อราในลำไยที่ไม่ล้างอาจเกิดจากการเก็บรักษาที่อยู่ในห้องเดียวกันและมีการวางตะกร้าใกล้กันมากเกินไปกับลำไยที่ล้างแล้ว หรือ อาจจะวางซ้อนกัน ประกอบกับการรมซัลเฟอร์ไดออกไซด์อาจจะไม่ทั่วทุกผลในตะกร้า ทำให้มีการเข้าทำลายของเชื้อราได้เช่นเดียวกันกับตะกร้าลำไยในที่ล้าง แต่พบว่าปริมาณการเข้าทำลายของเชื้อราจะเกิดขึ้นในปริมาณที่น้อยกว่า

สรุปผลการทดลอง

การสำรวจปริมาณสารซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) ตกค้างในผลลำไยสดของสถานประกอบการผลลำไยในจังหวัดเชียงใหม่และลำพูน ในปี 2547 โดยการสุ่มตัวอย่างจากสถานประกอบการผลลำไยจำนวน 14 แห่งแยกเป็นในฤดู จำนวน 10 โรงและนอกฤดู จำนวน 4 แห่ง ผลจากการสำรวจพบว่า 80 เปอร์เซ็นต์ของสถานประกอบการในฤดู ที่ทำการสุ่มตัวอย่างมีปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ตกค้างในเนื้อลำไยสูงกว่าที่สถาบันอาหารกำหนด (มากกว่า 1,700 ppm) และทุกสถานประกอบการมีปริมาณ SO_2 ตกค้างในเนื้อลำไยสูงกว่าที่สถาบันอาหารกำหนด (10 ppm) ส่วนสถานประกอบการนอกฤดู พบว่าทุกสถานประกอบการมีปริมาณ SO_2 ตกค้างทั้งในเปลือกและในเนื้อลำไยสูงกว่าที่กำหนด เมื่อเปรียบเทียบฤดูการผลิตลำไยพบปริมาณสาร SO_2 ตกค้างของลำไยที่ผลิตนอกฤดู โดยเฉลี่ยจะสูงกว่าลำไยที่ผลิตในฤดู โดยลำไยนอกฤดู มีเปอร์เซ็นต์การตกค้างในเปลือกสูงกว่าลำไยในฤดู ประมาณ 35 เปอร์เซ็นต์ และตกค้างในเนื้อลำไยสูงกว่าประมาณ 21 เปอร์เซ็นต์ ในการสำรวจครั้งนี้พบว่าค่าเฉลี่ยของปริมาณสารซัลเฟอร์ไดออกไซด์ตกค้างในเปลือก ประมาณ 1,500–3,000 ppm และในเนื้อลำไยประมาณ 100–400 ppm

การลดปริมาณสารซัลเฟอร์ไดออกไซด์บนผลลำไยสดโดยการล้างด้วยน้ำสามารถทำได้โดยใช้น้ำที่อุณหภูมิ มีห้องไหลด้วยอัตราเร็ว 2 ลิตร/นาที ต่อลำไยสด 1 กิโลกรัม เป็นเวลานาน 5-10 นาที จะสามารถช่วยลดปริมาณสารซัลเฟอร์ไดออกไซด์ตกค้างทั้งในเปลือกและในเนื้อลำไยได้ประมาณ 30 เปอร์เซ็นต์ แต่ทั้งนี้จะต้องทำการล้างภายใน 24 ชั่วโมงหลังจากกรรมด้วยสารซัลเฟอร์ไดออกไซด์แล้ว เพราะถ้าปล่อยทิ้งไว้เกินเวลาดังกล่าว ปริมาณสารตกค้างจะลดลงได้น้อยกว่า 10 เปอร์เซ็นต์ การล้างโดยใช้น้ำไหลในระยะเวลา 5 นาที ช่วยลดปริมาณสารซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ตกค้างบนผลลำไยสดได้โดยไม่มีผลกระทบต่อคุณภาพผลหลังการเก็บรักษาและอายุ การเก็บรักษาลำไย

การทดสอบเรื่องของการลดปริมาณสารตกค้างในเปลือกและเนื้อลำไยโดยการล้างในเชิงพาณิชย์ ยังไม่สามารถใช้ประโยชน์ได้จริง เนื่องจากเครื่องล้างลำไยต้นแบบยังไม่สมบูรณ์ รูปแบบเท่าที่ควรจะต้องมีการดำเนินการแก้ไขและปรับปรุงต่อไปอีก นอกจากนี้งานวิจัยยังขาดรายละเอียดเรื่องของการสะเด็ดน้ำจากตะกร้าลำไยที่ล้าง ทำให้การล้างด้วยเครื่องล้างลำไยต้นแบบแม้ว่าจะสามารถลดปริมาณสารซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ตกค้างในเปลือกลำไยได้ในปริมาณที่ไม่แตกต่างจากการล้างในห้องปฏิบัติการแต่ผลลำไยที่ได้มีการเกิดโรคมามากหลังการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องทำให้มีอายุ การเก็บรักษาที่สั้นเกินความเป็นจริง ซึ่งแตกต่างจากผลการทดลองในห้องปฏิบัติการที่พบว่าหลังการล้างแล้วไม่มีผลกระทบต่อคุณภาพผลลำไย

ปัญหาและอุปสรรคในการดำเนินงาน

ปัญหาและอุปสรรคที่พบในการดำเนินการทดลองพบในปีที่หนึ่งและปีที่สามของการดำเนินการทดลอง โดยในปีแรกที่เป็นการสำรวจข้อมูล พบว่าผู้ประกอบการโรงมัลไทยยังไม่กล้าให้ความร่วมมือ ในการเข้าไปเก็บตัวอย่าง ด้วยเกรงว่าจะทำให้ชื่อเสียงโรงงานเสียหาย ทำให้มีจำนวนโรงงานเข้าร่วมทำการวิจัยน้อยกว่าที่ได้วางแผนไว้ จึงทำให้มีตัวอย่างสถานประกอบการในการสำรวจเพียง 14 สถานประกอบการ อีกปัญหาที่พบคือ สถานประกอบการมัลไทยแต่ละแห่งไม่ได้มัลไทยพร้อมกัน เพราะปริมาณมัลไทยนอกฤดู มีน้อยกว่ามัลไทยในฤดู ดังนั้นจำนวนสถานประกอบการที่มัลไทยนอกฤดู จึงมีน้อยกว่าสถานประกอบการที่มัลไทยในฤดู

อีกปัญหาที่พบในการดำเนินงานปีสี่ ดักขัยคือ ขยายขนาดงานทดลองไปล้างมัลไทยในระดับสถานประกอบการเลย ซึ่งเป็นการวางแผนที่ข้ามขั้นตอนไปมาก เนื่องจากว่าสถานประกอบการมัลไทยไม่เคยมีการล้างมัลไทยหลังการรวมมาก่อน อุปสรรคการล้างต่างๆตามวิธีการล้างในห้องปฏิบัติการ ไม่มีเลยและไม่สามารถติดต่อกับผู้ประกอบการจริงในการดำเนินการทดลองได้ จึงจำเป็นต้องปรับแผนการดำเนินงานในปีสี่ ดักขัยเป็นการออกแบบและสร้างเครื่องล้างมัลไทยต้นแบบสำหรับใช้ในสถานประกอบการ โดยประสานงานและได้รับความร่วมมือ อย่างดีจากผู้ช่วยศาสตราจารย์เสมอขวัญ ตันติกุล คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ในการให้นักศึกษาชั้นปีที่สี่ ดำเนินโครงการออกแบบและจัดทำเครื่องล้างมัลไทยต้นแบบดังกล่าว ซึ่งเป็นการเริ่มงานที่ช้ากว่าแผนที่กำหนดไว้ และในการออกแบบและจัดทำเองก็ใช้เวลามากกว่าที่คิด เนื่องจากนักศึกษายังไม่จบการศึกษาทำให้มีเวลามาทำโครงการน้อย แม้ขณะนี้หลังจากการทดสอบเครื่องล้างมัลไทยไปแล้ว นักศึกษาก็ยังปรับปรุงและแก้ไขปัญหาของเครื่องล้างมัลไทยไม่แล้วเสร็จ ทำให้ไม่สามารถสรุปได้ว่าเครื่องล้างมัลไทยต้นแบบที่ได้ออกแบบและจัดทำจะสามารถใช้งานในสถานการณ์จริงมากน้อยเพียงใด

นอกจากปัญหาดังกล่าวแล้วยังพบว่าโครงการวิจัยไม่สามารถบรรลุ วัตถุประสงค์เรื่องการพัฒนาเครื่องล้างมัลไทยต้นแบบได้อย่างครบวงจร เพราะไม่มีงบประมาณและเวลาในการดำเนินงานทดลองเรื่องการเสียดน้ำของตะกร้ามัลไทยหลังการล้างด้วยเครื่องล้างมัลไทย ทำให้คุณภาพผลมัลไทยหลังการล้างมีอายุ การเก็บรักษาสั้นกว่าความเป็นจริง ซึ่งจุดนี้เป็นรายละเอียดปลีกย่อยที่สำคัญถ้าต้องการนำผลการวิจัยไปประยุกต์ใช้ในการล้างมัลไทยในเชิงพาณิชย์ต่อไป

เอกสารอ้างอิง

- จิรวัดน์ กันต์เกรียงวงศ์, ประเวทย์ ตู๋ยเต๋มวงศ์, พิเชษฐ์ ลิ้มสุ วรณ, วรพจน์ สุ นทรสุ ข, นิตยา เกตุ แก้ว, และ แสงเงิน ไกรสิงห์. 2545. การศึกษาความเป็นไปได้ในการลด/กำจัด สารประกอบซัลเฟอร์ตกค้างในผลลำไยด้วยวิธีการใช้ระบบโอโซนและความดัน/สุญญากาศ (บทคัดย่อ). เอกสารประกอบการสัมมนาทางวิชาการหลังการเก็บเกี่ยว/หลังการผลิตแห่งชาติ ครั้งที่ 1. โดยโครงการพัฒนาบัณฑิตและวิจัยเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว และสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.). 22-23 สิงหาคม 2545. โรงแรม อิมพีเรียล แมปิง, เชียงใหม่.
- ธีรณ ช เจริญกิจ จักรพงษ์ พิมพ์พิมล และ สุ ชาดา ทองศรี. 2548. สถานการณ์การตกค้างของ ซัลเฟอร์ไดออกไซด์บนผลลำไยสดที่จังหวัดเชียงใหม่และลำพูน (บทคัดย่อ). เอกสารประกอบการประชุม มิวชาพี ชสวนแห่งชาติ ครั้งที่ 5. ภาควิชาพี ชสวน คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง. กรุงเทพฯ. หน้า 228.
- ศุ นัยส่งเสริมการส่งออก (ศกอ.). 2544. สารตกค้างซัลเฟอร์ไดออกไซด์เกินกำหนด. จดหมายข่าว ศกอ. 1(5): 4-5.
- สถาบันอาหาร. 2541. คู่มือการอบรมควัน-อบแห้งลำไย พร้อมกรรมวิธีการผลิตและแบบแปลน. มปท. 74 หน้า.
- สัมพันธ์ ศรีสุ รียวงษ์. 2535. กระบวนการควบคุมการรมควันลำไยด้วย SO_2 ที่เหลือจากการอบ. เอกสารประกอบการฝึกอบรม การรมควันซัลเฟอร์ไดออกไซด์กับลำไยสดหลังการเก็บเกี่ยวเพื่อส่งออก ณ โรงแรมรามาร์คเด็นท์. กรุงเทพฯ.
- สำนักงานรักษาเสถียรภาพราคาสินค้าเกษตร กรมการค้าภายใน. 2546. รายงานผลการผลิตและการตลาดของลำไยปี 2546. กรุงเทพฯ: 5 น. (แผ่นพับ).
- สำนักมาตรฐานและตรวจสอบสินค้าเกษตร (สมก.). 2544. มาตรฐานลำไยไทย. ข่าวสารสมาคมพี ชสวน. 16(2):8-10.
- อนวัช สุ วรณกุ ล. 2540. การจัดการต่อผลล้นจี่และลำไยหลังการเก็บเกี่ยว. หน้า 105-119. เอกสารประกอบการฝึกอบรม หลักสูตร เทคโนโลยี ใหม่ๆ ในการผลิตล้นจี่และลำไย. โดยสำนักส่งเสริมและฝึกอบรม และศุ นัยวิจัยและพัฒนาไม้ผลเขตร้อนและกึ่งเขตร้อน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. วันที่ 4-6 พฤศจิกายน 2540. โรงแรมเชียงใหม่ฮิลล์, อ.เมือง, จ. เชียงใหม่.

- Hardenburg, R. E., A. E. Watada, and C. Y. Wang. 1990. The Commercial Storage of Fruit, Vegetables, and Florist and Nursery Stocks. Agricultural Handbook no. 66. United States Department of Agriculture, Agricultural Research Service, USA. 130 pp.
- Mitchell, F. G. 1992. Postharvest handling system: Small fruits (Table grapes, Strawberries, Kiwifruit). Pp. 223-232. In: Kader, A. A. (ed.). Postharvest Technology of Horticultural Crops (2nd edition). University of California, Oakland, CA, USA.





ตารางภาคผนวก ก. ปริมาณสารตกค้างสูงสุดของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ประเทศต่างๆ ยอมอนุญาตให้มีได้

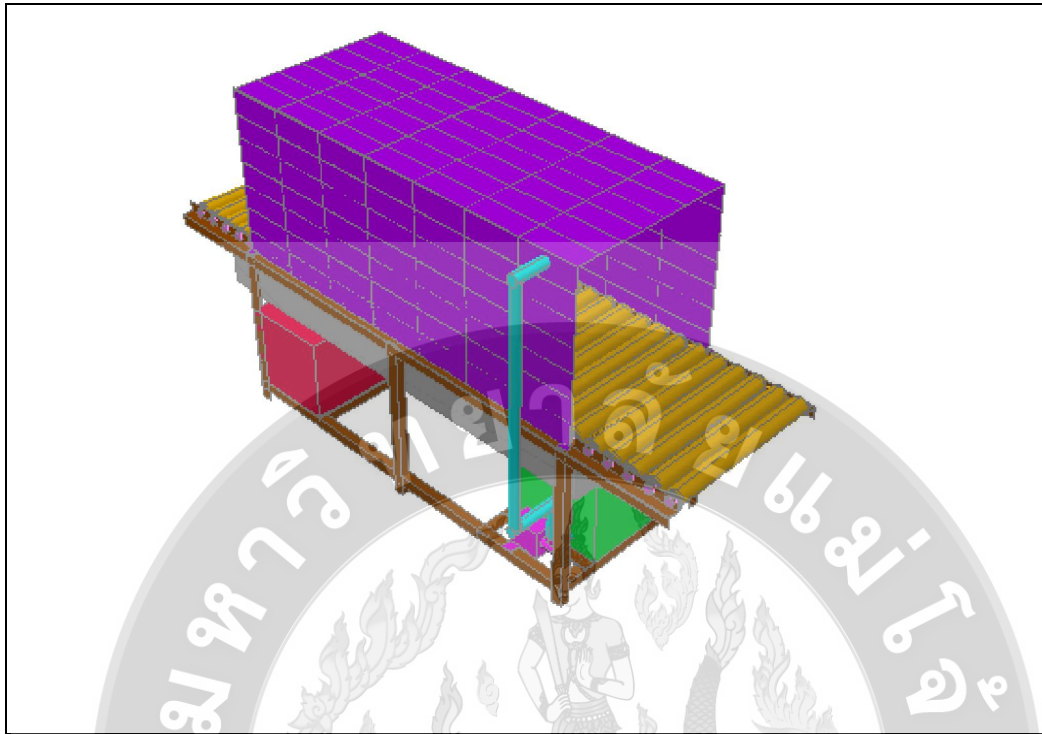
ประเทศ	ปริมาณสูงสุดที่ยอมให้ตรวจพบ (ppm)
สิงคโปร์ ¹	0 (ในเนื้อลำไยสด)
ฮ่องกง ¹	350*
มาเลเซีย ¹	0 (ในเนื้อลำไยสด)
แคนาดา ¹	0 (ในเนื้อลำไยสด)
เนเธอร์แลนด์ ¹	100* (จากต้นทางไม่เกิน 300 ppm)
สหราชอาณาจักร ¹	0 (อนุญาตให้พบในองุ่นสดได้ไม่เกิน 15 ppm)
ฝรั่งเศส ²	30 (ในเนื้อลำไยสด)
สหรัฐอเมริกา ³	10 (ในเนื้อองุ่นสด)

หมายเหตุ * เป็นข้อกำหนดที่ให้พบได้ในเปลือกผลไม้ สำหรับเนื้อต้องเป็น 0 ppm

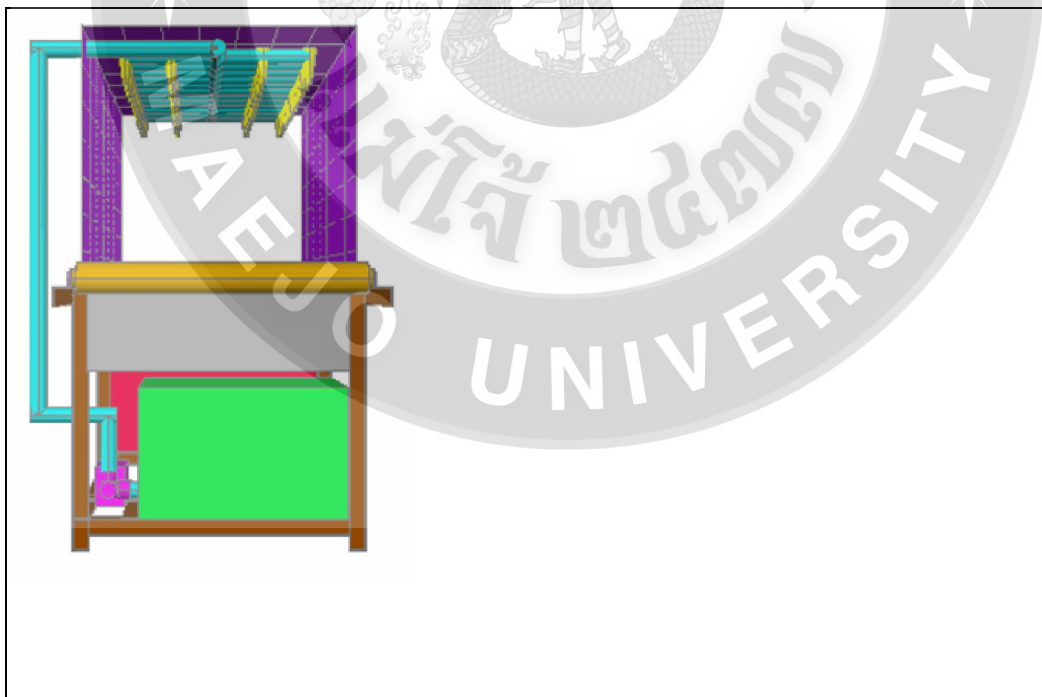
1 ที่มา: ที่ปรึกษาการพาณิชย์ ณ ประเทศต่างๆ กระทรวงพาณิชย์

2 ที่มา: Martin-Prevel, P. 1990. Some examples of research conducted within the I.R.F.A. C. I. R. O. Network, Acta Hortic. 269: 97-104.

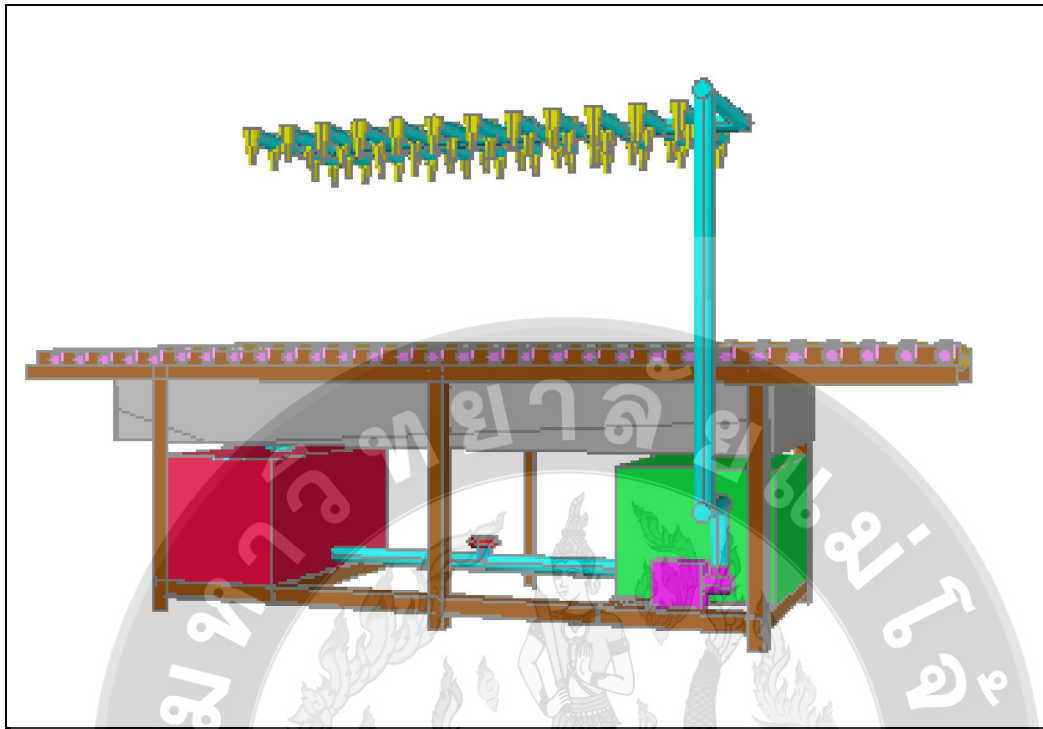
3 ที่มา: FDA, USA. "Permanent grape sulfite level set". News in Kasas City. May 10th 1988 (7).



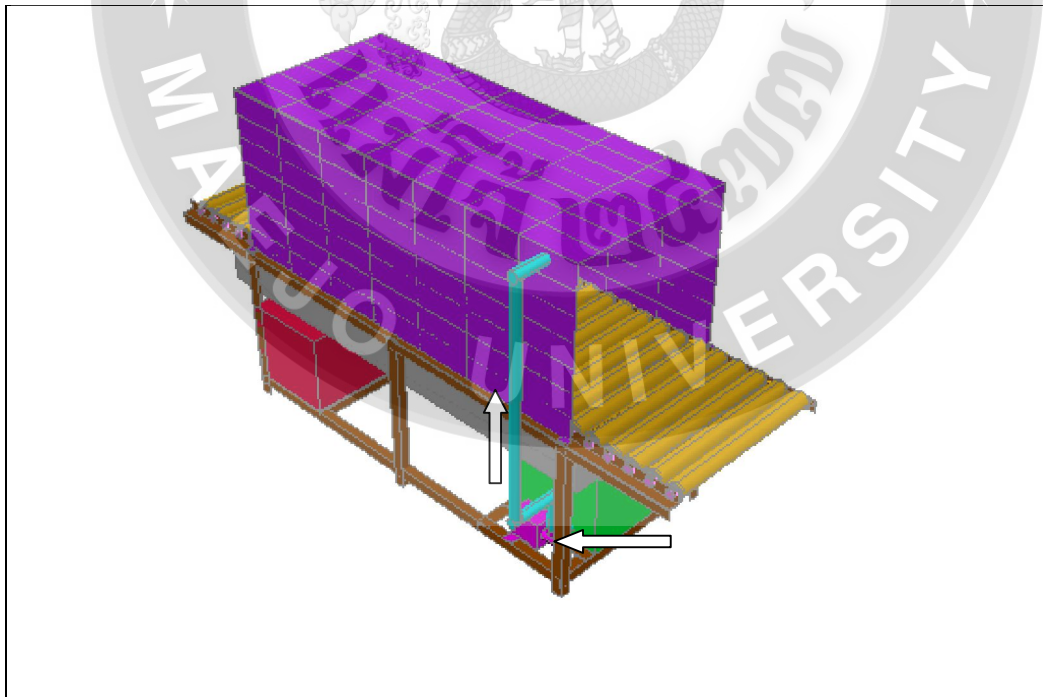
ภาพที่ 1 โครงสร้างจากภายนอกของเครื่องต้นแบบล้างลำไยจากการออกแบบโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์



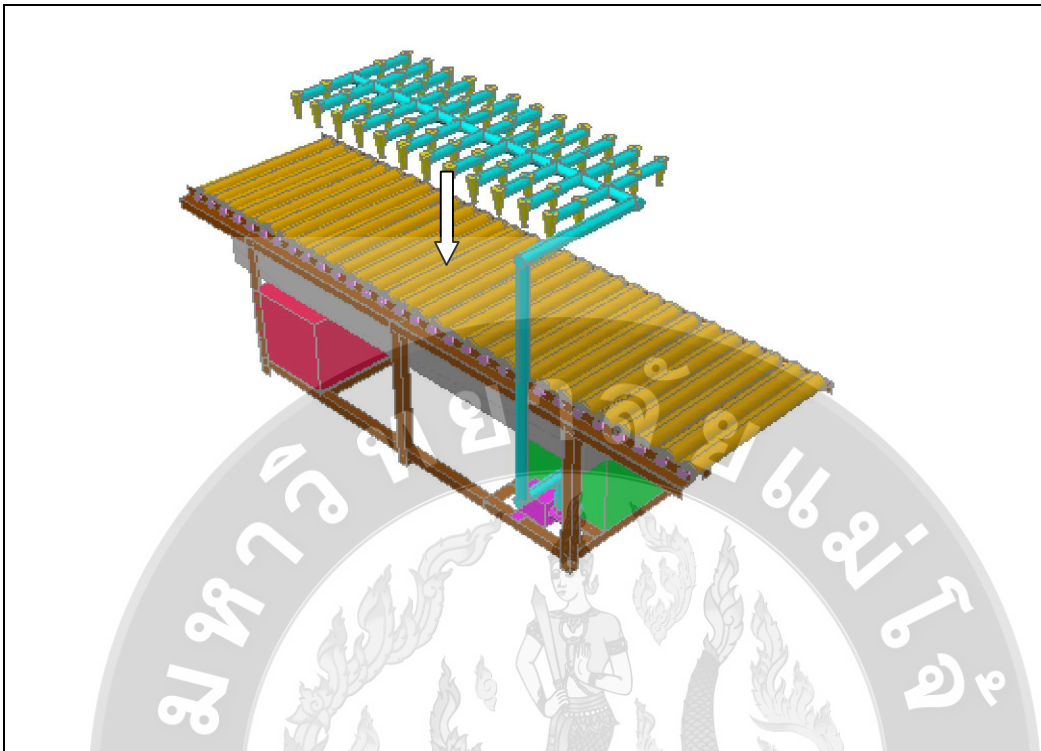
ภาพที่ 2 ภาพหน้าตัดของเครื่องต้นแบบล้างลำไยจากการออกแบบโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์



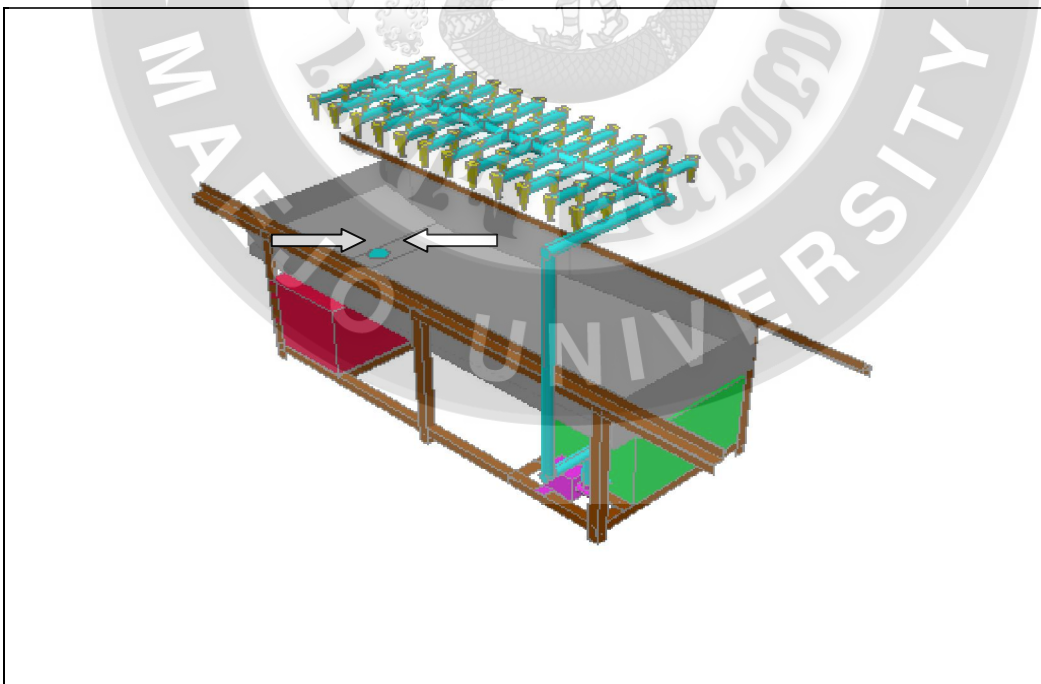
ภาพที่ 3 ภาพโครงสร้างภายในของเครื่องลำเลียงต้นแบบ



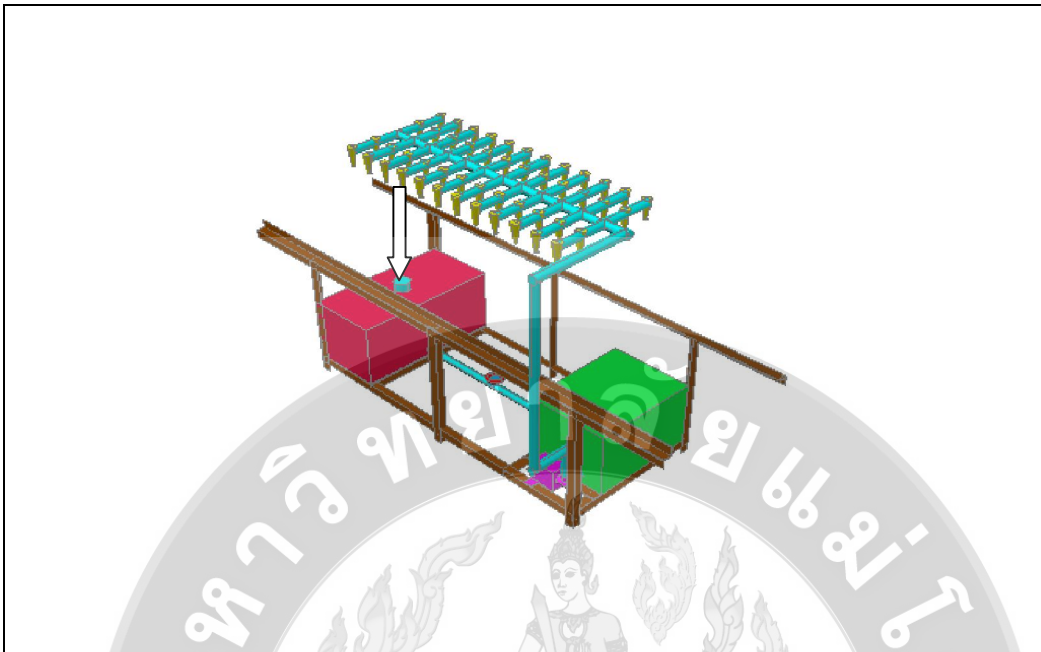
ภาพที่ 4 การทำงานของเครื่องเริ่มจากปั๊ม ปั๊มน้ำจากถังน้ำดี ขึ้นไปตามท่อส่งน้ำหลักก่อนจะกระจายไปยังหัวฉีด



ภาพที่ 5 หัวฉีดน้ำจะฉีดน้ำกระจายออกไปข้างลำไยในอุโมงค์ตามที่ออกแบบไว้



ภาพที่ 6 น้ำที่ผ่านการล้างลำไยแล้วจะไหลมารวมกันที่ถาดรองน้ำด้านล่าง



ภาพที่ 7 น้ำจากถาดรองจะไหลลงท่อสู่งาน้ำเสียที่อยู่ด้านล่างต่อไป



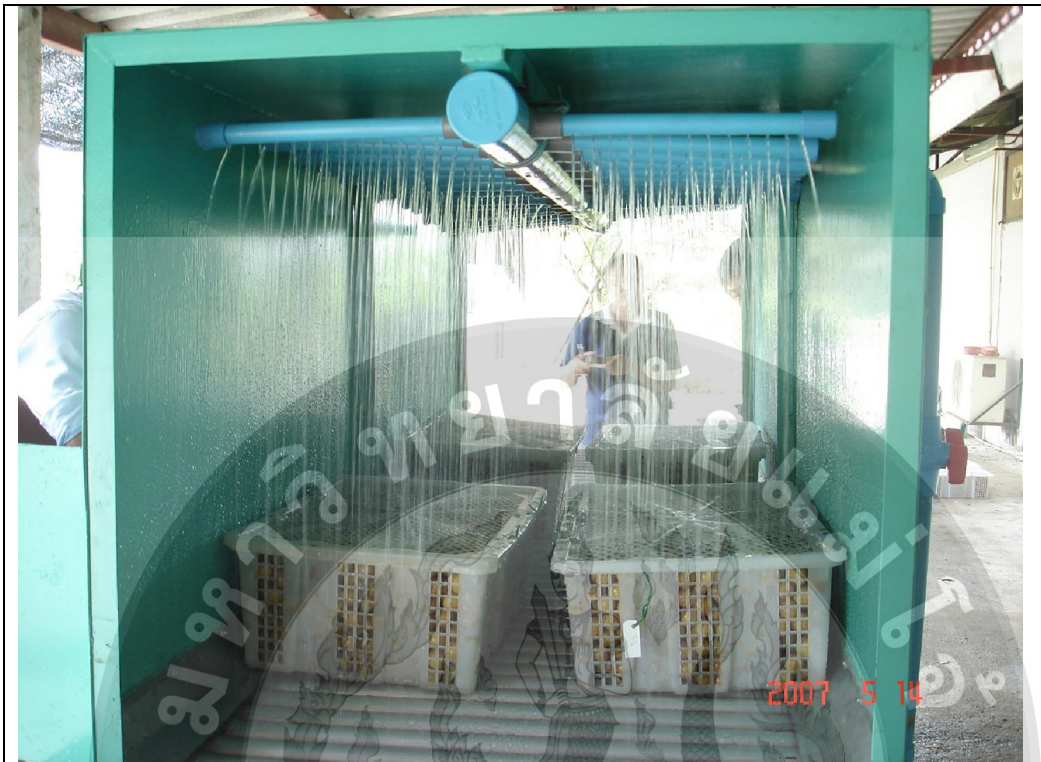
ภาพที่ 8 เครื่องล้างลำไยต้นแบบที่สร้างจากแบบที่ออกไว้โดยยังไม่มี การทดสอบและดัดแปลงใดๆ



ภาพที่ 9 การดัดแปลงครั้งแรกเกิดขึ้นที่หัวฉีด โดยปรับเป็นการใช้ท่อพีวีซีแล้วเจาะรูเพื่อลดค่าใช้จ่าย



ภาพที่ 10 แนวท่อส่งน้ำหลังเฉียงลงด้านหลังของตัวเครื่อง ทำให้มีปัญหาเรื่องการไหลของน้ำไม่สม่ำเสมอ



ภาพที่ 11 อีกปัญหาที่พบคือแนวท่อส่งน้ำซึ่งอยู่ตรงกลางเครื่องทำให้เสียพื้นที่การล้าง เพราะไม่มีน้ำไหลผ่าน



ภาพที่ 12 ปัญหาที่พบเมื่อเริ่มทำการทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องคือปั๊มน้ำมีขนาดใหญ่เกินไป ทำให้น้ำในถังน้ำดีไม่พอใช้เปิดในระยะเวลาการล้าง 5 นาที จึงต้องแก้ปัญหาเฉพาะหน้าในการเติมน้ำจากภายนอกเข้าไป



ภาพที่ 13 รูปแบบการวางตะกร้าสำหรับการเลี้ยง 2 ชั้น



ภาพที่ 14 หลังการเลี้ยงจะวางตะกร้าเรียงบนกระดาษหนังสือพิมพ์และใช้พัดลมตัวใหญ่เป่าเป็นเวลาประมาณ 2 ชั่วโมงก่อนนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องหรือห้องเย็น



ภาพที่ 15 สภาพของลำไยหลังจากล้าง 5 และ 10 นาทีแล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 7 วัน



ภาพที่ 16 สภาพของลำไยชั้นบนและชั้นล่างหลังจากล้าง 5 นาทีแล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 7 วัน



ภาพที่ 17 สภาพการเกิดโรคของลำไยที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 7 วัน



ภาพที่ 18 เปรียบเทียบสภาพลำไยที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องและห้องเย็นหลังเก็บรักษา 7 วัน



ภาพที่ 19 อิทธิพลของการล้างน้ำนาน 5 นาทีแล้วเก็บรักษาเป็นเวลา 7 วันที่อุณหภูมิห้องหรือห้องเย็น



ภาพที่ 20 อิทธิพลของการล้างน้ำนาน 10 นาทีแล้วเก็บรักษาเป็นเวลา 7 วันที่อุณหภูมิห้องหรือห้องเย็น