



ใบรับรองวิทยานิพนธ์
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์)

ปริญญญา

ฟืชสวน	ฟืชสวน
สาขา	ภาควิชา
เรื่อง	คุณภาพของผลลำไยที่ผ่านการรมซัลเฟอร์ไดออกไซด์ด้วยระบบหมุนเวียนอากาศแบบ บังคับในแนวตั้ง The Quality of Fresh Longan Fumigated with Sulfur Dioxide under Vertical Forced-Air Technique
นามผู้วิจัย	นางสาวกนกวรรณ จัปนบ
ได้พิจารณาเห็นชอบโดย	
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	(ศาสตราจารย์จรัสแท้ สิริพานิช, Ph.D.)
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม	(อาจารย์ภาสตันต์ สารทูลทัต, Ph.D.)
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม	(ผู้ช่วยศาสตราจารย์รัตติยา พงศ์พิสุทธา, Ph.D.)
หัวหน้าภาควิชา	(รองศาสตราจารย์กฤษฎณา กฤษณพุกต์, Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์กัญจนา วีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ เดือน พ.ศ.

สิงสิงห์ มตาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

คุณภาพของผลลำไยที่ผ่านการรมซัลเฟอร์ไดออกไซด์
ด้วยระบบหมุนเวียนอากาศแบบบังคับในแนวตั้ง

The Quality of Fresh Longan Fumigated with Sulfur Dioxide under
Vertical Forced-Air Technique

โดย

นางสาวกนกวรรณ ขันนบ

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์)

พ.ศ. 2554

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กนกวรรณ ขันนบ 2554: คุณภาพของผลลำไยที่ผ่านการรมซัลเฟอร์ไดออกไซด์ด้วยระบบ
หมุนเวียนอากาศแบบบังคับในแนวดิ่ง ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์) สาขา
พืชสวน ภาควิชาพืชสวน อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ศาสตราจารย์จรัสแท้ สิริพานิช,
Ph.D. 107 หน้า

การปรับปรุงแบบการรมซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) กับผลลำไยสดด้วยวิธีหมุนเวียนอากาศแบบ
บังคับจากเดิมเป็นแนวนอนให้เป็นแนวดิ่งจากล่างขึ้นบน สามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการไหลของ
อากาศภายในภาชนะบรรจุผลลำไยได้มากขึ้น โดยเฉพาะตะกร้าทรงสี่เหลี่ยมคางหมูซึ่งเป็นบรรจุภัณฑ์
ทางการค้า การศึกษาครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ทราบคุณภาพของผลลำไยสดที่ผ่านการรม SO_2 ด้วย
วิธีหมุนเวียนอากาศแบบบังคับในแนวดิ่ง แบ่งเป็น 3 การทดลอง ดังนี้ 1) เปรียบเทียบรูปทรงของตะกร้า
ทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้ากับตะกร้าทรงสี่เหลี่ยมคางหมูและอัตราเร็วของอากาศ 0.6, 0.8 และ 1.0 ลูกบาศก์
เมตรต่อวินาที พบว่ารูปทรงของตะกร้าทั้ง 2 แบบและอัตราเร็วของอากาศทั้ง 3 ระดับ มีปริมาณซัลไฟต์
ตกค้างในเปลือกและเนื้อผลไม่แตกต่างกัน ไม่พบการเกิดโรคผลเน่าและการเกิดสีน้ำตาลบนเปลือกผล
ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 2 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 95 เปอร์เซ็นต์ และมี
ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ไม่แตกต่างกัน 2) เปรียบเทียบรูปแบบการใช้ SO_2 ระหว่างแก๊สจากถังอัด
ความดันกับการเผาฟางมะถันและระดับความเข้มข้นของ SO_2 เมื่อสิ้นสุดการรม 2,000 กับ 4,000
ไมโครลิตรต่อลิตร พบว่าการใช้แก๊สจากถังอัดความดันและการเผาฟางมะถันมีซัลไฟต์ตกค้างใน
เปลือกและเนื้อผลใกล้เคียงกัน ขณะที่การใช้ความเข้มข้น 2,000 ไมโครลิตรต่อลิตร มีปริมาณซัลไฟต์
ตกค้างในเปลือกและเนื้อผลน้อยกว่าการใช้ความเข้มข้น 4,000 ไมโครลิตรต่อลิตร ไม่พบการเกิดโรคผล
เน่าและการเกิดสีน้ำตาลบนเปลือกผลตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา และมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ไม่
แตกต่างกันและ 3) เปรียบเทียบการรมด้วยวิธีหมุนเวียนอากาศแบบบังคับในแนวดิ่งกับการรมของ
ผู้ประกอบการทั่วไป พบว่าการรมด้วยวิธีการหมุนเวียนอากาศแบบบังคับในแนวดิ่งทำให้มีปริมาณซัล
ไฟต์ตกค้างในเปลือกและเนื้อผลน้อยกว่าการรมของผู้ประกอบการ แต่ยังคงสามารถควบคุมการเกิดโรค
ผลเน่าและการเกิดสีน้ำตาลบนเปลือกผลได้เช่นเดียวกับการรมของผู้ประกอบการและดีกว่าผลลำไยใน
ชุดควบคุม และมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ไม่แตกต่างกัน ดังนั้นผู้ประกอบการจึงควรรม SO_2 กับ
ผลลำไยสดที่บรรจุในตะกร้าทรงสี่เหลี่ยมคางหมูด้วยวิธีการหมุนเวียนอากาศแบบบังคับในแนวดิ่งได้ที่
อัตราเร็วของอากาศ 0.6 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที และใช้ SO_2 จากถังอัดความดันโดยตรงที่ความเข้มข้น
เมื่อสิ้นสุดการรม 4,000 ไมโครลิตรต่อลิตร

Kanokwan Kubnop 2011: The Quality of Fresh Longan Fumigated with Sulfur Dioxide under Vertical Forced-Air Technique. Master of Science (Agriculture), Major Field: Horticulture, Department of Horticulture. Thesis Advisor: Professor Jingtair Siriphanich, Ph.D. 107 pages.

An improved SO₂ fumigation process had been developed for longan by substituting a horizontal forced-air with vertical forced-air technique. It can increase air flow rate in the packages of longan, especially the commercial trapezoidal shaped-basket. The objective of this study is to evaluate the quality of fresh longan with SO₂ under vertical forced-air technique. In experiment 1, two types of baskets and vertical forced-air at 3 air flow rates of 0.6, 0.8 and 1.0 m³/s were studied. It was revealed that the sulfite residues in the peel and pulp of longans using both rectangle and trapezoidal shaped-baskets, in all air flow rate, were not different. The post-harvest decay and browning on longan peel did not appear during storage at 2 °C in 95 % RH for 20 days and soluble solids content was not different. In experiment 2, two sources of SO₂ gas, the direct SO₂ gas from a compressed tank and the burning of sulfur powder, as well as SO₂ concentrations of 2,000 and 4,000 µl/l, at the end of the process, were studied. The results revealed that the sulfite residue in the peel of longans was greater when treated with SO₂ gas directly from the compressed tanks as compared to that from the burning of sulfur powder. The sulfite residues in the pulp of longans treated with both source of SO₂ were alike. The sulfite residue in the peel and pulp of longans treated with 2,000 µl/l SO₂ concentration at the end of the process was less than with 4,000 µl/l. The post-harvest decay and browning on longan peel did not occur during storage time and soluble solids content was not different. In experiment 3, longan treated under vertical forced-air technique and the conventional application method were compared. As a result, the sulfite residues in the peel and pulp of longans treated under vertical forced-air technique was less than under the conventional application. This technique was also effective in preventing post-harvest decay and browning on longan peel similar to results obtained from a commercial fumigation process and better than the untreated control. It is recommended that the shipper should fumigate fresh longan in the trapezoidal shaped basket using the vertical forced-air technique at the air flow rate 0.6 m³/s by direct SO₂ gas from a compressed gas tank, with a concentration of 4,000 µl/l SO₂ at the end on the process.

Student's signature

Thesis Advisor's signature

กิตติกรรมประกาศ

ขอกราบขอบพระคุณ ศาสตราจารย์ ดร. จริ่งแท้ ศิริพานิช อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก อาจารย์ ดร. ภาสันต์ ศาลกุลทัต และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. รัตยา พงศ์พิศุทธา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่กรุณาให้ความช่วยเหลือ ให้คำปรึกษา แนะนำตลอดมา รวมถึงตรวจแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ของวิทยานิพนธ์จนกระทั่งเสร็จสมบูรณ์ และกราบขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร. รวี เสฐฐักดิ์ ประธานการสอบและอาจารย์ ดร. ศิริวรรณ แดงน้ำ ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอกที่ได้ให้คำแนะนำ ตลอดจนตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์เล่มนี้ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอกราบขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ จักรพงษ์ พิมพ์พิมล เป็นอย่างสูงที่ได้ให้ความช่วยเหลือในทุกๆ ด้าน โดยเฉพาะเอื้อเฟื้อสถานที่ และอำนวยความสะดวกในการปฏิบัติงานที่ภาควิชาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ และเจ้าหน้าที่ศูนย์เทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว เจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการทางสรีรวิทยา ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กำแพงแสน นครปฐม รวมถึงเพื่อนๆ พี่ๆ และทุกท่านที่มีได้กล่าวนามมาในที่นี้ ที่คอยช่วยเหลือทั้งร่างกายและกำลังใจตลอดมาในการปฏิบัติงาน

ขอขอบคุณศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์และสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัยที่ให้การสนับสนุนการวิจัยครั้งนี้

ด้วยความดีหรือประโยชน์อันใดเนื่องจากวิทยานิพนธ์เล่มนี้ ขอมอบแด่คุณแม่ น้อย คุณเมธิ และครอบครัวที่คอยช่วยเหลือสนับสนุนการศึกษา และเป็นกำลังใจเสมอมา

กนกวรรณ ขันนบ

เมษายน 2554

สารบัญ

หน้า

สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(7)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
การตรวจเอกสาร	4
อุปกรณ์และวิธีการ	16
ผลและวิจารณ์	
ผล	27
วิจารณ์	49
สรุป	52
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	53
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก ตารางค่าเฉลี่ยและตารางการวิเคราะห์สัณยัติ (ANOVA) ของ	
คุณภาพผลลำไยในการทดลองที่ 1	57
ภาคผนวก ข ตารางค่าเฉลี่ยและตารางการวิเคราะห์สัณยัติ (ANOVA) ของ	
คุณภาพผลลำไยในการทดลองที่ 2	75
ภาคผนวก ค ตารางการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยของคุณภาพผลลำไยในการทดลอง	93
ภาคผนวก ง ภาพภาชนะที่ใช้ในการทดลองและภาพชุดเครื่องแก้วสำหรับ	100
วิเคราะห์ซัลไฟด์ตกค้าง	
ภาคผนวก จ วิธีคำนวณปริมาณผงกำมะถันที่ใช้สำหรับการรม	103
ประวัติการศึกษาและการทำงาน	107

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ปริมาณ (ตัน) และมูลค่า (พันบาท) การส่งออกลำไยสด แยกขายประเทศระหว่างปี 2550-2552	6
2	ระดับความเข้มข้นของสารประกอบซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่สามารถก่อให้เกิดอาการผิดปกติแก่ผู้บริโภค	8
3	ปริมาณสูงสุดของซัลไฟต์ตกค้างในผลไม้สดบางชนิดที่ประเทศต่างๆ อนุญาตให้มีได้	10
4	เปรียบเทียบการใช้แก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์จากการเผาพริกกำมะถันและจากถังอัดความดันโดยตรง	12

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่	หน้า
ก1 ปริมาณซัลไฟด์ตกค้าง (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ในเปลือกผลลำไยในแต่ละกรรมวิธีระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 95 เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลา 20 วัน	58
ก2 ปริมาณซัลไฟด์ (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ในเนื้อผลลำไยในแต่ละกรรมวิธีระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 95 เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลา 20 วัน	59
ก3 ANOVA สำหรับการทดสอบตะกั่ว 2 รูปทรงกับอัตราเร็วของอากาศ 3 ระดับ ต่อปริมาณการตกค้างของซัลไฟด์ในเปลือกผลลำไย ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 95 เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลา 20 วัน	60
ก4 ANOVA สำหรับการทดสอบตะกั่ว 2 รูปทรงกับอัตราเร็วของอากาศ 3 ระดับ ต่อปริมาณการตกค้างของซัลไฟด์ในเนื้อผลลำไย ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 95 เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลา 20 วัน	62
ก5 ค่าความสว่าง (L^*) ของเปลือกผลลำไยในแต่ละกรรมวิธีระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 95 เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลา 20 วัน	63
ก6 ค่าความเข้มสี (C^*) ของเปลือกผลลำไยในแต่ละกรรมวิธีระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 95 เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลา 20 วัน	64
ก7 ค่ากรดสี (h°) ของเปลือกผลลำไยในแต่ละกรรมวิธีระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 95 เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลา 20 วัน	65
ก8 ANOVA สำหรับการทดสอบตะกั่ว 2 รูปทรงกับอัตราเร็วของอากาศ 3 ระดับ ต่อค่าความสว่าง (L^*) ของเปลือกผลลำไย ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 95 เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลา 20 วัน	66
ก9 ANOVA สำหรับการทดสอบตะกั่ว 2 รูปทรงกับอัตราเร็วของอากาศ 3 ระดับ ต่อค่าความเข้มสี (C^*) ของเปลือกผลลำไย ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 95 เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลา 20 วัน	68

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่	หน้า	
ก10	ANOVA สำหรับการทดสอบตะกร้า 2 รูปทรงกับอัตราเร็วของอากาศ 3 ระดับ ต่อค่าความเคดลี (h°) ของเปลือกผลลำไย ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 95 เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลา 20 วัน	70
ก11	ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (องศาบริกซ์) ของลำไยในแต่ละกรรมวิธีระหว่าง การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 95 เปอร์เซ็นต์ เป็น ระยะเวลา 20 วัน	72
ก12	ANOVA สำหรับการทดสอบตะกร้า 2 รูปทรงกับอัตราเร็วของอากาศ 3 ระดับ ต่อปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2 องศา เซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 95 เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลา 20 วัน	73
ข13	ปริมาณซัลไฟด์ตกค้าง (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ในเปลือกผลลำไยในแต่ละ กรรมวิธีระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 95 เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลา 20 วัน	76
ข14	ปริมาณซัลไฟด์ตกค้าง (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ในเนื้อผลลำไยในแต่ละกรรมวิธี ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 95 เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลา 20 วัน	77
ข15	ANOVA สำหรับการทดสอบการใช้ SO_2 2 รูปแบบและความเข้มข้นของ SO_2 หลังสิ้นสุดการรม 2 ระดับ ต่อปริมาณการตกค้างของซัลไฟด์ในเปลือกผลลำไย ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 95 เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลา 20 วัน	78
ข16	ANOVA สำหรับการทดสอบการใช้ SO_2 2 รูปแบบและความเข้มข้นของ SO_2 หลังสิ้นสุดการรม 2 ระดับ ต่อปริมาณการตกค้างของซัลไฟด์ในเนื้อผลลำไย ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 95 เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลา 20 วัน	80
ข17	ค่าความสว่าง (L^*) ของเปลือกผลลำไยในแต่ละกรรมวิธีระหว่างการเก็บรักษาที่ อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 95 เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลา 20 วัน	81

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่		หน้า
ข18	ค่าความเข้มสี (C*) ของเปลือกผลลำไยในแต่ละกรรมวิธีระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 95 เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลา 20 วัน	82
ข19	ค่ากรดสี (h°) ของเปลือกผลลำไยในแต่ละกรรมวิธีระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 95 เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลา 20 วัน	83
ข20	ANOVA สำหรับการทดสอบการใช้ SO ₂ 2 รูปแบบและความเข้มข้นของ SO ₂ หลังสิ้นสุดการรม 2 ระดับ ต่อค่าความสว่าง (L*) ของเปลือกผลลำไย ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 95 เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลา 20 วัน	84
ข21	ANOVA สำหรับการทดสอบการใช้ SO ₂ 2 รูปแบบและความเข้มข้นของ SO ₂ หลังสิ้นสุดการรม 2 ระดับ ต่อค่าความเข้มสี (C*) ของเปลือกผลลำไย ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 95 เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลา 20 วัน	86
ข22	ANOVA สำหรับการทดสอบการใช้ SO ₂ 2 รูปแบบและความเข้มข้นของ SO ₂ หลังสิ้นสุดการรม 2 ระดับ ต่อค่ากรดสี (h°) ของเปลือกผลลำไย ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 95 เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลา 20 วัน	88
ข23	ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (องศาบริกซ์) ของลำไยในแต่ละกรรมวิธีระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 95 เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลา 20 วัน	90
ข24	ANOVA สำหรับการทดสอบการใช้ SO ₂ 2 รูปแบบและความเข้มข้นของ SO ₂ หลังสิ้นสุดการรม 2 ระดับ ต่อปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของผลลำไย ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 95 เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลา 20 วัน	91

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่		หน้า
ค25	ปริมาณซัลไฟต์ตกค้าง (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ในเปลือกและเนื้อผลลำไยในแต่ละกรรมวิธีระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 95 เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลา 20 วัน	94
ค26	ค่าความสว่าง (L^*), ค่าความเข้มสี (C^*) และค่าเฉดสี (h°) ของเปลือกผลลำไยในแต่ละกรรมวิธีระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 95 เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลา 20 วัน	96
ค27	ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (องศาบริกซ์) ของลำไยในแต่ละกรรมวิธีระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 95 เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลา 20 วัน	98

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	ระบบหมุนเวียนอากาศแบบปกติทั่วไปที่ผู้ประกอบการให้อยู่ในเชิงการค้า	14
2	ระบบหมุนเวียนอากาศแบบบังคับ (forced-air)	14
3	รูปแบบการจัดเรียงที่ใช้สำหรับตะกร้าทรงสี่เหลี่ยมคางหมู (ก) และสำหรับตะกร้าทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า (ข)	18
4	การจัดเรียงตะกร้าบรรจุผลลำไยบนแท่นวางสินค้าในห้องรมแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์	18
5	ตำแหน่งการสุ่มตัวอย่างผลลำไยในตะกร้าทั้งสองชนิดเพื่อนำมาตรวจสอบปริมาณซัลไฟต์ตกค้างในเปลือกและเนื้อรวมทั้งคุณภาพในด้านต่างๆ	18
6	ปริมาณซัลไฟต์ (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ในส่วนเปลือก (ก) และเนื้อผลลำไย (ข) หลังจากรมแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์กับผลลำไยสดด้วยระบบหมุนเวียนอากาศแบบบังคับในแนวตั้งโดยใช้ตะกร้าทรงสี่เหลี่ยมคางหมูและตะกร้าทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า ณ อัตราเร็วของอากาศ 0.6, 0.8 และ 1.0 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 95 เปอร์เซ็นต์เป็นระยะเวลา 20 วัน	29
7	การเกิดโรคและการเกิดสีน้ำตาลบนเปลือกผลลำไยระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 95 เปอร์เซ็นต์เป็นระยะเวลา 20 วัน	30
8	ค่าความสว่าง (ก) ค่าความเข้มสี (ข) และค่าเฉดสี (ค) ของเปลือกผลลำไย หลังจากรมแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์กับผลลำไยสดด้วยระบบหมุนเวียนอากาศแบบบังคับในแนวตั้งโดยใช้ตะกร้าทรงสี่เหลี่ยมคางหมูและตะกร้าทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า ณ อัตราเร็วของอากาศ 0.6, 0.8 และ 1.0 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 95 เปอร์เซ็นต์เป็นระยะเวลา 20 วัน	32
9	ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (องศาบริกซ์) ของผลลำไย หลังจากรมแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์กับผลลำไยสดด้วยระบบหมุนเวียนอากาศแบบบังคับในแนวตั้งโดยใช้ตะกร้าทรงสี่เหลี่ยมคางหมูและตะกร้าทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า ณ อัตราเร็วของอากาศ 0.6, 0.8 และ 1.0 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 95 เปอร์เซ็นต์เป็นระยะเวลา 20 วัน	34

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
10	ปริมาณซัลไฟต์ตกค้าง (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ในส่วนของเปลือก (ก) และเนื้อผลลำไย (ข) หลังจากรมซัลเฟอร์ไดออกไซด์โดยใช้แก๊สจากถังอัดความดันโดยตรงและการเผาพวงกำมะถัน ณ ระดับความเข้มของของซัลเฟอร์ไดออกไซด์หลังสิ้นสุดการรม 2,000 และ 4,000 ไมโครลิตรต่อลิตร ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 95 เปอร์เซ็นต์	36
11	การเกิดโรคและการเกิดสีน้ำตาลบนเปลือกผลลำไยระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 95 เปอร์เซ็นต์เป็นระยะเวลา 20 วัน	37
12	ค่าความสว่าง (ก) ค่าความเข้มสี (ข) และค่าแดงสี (ค) หลังจากรมซัลเฟอร์ไดออกไซด์โดยใช้แก๊สจากถังอัดความดันโดยตรงและการเผาพวงกำมะถัน ณ ระดับความเข้มของของซัลเฟอร์ไดออกไซด์หลังสิ้นสุดการรม 2,000 และ 4,000 ไมโครลิตรต่อลิตร ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 95 เปอร์เซ็นต์	39
13	ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (องศาบริกซ์) ของผลลำไยหลังจากรมซัลเฟอร์ไดออกไซด์โดยใช้แก๊สจากถังอัดความดันโดยตรงและการเผาพวงกำมะถัน ณ ระดับความเข้มของของซัลเฟอร์ไดออกไซด์หลังสิ้นสุดการรม 2,000 และ 4,000 ไมโครลิตรต่อลิตร ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 95 เปอร์เซ็นต์	41
14	ปริมาณซัลไฟต์ตกค้าง (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ในส่วนเปลือก (ก) เนื้อผลลำไย (ข) และการเกิดโรคบนเปลือก (ค) ของผลลำไยชุดควบคุม ผลลำไยที่ผ่านการรมซัลเฟอร์ไดออกไซด์ด้วยวิธีหมุนเวียนอากาศแบบบังคับในแนวตั้งและผลลำไยที่ผ่านการรมซัลเฟอร์ไดออกไซด์จากผู้ประกอบการ ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 95 เปอร์เซ็นต์เป็นระยะเวลา 20 วัน	43
15	การเกิดโรคและการเกิดสีน้ำตาลบนเปลือกผลลำไยระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 95 เปอร์เซ็นต์เป็นระยะเวลา 20 วัน	44

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
16	ค่าความสว่าง (ก) ค่าความเข้มสี (ข) และค่าเฉดสี (ค) ของผลลำไยชุดควบคุม ผลลำไยที่ผ่านการรมซัลเฟอร์ไดออกไซด์ด้วยวิธีหมუნเวียนอากาศแบบบังคับในแนวดิ่งและผลลำไยที่ผ่านการรมซัลเฟอร์ไดออกไซด์จากผู้ประกอบการระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 95 เปอร์เซ็นต์เป็นระยะเวลา 20 วัน	46
17	การเกิดสีน้ำตาลบนเปลือกของผลลำไยที่ชุดควบคุม ผลลำไยที่ผ่านการรมซัลเฟอร์ไดออกไซด์ด้วยวิธีหมუნเวียนอากาศแบบบังคับในแนวดิ่งและผลลำไยที่ผ่านการรมซัลเฟอร์ไดออกไซด์จากผู้ประกอบการระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 95 เปอร์เซ็นต์เป็นระยะเวลา 20 วัน	47
18	ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (องศาบริกซ์) ของผลลำไยชุดควบคุม ผลลำไยที่ผ่านการรมซัลเฟอร์ไดออกไซด์ด้วยวิธีหมუნเวียนอากาศแบบบังคับในแนวดิ่งและผลลำไยที่ผ่านการรมซัลเฟอร์ไดออกไซด์จากผู้ประกอบการระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 95 เปอร์เซ็นต์เป็นระยะเวลา 20 วัน	48
ภาพผนวกที่		
ง1	ตะกร้าทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า (ก) ตะกร้าทรงสี่เหลี่ยมคางหมูซึ่งเป็นบรรจุภัณฑ์ทางการค้าของผลลำไยสด (ข) และการจัดเรียงตะกร้าทรงสี่เหลี่ยมคางหมูเพื่อเตรียมรมซัลเฟอร์ไดออกไซด์ด้วยระบบหมุนเวียนอากาศแบบบังคับในแนวนอน (ค)	101
ง2	ชุดวิเคราะห์ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ตกค้าง ส่วนประกอบต่อ 1 ชุด ประกอบด้วย 1) round bottom Flask 2 neck 2) air inlet tube 3) reduction adaptor 4) condenser 5) adaptor for condenser 6) adaptor for flask 7) adaptor for tube 8) test tube with joint 9) erlenmeyer flask 250 ml with joint	102

คุณภาพของผลลำไยที่ผ่านกรรมซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ด้วยระบบหมุนเวียนอากาศแบบบังคับในแนวตั้ง

The Quality of Fresh Longan Fumigated with Sulfur Dioxide under Vertical Forced-Air Technique

คำนำ

การนำระบบหมุนเวียนอากาศแบบบังคับ (forced-air) เข้ามาใช้ในการบวนการรมซัลเฟอร์ไดออกไซด์กับผลลำไยสดช่วยให้มีอัตราเร็วของอากาศที่ไหลผ่านภายในตระกร้าบรรจุผลลำไยสูงและสม่ำเสมอมากกว่าการใช้ระบบหมุนเวียนอากาศแบบหมุนเวียน (circulating-air) ตามที่ผู้ประกอบการใช้อยู่ ส่งผลให้แก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์สัมผัสกับผลลำไยได้มากขึ้น และมีแนวโน้มที่จะลดระดับความเข้มข้นของซัลเฟอร์ไดออกไซด์หลังสิ้นสุดการรมให้เหลือเพียง 2,000 ไมโครลิตรต่อลิตรหรือประมาณ 6 เท่า เมื่อเทียบกับระดับความเข้มข้นของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ตามคำแนะนำซึ่งใช้กันอยู่ในปัจจุบันคือ 12,000-15,000 ไมโครลิตรต่อลิตร (สถาบันอาหาร, 2541) นอกจากนี้ยังส่งผลให้มีปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ตกค้างในส่วนเปลือกผลหลังจากรมทันทีเฉลี่ยประมาณ 1,260-1,520 ไมโครลิตรต่อลิตร ซึ่งต่ำกว่าเกณฑ์ที่สถาบันอาหารกำหนดไว้ในส่วนของเปลือกผลคือ 1,700 ไมโครลิตรต่อลิตร โดยยังคงสามารถป้องกันการเกิดโรคและการเกิดสีน้ำตาลที่เปลือกผลลำไยได้ และไม่พบปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ตกค้างในส่วนเนื้อมะม่วง (จักรพงษ์ และคณะ, 2550)

อย่างไรก็ตามการนำระบบหมุนเวียนอากาศแบบบังคับมาใช้ในการบวนการรมซัลเฟอร์ไดออกไซด์กับผลลำไยสดเพื่อให้ได้ประสิทธิภาพสูงสุด จำเป็นจะต้องเลือกใช้ภาชนะหรือบรรจุภัณฑ์ที่สามารถวางชิดหรือเรียงซ้อนกันได้โดยไม่มีช่องว่างเกิดขึ้น เนื่องจากการใช้ระบบหมุนเวียนอากาศแบบบังคับเป็นการบังคับอากาศที่อยู่รอบๆ ภาชนะบรรจุหรือในที่นี้คือแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ให้ไหลผ่านภาชนะบรรจุเข้ามาสัมผัสกับผลลำไยได้มากขึ้น แต่ในทางการค้าโดยทั่วไป ภาชนะที่ใช้บรรจุผลลำไยเป็นตระกร้าทรงสี่เหลี่ยมคางหมู เมื่อนำมาวางซ้อนและวางชิดกันแล้วมีช่องว่างเกิดขึ้นระหว่างตระกร้า (ภาพผนวกที่ 1) ส่งผลให้อากาศที่อยู่รอบๆ ภาชนะบรรจุไหลผ่านช่องว่างนั้นมากกว่าที่จะสัมผัสกับผลลำไย ด้วยเหตุนี้จึงอาจจะเป็นข้อจำกัดอย่างหนึ่งสำหรับการนำเอาระบบหมุนเวียนอากาศแบบบังคับมาใช้ในการบวนการรมซัลเฟอร์ไดออกไซด์กับผลลำไยสดมาใช้ในการปัจจุบัน ซึ่งจักรพงษ์และคณะ (2550) กล่าวว่า การปรับปรุงแบบการรมซัลเฟอร์ไดออกไซด์กับผลลำไยสดด้วยวิธีหมุนเวียนอากาศแบบบังคับ

จากเดิมเป็นแนวนอนให้เป็นแนวตั้งจะสามารถช่วยให้มีความเร็วการไหลของอากาศในตระกร้าเพิ่มมากขึ้น การศึกษาครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ทราบคุณภาพของผลลำไยสดที่ผ่านการรมซัลเฟอร์ไดออกไซด์ด้วยระบบหมุนเวียนอากาศแบบบังคับในแนวตั้ง เพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการปรับรูปแบบการรมซัลเฟอร์ไดออกไซด์กับผลลำไยสดด้วยวิธีหมุนเวียนอากาศแบบบังคับในแนวตั้งต่อไป



วัตถุประสงค์

เพื่อให้ทราบผลของการรมซัลเฟอร์ไดออกไซด์ด้วยวิธีหมุนเวียนอากาศแบบบังคับในแนวตั้ง
ต่อคุณภาพของผลลำไยสด



การตรวจเอกสาร

ลำไย (Longan) เป็นพืชที่อยู่ในวงศ์ Sapindaceae มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า “*Dimocarpus longan* Lour.” จัดเป็นไม้ผลกิ่งเมืองร้อนมีถิ่นกำเนิดในประเทศจีนและอินเดีย รวมทั้งประเทศไทยตอนบน (พาวันและคณะ, 2546) ลำไยถือได้ว่าเป็นผลไม้ที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจมากชนิดหนึ่งของไทย เนื่องจากมีตลาดต่างประเทศรองรับอย่างกว้างขวาง รวมทั้งมีปริมาณการส่งออกค่อนข้างสูงทุกปีอย่างต่อเนื่อง (ตารางที่ 1)

พันธุ์ลำไยที่สำคัญทางการค้าของไทย

ลำไยแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือลำไยที่มีผลเล็ก เมล็ดโต มีกลิ่นคาวคล้ายกลิ่นกำมะถัน มีปลูกทั่วไป นิยมปลูกเป็นไม้ประดับ และอีกประเภทคือลำไยต้นเป็นลำไยที่รู้จักกันทั่วไป แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือลำไยพื้นเมือง (ลำไยกระดุกหรือลำไยผลเล็ก) มีผลเล็กเมล็ดโต เนื้อบาง ให้ผลดก ต้นตรง เปลือกลำต้นขรุขระมาก ปัจจุบันนิยมใช้ทำต้นตอ ส่วนอีกชนิดคือลำไยกระโหลกเป็นลำไยที่นิยมบริโภคกันมาก พันธุ์ที่สำคัญในปัจจุบันได้แก่พันธุ์อีดอ พันธุ์เหั่ว พันธุ์สีชมพู และพันธุ์เปี้ยว ซึ่งมียารายละเอียดดังต่อไปนี้ (พาวันและคณะ, 2546)

1. ลำไย พันธุ์อีดอ ลำไยพันธุ์อีดอเป็นพันธุ์เบา แก่ก่อนพันธุ์อื่น นิยมใช้เป็นพันธุ์ทางการค้ามากที่สุด เนื่องจากขายได้ราคาดี เจริญเติบโตเร็ว ให้ผลสม่ำเสมอ ไม่เว้นปี ผลผลิตดีพอสมควร คุณภาพปานกลาง เนื้อไม่ค่อยกรอบ มีกลิ่นคาวเล็กน้อย ลำไยพันธุ์อีดอสามารถแบ่งตามสีของยอดอ่อนได้ 2 ชนิดคือ อีดอยอดแดง เจริญเติบโตเร็วมากเมื่อเปรียบเทียบกับอีดอยอดเขียว ลำต้นแข็งแรงไม่หักหักได้ง่าย เปลือกลำต้นสีน้ำตาลปนแดง ใบแบนสีแดง ปัจจุบันไม่ค่อยนิยมปลูก เนื่องจากออกดอกติดผลไม่ดี และเมื่อผลเริ่มสุกถ้าเก็บไม่ทันผลจะร่วงเสียหายมาก ส่วนอีดอยอดเขียว มีลักษณะต้นคล้ายอีดอยอดแดง แต่ใบอ่อนเป็นสีเขียว ออกดอกติดผลง่าย แต่อาจไม่สม่ำเสมอ นอกจากนี้ลำไยพันธุ์อีดอยังแบ่งตามลักษณะของก้านช่อผลได้ 2 ชนิด คือ อีดอก้านอ่อน เปลือกของผลจะบาง และอีดอก้านแข็ง เปลือกผลจะหนาผลขนาดค่อนข้างใหญ่ ทรงผลกลมแป้น เปี้ยวยกบ่าข้างเดียว ผิวสีน้ำตาล มีกระหรือตาห่าง สีน้ำตาลเข้ม เนื้อค่อนข้างเหนียว สีขาวขุ่น เมล็ดขนาดใหญ่ปานกลาง รูปร่างแบนเล็กน้อย

2. ลำไยพันธุ์สีชมพู ลำไยพันธุ์สีชมพูมีคุณภาพการบริโภคดีมาก รสหวานจัดที่สุด เนื้อสีชมพูหนา กรอบ มีกลิ่นหอม ช่อยาว ปีที่มีสภาพแวดล้อมเหมาะสมจะให้ผลผลิตสูงมาก มีข้อเสียคือต้นไม่ค่อยแข็งแรง ต้องการดินอุดมสมบูรณ์ และการดูแลรักษาดี มีน้ำสม่ำเสมอและความชื้นในอากาศสูง พันธุ์นี้เป็นที่นิยมมากทั้งในประเทศและต่างประเทศ

3. ผลลำไยพันธุ์เบ๊ยว (อเบ๊ยว) ผลลำไยพันธุ์เบ๊ยวเขียวเป็นพันธุ์ที่รู้จักกันแพร่หลาย แบ่งเป็น 2 ชนิดคือเบ๊ยวเขียวก้านแข็ง มีเมล็ดและผลโต เนื้อกรอบ เปลือกหนา คล้ายกับพันธุ์เหั่ว ผลไม่ดก ออกผลไม่สม่ำเสมอ ก้านช่อสั้น จึงไม่ค่อยนิยมนัก อีกชนิดคือเบ๊ยวเขียวก้านอ่อน มีคุณภาพในการบริโภคดี กรอบมาก รสหวานจัด ผลโตสม่ำเสมอ เปลือกหนา เก็บไว้ได้นาน ช่อยาวให้ผลดกมาก ออกผลต่ำกว่าพันธุ์อื่นทำให้มีราคาดี ก้านช่อยาว บรรจุนาชนะได้สะดวก

ทั้งนี้พันธุ์เบ๊ยวเขียวมักถูกปลอมขายโดยใช้พันธุ์เหั่วทั้งกิ่งตอนและผลแต่สามารถสังเกตความแตกต่างได้จาก ช่อผลของพันธุ์เบ๊ยวเขียวก้านอ่อนมีช่อผลยาวและมีความโน้ม แต่พันธุ์เหั่วมีช่อผลสั้น แข็งทื่อและผลไม่สม่ำเสมอ ผลของพันธุ์เบ๊ยวเขียวก้านอ่อนจะมีผลเบ๊ยวเห็นได้ชัดเปลือกสีน้ำตาลอมเขียว แต่พันธุ์เหั่วมีเปลือกสีน้ำตาลคล้ำปนดำ และใบของพันธุ์เบ๊ยวเขียวก้านอ่อน มีใบบางสีเขียวคล้ำเป็นมันและพลีเล็กน้อยแต่พันธุ์เหั่ว แผ่นใบค่อนข้างเรียบ ขาวทื่อ หนา

4. ผลลำไยพันธุ์เหั่ว ผลลำไยพันธุ์เหั่วเป็นพันธุ์ที่มีคุณภาพการบริโภคดีมาก เนื้อแห้ง สีขาว ชุ่มและกรอบที่สุด เปลือกหนา ทนทานต่อการขนส่งและเก็บไว้ได้นาน แต่มีข้อเสียคือออกผลไม่สม่ำเสมอทุกปี มีช่วงการเก็บผลสั้น ก้านแข็งทำให้บรรจุนาชนะยาก ผลเบ๊ยวเล็กน้อยจึงปลอมขายเป็นพันธุ์เบ๊ยวเขียว ซึ่งราคาดีกว่าแต่ก็เป็นพันธุ์เหั่วที่โรงงานต้องการมากเพราะกรอบทน

ตารางที่ 1 ปริมาณ (ตัน) และมูลค่า (พันบาท) การส่งออกผลไม้สด แยกรายประเทศระหว่างปี 2550-2552

ประเทศ	ปี 2550		ปี 2551		ปี 2552	
	ปริมาณ	มูลค่า	ปริมาณ	มูลค่า	ปริมาณ	มูลค่า
ฮ่องกง	40,577	518,235	57,448	669,133	65,358	901,665
อินโดนีเซีย	53,015	737,145	41,114	647,923	57,962	982,729
จีน	49,280	852,219	52,493	861,385	66,312	1,009,084
มาเลเซีย	2,701	32,169	1,372	18,415	4,753	54,482
สิงคโปร์	3,564	42,877	2,523	57,577	2,091	34,876
แคนาดา	2,170	48,355	1,943	62,317	1,553	42,273
เนเธอร์แลนด์	487	26,362	663	35,404	448	23,547
สหรัฐอเมริกา	230	8,824	1,726	99,331	1,479	129,671
เวียดนาม	1,706	26,657	2,116	16,790	11,368	142,851
ฟิลิปปินส์	2,826	34,077	2,856	44,062	3,107	54,834
ฝรั่งเศส	596	12,586	749	18,952	528	13,805
ลาว	981	9,034	2,050	22,436	3,429	31,955
อินเดีย	437	7,532	262	7,534	138	4,638
ออสเตรเลีย	243	12,243	227	19,084	186	12,069
อื่นๆ	1,326	62,449	745	32,919	1,130	55,941
รวม	160,137	2,430,763	168,286	2,613,261	219,841	3,494,420

ที่มา: กรมศุลกากร (2552)

การเกิดโรคหลังการเก็บเกี่ยวของผลไม้สด

ผลไม้สดหลังเก็บเกี่ยวมาแล้วมักมีการสูญเสียเกิดขึ้น คือมีการเกิดโรคผลเน่าที่เปลือกอย่างรวดเร็วภายในเวลา 1-2 วัน หลังจากเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง และรุนแรงมากขึ้นหลังจากการเก็บรักษา 5-6 วัน เนื่องจากผลไม้มีชั้นคิวติเคิลบางและมีเลนติเซลขนาดใหญ่ทำให้ผลไม้มีการสูญเสียน้ำและถูกจุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุของโรคเข้าทำลายได้ง่าย (Paull and Chen, 1987) โดยเฉพาะโรคที่เกิดจากเชื้อ

รา เช่น *Lasiodiplodia* sp., *Geotrichum candidum* และ *Penicillium* เป็นต้น (दनัยและพิชิต, 2546; กาญจนานและคณะ, 2549; Jiang *et al.*, 2002)

การเกิดสีน้ำตาลของผลลำไยสด

นอกจากโรคแล้วปัญหาหลังการเก็บเกี่ยวของผลลำไยอีกอย่างคือ การเกิดสีน้ำตาลบริเวณเปลือกผลเนื่องจากในส่วนของเซลล์ชั้นพารენไคมาพบว่ามีช่องว่างระหว่างเซลล์ค่อนข้างใหญ่และมีเป็นจำนวนมาก จึงทำให้เกิดการแลกเปลี่ยนแก๊สออกซิเจน (O_2) ได้ง่าย ส่งผลให้เอนไซม์ polyphenol oxidase (PPO) ทำงานได้ดีขึ้น แล้วเกิดสีน้ำตาลที่เปลือกผลในลักษณะที่เกิดจากเอนไซม์ (enzymatic browning) (Paull and Chen, 1987)

เทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวที่จำเป็นและมีความสำคัญอย่างหนึ่งสำหรับการควบคุมโรคของผลลำไยสด คือ การรมด้วยซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ทั้งนี้เนื่องจากซัลเฟอร์ไดออกไซด์เป็นแก๊สที่มีฤทธิ์เป็นกรดจึงสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุของโรคได้ นอกจากนี้ยังมีคุณสมบัติในการฟอกสีและยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในผลิตภัณฑ์ที่เก็บเกี่ยวมาแล้วทั้งที่เป็นปฏิกิริยาที่มีและไม่มีเอนไซม์มาเกี่ยวข้อง (จริงแท้, 2550) ซึ่งการรมลำไยสดด้วยแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ในอัตราที่เหมาะสมสามารถควบคุมการเจริญเติบโตของเชื้อราระหว่างการขนส่งและยืดอายุการเก็บรักษาได้นาน 4 ถึง 6 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิ 0 ถึง 2 องศาเซลเซียส หรือ 5 ถึง 10 วัน ที่อุณหภูมิ 22 องศาเซลเซียส และที่สำคัญสามารถวางจำหน่าย 2 ถึง 3 วัน ที่อุณหภูมิ 25 ถึง 30 องศาเซลเซียส (สดศรี, 2542) ทำให้วิธีปฏิบัติดังกล่าว ได้รับความนิยมน้อยอย่างแพร่หลายจากผู้ประกอบการส่งออกลำไยไทย เนื่องจากสามารถลดต้นทุนการผลิตทั้งทางตรงและทางอ้อม โดยทางตรงจะช่วยลดการสูญเสียลงเมื่อถึงตลาดปลายทาง และทางอ้อมจะลดค่าใช้จ่ายในการขนส่ง คือสามารถขนส่งทางเรือได้ ในขณะที่การใช้ซัลเฟอร์ไดออกไซด์จะถูกห้ามในหลายประเทศเนื่องจากมีสารตกค้างในเปลือกและเนื้อของผลิตภัณฑ์ซึ่งอาจทำให้เกิดอันตรายต่อผู้บริโภค จึงได้มีการนำสารเคมีอื่นๆ มาใช้เพื่อทดแทนซัลเฟอร์ไดออกไซด์ อย่างเช่น ไดแก๊ว โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ โพรพิลพาราเบน แคลเซียมคลอไรด์ เฮกซิลธีโอรซินอล เอ็นอะเซทิลแอลกอฮอล์ กรดซิตริก กรดแอสคอร์บิกและไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์ เป็นต้น (दनัยและพิชิต, 2546; กาญจนานและคณะ, 2549) แต่ก็ยังไม่สามารถนำมาใช้ทดแทนซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ใช้ในกระบวนการรมในระดับอุตสาหกรรมได้ ดังนั้นการนำซัลเฟอร์ไดออกไซด์มาใช้ในกระบวนการรมกับผลลำไยสดต้องได้มาตรฐานเพื่อควบคุมสารตกค้างในอยู่ปริมาณที่กำหนด จึงต้องมีการศึกษารายละเอียดและข้อควรพิจารณา ดังนี้

ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับซัลเฟอร์ไดออกไซด์

ผู้ปฏิบัติงานควรมีความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับซัลเฟอร์ไดออกไซด์ เนื่องจากซัลเฟอร์ไดออกไซด์เป็นสารที่มีอันตราย ผู้ประกอบการเกี่ยวกับการใช้ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ต้องมีความรู้และความเข้าใจเกี่ยวกับ ซัลเฟอร์ไดออกไซด์เป็นอย่างดี โดยเฉพาะคุณสมบัติและความเข้มข้นของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ก่อให้เกิดอันตรายต่อมนุษย์ เช่นซัลเฟอร์ไดออกไซด์เป็นแก๊สที่มีฤทธิ์เป็นกรด สามารถกัดกร่อนและเป็นพิษต่อระบบทางเดินหายใจของมนุษย์ได้ โดยถ้ามนุษย์ได้รับซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่มีความเข้มข้น 200-500 ไมโครลิตรต่อลิตร เกินกว่า 1 นาที จะทำให้ตา เยื่อบุจมูก คอหอยและปอดเป็นอันตรายได้ และถ้าได้รับซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ที่มีความเข้มข้น 1,000-2,000 ไมโครลิตรต่อลิตร จะทำให้ได้รับอันตรายถึงชีวิต (ตารางที่ 2) ซึ่งความเข้มข้นของซัลเฟอร์ไดออกไซด์สูงสุดที่มนุษย์ทนได้หลายชั่วโมงโดยไม่ก่อให้เกิดการระคายเคืองคือ 10 ไมโครลิตรต่อลิตร

ตารางที่ 2 ระดับความเข้มข้นของสารประกอบซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่สามารถก่อให้เกิดอาการผิดปกติแก่ผู้บริโภค

ความเข้มข้น (ไมโครลิตรต่อลิตร)	ลักษณะอาการที่เกิดขึ้น
0.2	ผู้บริโภคอาจได้กลิ่นซัลเฟอร์
150.0	ประสาทรับกลิ่นเป็นอัมพาต
250.0	เลือดออกในปอด
500.0	เกิดอาการผิดปกติกับระบบหายใจภายใน 0.5-1 ชั่วโมง
1,000.0	เกิดอาการอัมพาตแบบเฉียบพลัน
5,000.0	ตายอย่างเฉียบพลัน

ที่มา: ศิวาพร (2546)

ทำเลที่ตั้ง

ทำเลที่ตั้งสถานที่ประกอบการควรอยู่ห่างไกลจากชุมชน เนื่องจากซัลเฟอร์ไดออกไซด์ เป็นแก๊สที่มีอันตรายและมีกลิ่นฉุน อาจมีผลกระทบต่อคนและสภาพแวดล้อมในชุมชนได้ นอกจากนี้ควรอยู่ห่างไกลจากไร่นาหรือสวนผักผลไม้และดอกไม้ เพราะซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ถูกกำจัดหรือที่เล็ดลอดออกมาทำให้เกิดความเสียหายแก่ต้นพืชได้ โดยลักษณะอาการที่พบ คือใบไหม้และมีลักษณะหงิกงอผิดปกติไป (สถาบันอาหาร, 2541)

พันธุ์ของลำไย

พันธุ์ของลำไย การใช้ซัลเฟอร์ไดออกไซด์กับผลลำไยจะได้ผลดีเฉพาะบางพันธุ์เท่านั้น ได้แก่ พันธุ์ดอและพันธุ์เบี้ยวเขียวเนื่องจากผลลำไยทั้งสองพันธุ์นี้มีเนื้อผลค่อนข้างแห้งไม่ฉ่ำจนเกินไป ซัลเฟอร์ไดออกไซด์จึงเข้าไปทำปฏิกิริยากับน้ำภายในผลลำไยได้น้อยลง ทำให้ไม่มีกลิ่นหรือสีที่ผิดปกติเกิดขึ้นบริเวณเนื้อของผลลำไย (จักรพงษ์, 2542)

คุณภาพของลำไย

คุณภาพของผลลำไยที่จะนำมารมด้วยซัลเฟอร์ไดออกไซด์ต้องมีระดับความแก่ที่เหมาะสม ผลที่แก่มากเกินไปจะนิ่ม เนื่องจากมีช่องว่างระหว่างเมล็ด เนื้อและเปลือกมากขึ้น ส่งผลให้ซัลเฟอร์ไดออกไซด์แทรกซึมเข้าไปในเนื้อผลลำไยมากขึ้น ขณะที่ผลจะมีปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ตกค้างในผลลำไยมากเกินไป นอกจากนี้ผลลำไยต้องไม่เปียกน้ำหรือมีหยดน้ำเกาะอยู่ที่ผิวเปลือกเพราะซัลเฟอร์ไดออกไซด์จะไปทำปฏิกิริยากับน้ำ ทำให้มีกลิ่นหรือสีที่ผิดปกติเกิดขึ้นบริเวณเปลือกของผลลำไย (จักรพงษ์, 2542)

ปริมาณหรือความเข้มข้นของซัลเฟอร์ไดออกไซด์

ปริมาณหรือความเข้มข้นของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ใช้หลักในการพิจารณา คือ ต้องใช้ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในอัตราที่น้อยที่สุดหรือเพียงพอที่จะควบคุมการเจริญเติบโตของเชื้อราและป้องกันการเกิดสีน้ำตาลที่เปลือกผลได้ โดยไม่ทำความเสียหายให้แก่เปลือกและเกิดกลิ่นในเนื้อของผลลำไย ซึ่งลักษณะความเสียหายของผลลำไยที่ได้รับซัลเฟอร์ไดออกไซด์มากเกินไปคือ เปลือกด้านในเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลอ่อน เนื้อผลเปลี่ยนเป็นสีขาวขุ่นหรือมีสีชมพูเกิดขึ้นบริเวณหัวผล

นอกจากนี้หากใช้ระดับความเข้มข้นสูงก็อาจส่งผลต่อปริมาณสารตกค้างในผลลำไย ซึ่งส่งผลกระทบโดยตรงต่อผู้บริโภคได้ โดยการกำหนดปริมาณสารตกค้างที่อนุญาตให้มีได้แตกต่างกันไปในแต่ละประเทศ (ตารางที่ 3) สำหรับผลลำไยสดในประเทศไทย มาตรฐานสินค้าเกษตรแห่งชาติ (2546) ให้อนุญาตให้ลำไยที่ผ่านการรมด้วยซัลเฟอร์ไดออกไซด์ มีซัลเฟอร์ไดออกไซด์ตกค้างในเนื้อลำไยได้ไม่เกิน 10 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม นอกจากนี้ Codex Alimentarius Commission (2009) ยังได้กำหนดปริมาณสารตกค้างสูงสุดที่ยอมให้มีได้ในผลไม้ที่ใช้สารประกอบซัลไฟต์ภายหลังการเก็บเกี่ยวไม้ให้มีเกิน 50 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

ตารางที่ 3 ปริมาณสูงสุดของซัลไฟต์ตกค้างในผลไม้สดบางชนิดที่ประเทศต่างๆ อนุญาตให้มีได้

ประเทศ	ปริมาณสูงสุดของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ตกค้างที่ยอมให้ตรวจพบ (ppm)
ฮ่องกง	350*
สิงคโปร์	0 (ในเนื้อผลไม้สด)
มาเลเซีย	0 (ในเนื้อผลไม้สด)
แคนาดา	0 (ในเนื้อผลไม้สด)
เนเธอร์แลนด์	100* (จากต้นทางไม่เกิน 300 ppm)
สหราชอาณาจักร	0 (อนุญาตให้ตรวจพบในองุ่นได้ไม่เกิน 15 ppm)
ฝรั่งเศส	30 (ในลิ้นจี่สด)
สหรัฐอเมริกา	10 (ในองุ่นสด)
จีน	30 (ในเนื้อผลสด)

หมายเหตุ * เป็นข้อกำหนดที่พบได้ในเปลือกผลไม้ สำหรับเนื้อผลต้องเป็น 0

ที่มา: จักรพงษ์ (2542)

รูปแบบของซัลเฟอร์ไดออกไซด์

รูปแบบของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่นิยมใช้กับผลลำไยสดทางการค้านี้มี 2 ลักษณะ คือ การเผาผงกำมะถัน (S) การใช้ซัลเฟอร์ไดออกไซด์รูปแบบนี้เป็นวิธีที่ง่ายและถูกที่สุด อัตราการเผาไหม้ของผงกำมะถันขึ้นอยู่กับความร้อนที่ใช้ในการเผา ความบริสุทธิ์ของผงกำมะถันที่ใช้เผาและกhumunเวียนของอากาศ โดยผงกำมะถันจะหลอมละลายและติดไฟที่อุณหภูมิประมาณ 250 องศาเซลเซียส แต่การเผา

ผงกำมะถันมีข้อจำกัดคือ เมื่อเผาผงกำมะถันในปริมาณที่มากกว่า 1 กิโลกรัมภายในระยะเวลาที่จำกัด มักจะเผาไหม้ไม่หมด ดังนั้นการเผาผงกำมะถันเพื่อใช้เป็นแหล่งของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ส่วนใหญ่แล้ว จึงเป็นการใช้ผงกำมะถันในปริมาณน้อยๆ ซึ่งทำให้สามารถเผาไหม้ได้ง่ายและมีการเติมผงโซเดียมไนเตรด (sodium nitrate, NaNO_3) ลงไปประมาณ 1-2 เปอร์เซ็นต์ เพื่อเร่งปฏิกิริยาเผาไหม้ ส่วนอีกรูปแบบหนึ่งได้แก่ การใช้ซัลเฟอร์ไดออกไซด์จากถังอัดความดันซึ่งสามารถทำได้สะดวกรวดเร็วและค่อนข้างแม่นยำ เนื่องจากการใช้ซัลเฟอร์ไดออกไซด์บริสุทธิ์ที่ออกจากถังโดยตรงและสามารถควบคุมการไหลได้ แต่การใช้ซัลเฟอร์ไดออกไซด์รูปแบบนี้อาจมีข้อจำกัดกับห้องที่มีขนาดใหญ่ซึ่งต้องใช้ถังอัดความดันหลายถังต่อเข้าด้วยกัน เนื่องจากอัตราการเปลี่ยนสถานะในรูปของเหลวไปสู่สถานะที่เป็นไอของแต่ละถังอยู่ในระดับที่จำกัด จากรูปแบบของการใช้ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ทั้งสองลักษณะเมื่อเปรียบเทียบกันแล้ว (ตารางที่ 4) สามารถกล่าวได้ว่าการใช้ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ จากถังอัดความดันสามารถปฏิบัติได้รวดเร็วและแม่นยำ ตลอดจนมีความสม่ำเสมอในการมามากกว่าการใช้ซัลเฟอร์ไดออกไซด์จากการเผาผงกำมะถันซึ่งสิ้นเปลืองเวลาในการเผาและมีโอกาสผิดพลาดมากถ้าเผาไหม้ไม่หมด แต่การใช้ซัลเฟอร์ไดออกไซด์จากถังอัดความดันนี้มีต้นทุนสูงกว่าในเรื่องของราคา โดยสูงกว่าวิธีการเผาผงกำมะถัน นอกจากนี้ยังต้องมีต้นทุนเกี่ยวกับอุปกรณ์ต่างๆ เช่น อุปกรณ์ควบคุมแรงดันและอุปกรณ์ควบคุมการไหลเพิ่มขึ้น (จักรพงษ์, 2542)

อย่างไรก็ตามในประเทศสหรัฐอเมริกาได้มีการนำเอาแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์จากถังอัดความดันโดยตรงมาใช้ในการรมองุ่น และใช้ที่ความเข้มข้นหลังสิ้นสุดการรม 100 ไมโครลิตรต่อลิตร รมผลองุ่นในห้องรมที่มีระบบหมุนเวียนอากาศแบบบังคับ (forced-air) ซึ่งมีอัตราการไหลของอากาศ 0.5-1.0 ลูกบาศก์ฟุตต่อนาทีต่อผลผลิต 1 ปอนด์ เข้ามาช่วยในกระบวนการรมเป็นเวลา 1 ชั่วโมง สามารถลดการเน่าเสียของผลองุ่นจากเชื้อรา *Botrytis cinerea* ได้ โดยมีปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ตกค้างไม่เกิน 10 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (Luvisi *et al.*, 1992 and Yohanan *et al.*, 2008)

ตารางที่ 4 เปรียบเทียบการใช้แก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์จากการเผาฟางกำมะถันและจากถังอัดความดันโดยตรง

การเผาฟางกำมะถัน	ถังอัดความดัน
มีความร้อนเกิดขึ้น	ไม่มี
มีเขม่าสีเหลือง	ไม่มี
ใช้เวลานาน	ใช้นานน้อยกว่า
ความแม่นยำต่ำ	ความแม่นยำสูง
ค่าใช้จ่ายต่ำ	ค่าใช้จ่ายสูง

หมายเหตุ ค่าใช้จ่ายในการเผาฟางกำมะถันประมาณ 20 สตางค์ต่อตะกร้าที่บรรจุผลลำไย 11 กิโลกรัม ส่วนการใช้จากถังอัดความดันประมาณ 100 สตางค์

ที่มา: จักรพงษ์ (2542)

ขั้นตอนและกระบวนการปฏิบัติในการรมซัลเฟอร์ไดออกไซด์กับผลลำไยให้มีประสิทธิภาพ (จักรพงษ์, 2542) ดังนี้คือ

ขั้นตอนที่ 1 การนำผลลำไยเข้าสู่ห้องรม และจัดเรียงชั้นวางหรือตะกร้าผลลำไยให้มีการหมุนเวียนของแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์เป็นไปอย่างทั่วถึงทั้งห้องรม โดยต้องจัดเรียงไม่ให้ชิดผนังห้อง เพราะจะทำให้เกิดมุมอับ นอกจากนี้ยังต้องสอดคล้องกับตำแหน่งของพัดลมและท่อดูดแก๊ส เพื่อให้การหมุนเวียนแก๊สเป็นไปอย่างทั่วถึงและมีความเข้มข้นของแก๊สเท่ากัน ซึ่งจะทำให้ผลลำไยที่ผ่านการรมซัลเฟอร์ไดออกไซด์แล้วมีคุณภาพรวมทั้งปริมาณการตกค้างของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่สม่ำเสมอ

ขั้นตอนที่ 2 การคำนวณฟางกำมะถัน ชิงชิง (2535) ได้แนะนำ วิธีการคำนวณปริมาณฟางกำมะถันที่จะต้องใส่เผ่าว่า ขึ้นอยู่กับปริมาณสารซัลเฟอร์ไดออกไซด์ตกค้างสูงสุดที่ต้องการ (maximum residue level, MRL) และความเข้มข้นสุดท้ายของแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในห้องรม ซึ่งค้างไว้เมื่อสิ้นสุดการรมวันประมาณ 1.2-1.5 เปอร์เซ็นต์ (12,000-15,000 ไมโครลิตรต่อลิตร)

ขั้นตอนที่ 3 การเผาผงกำมะถัน อัตราการเผาไหม้ของผงกำมะถันขึ้นอยู่กับความบริสุทธิ์ของผงกำมะถันและความร้อนที่ใช้ในการเผา ซึ่งต้องใช้อุณหภูมิประมาณ 250 องศาเซลเซียส และอาจมีการเติมผงโซเดียมไนเตรทลงไปประมาณ 2 เปอร์เซ็นต์ หรือจัดให้มีอากาศหมุนเวียนประมาณ 0.5-1.0 เมตรต่อวินาที เพื่อช่วยหรือเร่งปฏิกิริยาเผาไหม้ของผงกำมะถัน การสังเกตว่าผงกำมะถันมีการเผาไหม้หมดหรือไม่ ให้สังเกตจากการมีเปลวไฟซึ่งจะกลายเป็นสีน้ำเงินเกิดขึ้นในภาชนะที่ใช้เผา

ขั้นตอนที่ 4 การรมซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ระยะเวลาการรมซัลเฟอร์ไดออกไซด์จะใช้เวลาประมาณ 40-60 นาทีหลังจากการเผา หรือสังเกตจากควันในห้องเริ่มเจือจางจนสามารถมองเห็นสิ่งต่างๆ ภายในห้องได้ชัดเจน จึงถือว่าสิ้นสุดการรมควัน

ขั้นตอนที่ 5 การกำจัดแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่เหลืออกจากห้องรม ซึ่งต้องมีหอกำจัดแก๊ส (SO₂ scrubber) ที่นิยมใช้คือ ระบบกำจัดแบบเปียก (wet scrubber) เนื่องจากแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์มีคุณสมบัติละลายน้ำได้ดี โดยน้ำ 1 หน่วยปริมาตร สามารถละลายแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ได้ 45 หน่วยปริมาตร ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส และเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการกำจัดแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ให้สูงขึ้น ควรมีการเติมปูนขาวลงไปใ้ในน้ำประมาณ 5-15 เปอร์เซ็นต์ เมื่อปูนขาวละลายกลายเป็นน้ำปูนใส [Ca(OH)₂] จะไปทำปฏิกิริยากับแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ได้เป็นยิปซัม (CaSO₄·2H₂O)

ขั้นตอนที่ 6 การเป่าลมเพื่อระบายแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ตกค้างจากห้องรม (aeration) เป็นการปฏิบัติก่อนการขนย้ายชั้นวางหรือตะกร้าผลลำไยออกจากห้องรม โดยใช้พัดลมขนาดใหญ่เป่าเข้าไปในห้องเพื่อระบายแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ตกค้างนี้เป็นส่วนเกินที่จำเป็นต้องระบายออก เพื่อป้องกันป้องกันปัญหาการดูดแก๊สต่อเนื่อง (carry over effect) ทำให้เกิดการแทรกซึมของซัลเฟอร์ไดออกไซด์จากเปลือกผลเข้าไปสะสมในเนื้อผลลำไยมากเกินไปจนเกินกว่าที่ต้องการ (สัมพันธ์, 2535)

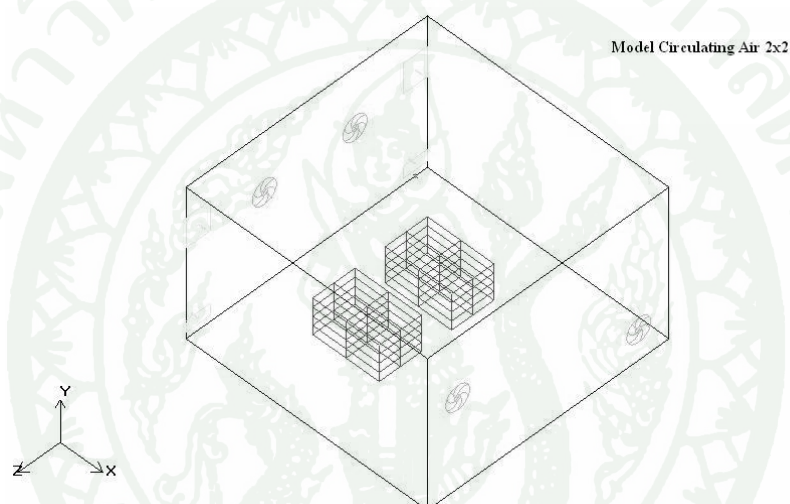
ข้อควรพิจารณาเหล่านี้ บางประเด็นยังขาดงานวิจัยเพื่อช่วยสนับสนุนข้อเท็จจริงหรือข้อมูลพื้นฐานเพื่อนำไปประยุกต์ใช้ในกระบวนการรมซัลเฟอร์ไดออกไซด์กับผลลำไยสดในประเทศไทย จึงจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องมีการศึกษารายละเอียดเพิ่มเติมต่อไป เช่น

ระบบหมุนเวียนอากาศในห้องรมซัลเฟอร์ไดออกไซด์

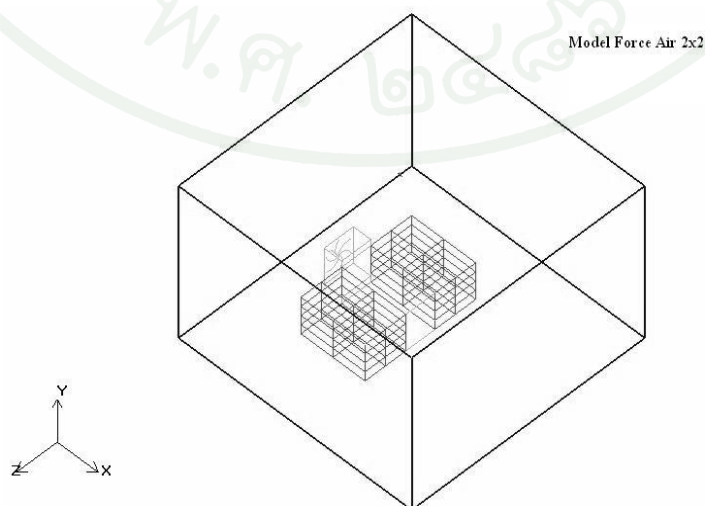
ระบบที่ 1 ระบบหมุนเวียนอากาศแบบปกติทั่วไปที่ผู้ประกอบการใช้อยู่ในเชิงการค้า ระบบนี้เป็นวิธีง่ายใช้เพียงแค่ห้องรมและพัดลม ผลผลิตจะถูกบรรจุในภาชนะบรรจุ นำไปวางไว้ในห้องรม เว้น

ช่องว่างไว้เพียงพอต่อการหมุนเวียนของอากาศ อัตราการเร็วของอากาศขึ้นอยู่กับขนาดของพัดลมและขนาดของห้อง (ภาพที่ 1)

ระบบที่ 2 ระบบหมุนเวียนอากาศแบบบังคับ (forced-air) ระบบนี้เป็นการบังคับอากาศให้ไหลผ่านและแทรกตัวเข้าไประหว่างภาชนะบรรจุด้วยอัตราเร็วของอากาศที่เพิ่มขึ้น ทำให้อากาศสัมผัสกับผลิตภัณฑ์ได้อย่างทั่วถึง โดยระบบนี้มีการจัดวางบรรจุภัณฑ์เป็นสองแถวทำให้เกิดช่องว่างตรงกลางเพื่อให้อากาศสามารถหมุนเวียนเข้าสู่พัดลมที่ติดตั้งไว้บริเวณส่วนปลายของช่องว่างได้ ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 1 ระบบหมุนเวียนอากาศแบบปกติทั่วไปที่ผู้ประกอบการใช้อยู่ในเชิงการค้า (จักรพงษ์และคณะ, 2550)



ภาพที่ 2 ระบบหมุนเวียนอากาศแบบบังคับ (จักรพงษ์และคณะ, 2550)

การหมุนเวียนอากาศในกระบวนการรมซัลเฟอร์ไดออกไซด์กับผลลำไยสดควรมีอัตราการไหลของอากาศอย่างสม่ำเสมอเพื่อให้แก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์สัมผัสกับผลลำไยอย่างทั่วถึง (พรเทพ และคณะ, 2553) ในปัจจุบันจักรพงษ์และคณะ (2550) ได้ริเริ่มนำเอาระบบหมุนเวียนอากาศแบบบังคับเข้ามาใช้ในกระบวนการรมซัลเฟอร์ไดออกไซด์กับผลลำไยช่วยให้มีอัตราเร็วของอากาศที่ไหลผ่านภายในตะกร้าบรรจุผลลำไยสูงและสม่ำเสมอมากกว่าการใช้ระบบหมุนเวียนอากาศแบบปกติซึ่งเป็นระบบหมุนเวียนอากาศที่ผู้ประกอบการใช้อยู่ทั่วไป ส่งผลให้แก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์สัมผัสกับผลลำไยได้มากขึ้น และมีแนวโน้มที่จะลดระดับความเข้มข้นของซัลเฟอร์ไดออกไซด์หลังสิ้นสุดการรมได้

การปรับปรุงรูปแบบการรมซัลเฟอร์ไดออกไซด์กับผลลำไยสดโดยนำเอาระบบหมุนเวียนอากาศแบบบังคับมาใช้ในกระบวนการรม สามารถลดระดับความเข้มข้นของซัลเฟอร์ไดออกไซด์หลังสิ้นสุดการรมได้ประมาณ 6 เท่า (จักรพงษ์ และคณะ, 2550) เมื่อเทียบกับระดับความเข้มข้นของซัลเฟอร์ไดออกไซด์หลังสิ้นสุดการรมที่ผู้ประกอบการทั่วไปใช้ตามคำแนะนำของ ชิงชิง (2535) และสถาบันอาหาร (2541) คือ 12,000-15,000 ไมโครลิตรต่อลิตร เช่นเดียวกับมัทนาและวัลลภา (2549) ที่กล่าวว่า การรมผลลำไยสดด้วยซัลเฟอร์ไดออกไซด์จากการเผาผงกำมะถันที่มีระดับความเข้มข้นของซัลเฟอร์ไดออกไซด์หลังสิ้นสุดการรม 2,000 ไมโครลิตรต่อลิตร ร่วมกับการใช้ระบบหมุนเวียนอากาศแบบ บังคับสามารถป้องกันการเกิดโรคและการเกิดสีน้ำตาลที่เปลือกผลลำไยได้เป็นเวลา 20 วัน หลังจากการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ 95 เปอร์เซ็นต์ โดยมีปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ตกค้างในเปลือกผลหลังการรมทันทีประมาณ 1,260 – 1,520 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมและไม่พบการตกค้างของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในส่วน of เนื้อผล ในขณะที่การรมผลลำไยสดด้วยซัลเฟอร์ไดออกไซด์จากผู้ประกอบการมีปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ตกค้างในเปลือกและเนื้อผลหลังการรมทันทีประมาณ 2,612 และ 23 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ (บุษราและคณะ, 2550)

การนำเอาระบบหมุนเวียนอากาศแบบบังคับมาใช้ในกระบวนการรมซัลเฟอร์ไดออกไซด์กับผลลำไยสดในปัจจุบันยังมีข้อจำกัดคือ ตะกร้าบรรจุผลลำไยที่ใช้ทางการค้าทั่วไป เมื่อวางซ้อนและวางชิดกันแล้วมีช่องว่างระหว่างตะกร้าเกิดขึ้น ทำให้อากาศที่อยู่รอบๆ ภาชนะบรรจุไหลผ่านช่องว่างนั้นมากกว่าที่จะเข้าไปสัมผัสกับผลลำไย อย่างไรก็ตามการส่งออกลำไยไปยังประเทศผู้นำเข้ารายย่อยอื่นๆ นอกเหนือจากประเทศจีนซึ่งเป็นผู้นำเข้าหลัก เช่น ออสเตรเลีย และนิวซีแลนด์ของผู้ประกอบการส่งออกผลไม้ พบว่า มีลักษณะที่แตกต่างกันออกไป โดยผลลำไยที่ส่งออกไปยังประเทศออสเตรเลียหรือนิวซีแลนด์ ไม่ได้เป็นลำไยช่องที่บรรจุลงในตะกร้าแล้วรมซัลเฟอร์ไดออกไซด์ทั้งตะกร้าเหมือนกับการส่งออกไปยังประเทศจีน ส่วนใหญ่แล้วเป็นลำไยผลเดี่ยวและบรรจุลงในกล่องกระดาษลูกฟูก ซึ่งน่าจะเหมาะสมอย่างมากสำหรับการใช้ระบบหมุนเวียนอากาศแบบบังคับ ทำให้ลดข้อจำกัดในส่วน of ตะกร้าได้ (จักรพงษ์และคณะ, 2550)

อุปกรณ์และวิธีการ

การศึกษาแบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ 1) รูปทรงของตะกร้าและอัตราเร็วของอากาศที่มีต่อคุณภาพของผลลำไยสดที่ผ่านการรมซัลเฟอร์ไดออกไซด์ด้วยวิธีหมุนเวียนอากาศแบบบังคับในแนวตั้ง , 2) รูปแบบการใช้และระดับความเข้มข้นของซัลเฟอร์ไดออกไซด์หลังสิ้นสุดการรมที่มีต่อคุณภาพของผลลำไยสด และ 3) คุณภาพของผลลำไยสดที่ผ่านการรมด้วยวิธี หมุนเวียนอากาศแบบบังคับในแนวตั้งเปรียบเทียบกับของผู้ประกอบการทั่วไป (ทางการค้า)

แผนการทดลอง

การทดลองที่ 1 อัตราเร็วของอากาศและชนิดของตะกร้าที่มีต่อคุณภาพของผลลำไยสดที่ผ่านการรมซัลเฟอร์ไดออกไซด์ด้วยวิธีหมุนเวียนอากาศแบบบังคับในแนวตั้ง

วางแผนการทดลองแบบ completely randomized design (CRD) จัดสิ่งทดลองแบบ 2 x 3 factorial ประกอบด้วย 2 ปัจจัย

ปัจจัยที่ 1 คือ ภาชนะบรรจุผลลำไย มี 2 ลักษณะ (ภาพผนวกที่ ง1) ได้แก่

- ตะกร้าทรงสี่เหลี่ยมคางหมู (บรรจุภัณฑ์ทางการค้าทั่วไป)
- ตะกร้าทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า

ปัจจัยที่ 2 คือ อัตราเร็วของอากาศมี 3 ระดับ ได้แก่

- อัตราเร็วของอากาศ 0.6 ลูกบาศก์เมตร/วินาที
- อัตราเร็วของอากาศ 0.8 ลูกบาศก์เมตร/วินาที
- อัตราเร็วของอากาศ 1.0 ลูกบาศก์เมตร/วินาที

หมายเหตุ เป็นการทดลองต่อเนื่องจากโครงการรมซัลเฟอร์ไดออกไซด์กับผลลำไยสดด้วยวิธี

หมุนเวียนอากาศแบบบังคับในระดับอุตสาหกรรมของจักรพงษ์และคณะ (2550) ซึ่งได้พิสูจน์แล้วว่าผลลำไยที่ผ่านการรมด้วยวิธีนี้มีคุณภาพดีกว่าผลลำไยที่ไม่ผ่านการรม (ชุดควบคุม)

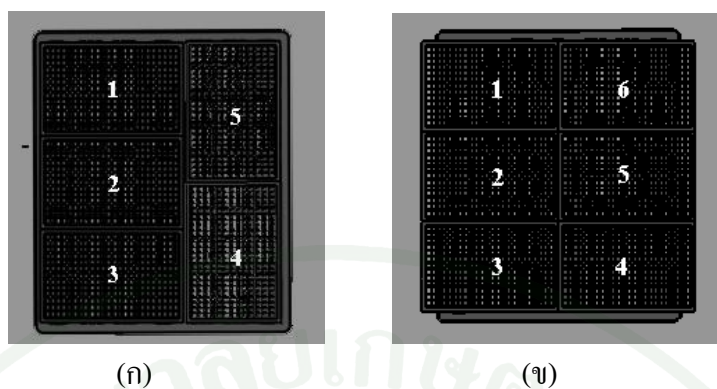
การดำเนินงาน

1. นำผลลำไยสดพันธุ์อีดอ (มีอายุการเก็บเกี่ยวประมาณ 150 วันหลังจากดอกบาน) จาก จังหวัดเชียงใหม่และลำพูน ในช่วงเดือนมิถุนายน-กันยายน 2551 จำนวน 500-600 กิโลกรัมต่อซ้ำ ใช้ เฉพาะผลลำไยเกรด AAA ซึ่งเป็นผลลำไยที่ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของผลประมาณ 2.5 เซนติเมตร มา จัดเรียงในตะกร้าๆ ละ 11 กิโลกรัม มายังอาคารคัดบรรจุผลิตผลเกษตร ภาควิชาเทคโนโลยีหลังการเก็บ เกียว คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่

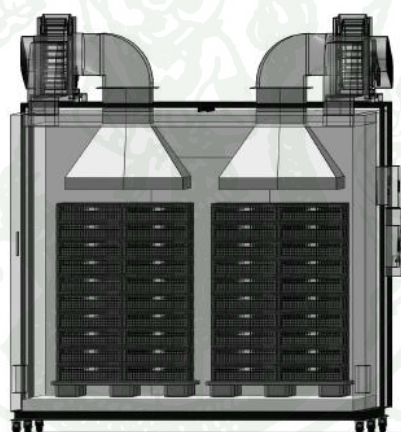
2. ภายในห้องรมแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ จัดเรียงตะกร้าดังนี้ ตะกร้าทรงสี่เหลี่ยมคางหมูวางบน แท่นวางสินค้าตามแบบที่ 1 [ภาพที่ 3 (ก)] ชั้นละ 6 ตะกร้า จำนวน 10 ชั้นรวมเป็น 60 ตะกร้าและตะกร้า ทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้าวางบนแท่นวางสินค้าตามแบบที่ 2 [ภาพที่ 3 (ข)] ชั้นละ 5 ตะกร้า จำนวน 10 ชั้นรวม เป็น 50 ตะกร้า จากนั้นวางแท่นวางสินค้าในตำแหน่งดังภาพที่ 4 นำผ้าใบมาปิดบริเวณด้านข้างของ ตะกร้าทั้งหมด แล้วปิดประตูตูรมให้สนิท ทำการระบบหมุนเวียนอากาศแบบบังคับในแนวตั้งจากล่าง ขึ้นบน ณ อัตราเร็วของอากาศตามแต่ละกรรมวิธี

3. ปลอ่ยแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์จากถังอัดความดันผ่านเข้าไปในห้องรม เป็นระยะเวลา 1 ชั่วโมง กำหนดความเข้มข้นหลังสิ้นสุดการรม 4,000 ไมโครลิตรต่อลิตร พร้อมทั้งทำการตรวจสอบ ความเข้มข้นของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ภายในตู้ทุกๆ 10 นาทีด้วย วิธี Modified Monier - William Method (AOAC, 1984) และใช้ชุดตรวจสอบสำเร็จรูป (Dragger tube : Matheson tri-gas Model 8014-400A, USA) เพื่อให้มีความเข้มข้นของซัลเฟอร์ไดออกไซด์หลังจากสิ้นสุดการรมตามที่ต้องการ

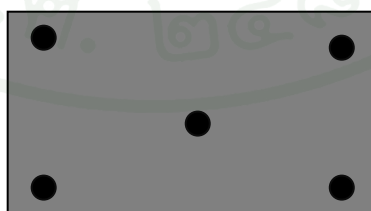
4. กำจัดแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ออกจากห้องรมฯ โดยใช้พัดลมดูดอากาศผ่านเข้าไปในหอ กำจัดแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์เป็นเวลา 30 นาที จากนั้นจึงนำตะกร้าบรรจุผลลำไยออกจากห้องรมฯ แล้วทำการเป่าลมเป็นเวลา 30 นาที เพื่อป้องกันผลลำไยการดูดแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ต่อเนื่อง (aeration)



ภาพที่ 3 รูปแบบการจัดเรียงที่ใช้สำหรับตะกร้าทรงสี่เหลี่ยมคางหมู (ก) และสำหรับตะกร้าทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า (ข)



ภาพที่ 4 การจัดเรียงตะกร้าบรรจุผลลำไยบนแท่นวางสินค้าในห้องรมแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์



ภาพที่ 5 ตำแหน่งการสุ่มตัวอย่างผลลำไยในตะกร้าทั้งสองชนิดเพื่อนำมาตรวจสอบปริมาณซัลไฟต์ตกค้างในเปลือกและเนื้อรวมทั้งคุณภาพในด้านต่างๆ

5. แต่ละกรรมวิธีมี 5 ซ้ำ โดยในแต่ละซ้ำทำการสุ่มตัวอย่างเก็บผลลำไยสลับชั้น (ชั้นที่ 2, 4, 6 และ 8) ชั้นละ 5 ตะกร้า ตะกร้าละ 5 จุด (ภาพที่ 3) จุดละ 5 ผล รวมเป็น 25 ผลต่อตะกร้า ทั้งหมด 20 ตะกร้าต่อซ้ำ เพื่อนำมาตรวจสอบปริมาณสารซัลไฟต์ตกค้างในเปลือกและเนื้อรวมทั้งคุณภาพในด้านต่างๆ ทั้งหลังจากการรมควันและหลังจากการเก็บผลลำไยที่อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส ทุก 5 วัน เป็นระยะเวลา 20 วัน ดังนี้

5.1 วิเคราะห์หาปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ตกค้างในเปลือกและเนื้อผลลำไยด้วยวิธี Modified Monier - William Method (AOAC, 1984)

5.1.1 ขั้นตอนการเตรียมสารเคมี

เตรียมอินดิเคเตอร์ โดยชั่ง methylene blue และ methyl red อย่างละ 0.05 และ 0.10 กรัมตามลำดับแล้วนำไปละลายใน ethanol 95 เปอร์เซ็นต์ ปรับปริมาตรจนได้ 100 มิลลิลิตร

เตรียมสารละลาย hydrogen peroxide (H_2O_2) ความเข้มข้น 3 เปอร์เซ็นต์ โดยตวง H_2O_2 ที่มีความเข้มข้น 30 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณ 100 มิลลิลิตร ใส่ลงในขวดปรับปริมาตร ขนาด 1,000 มิลลิลิตร แล้วหยดอินดิเคเตอร์ลงไปจนสารละลายกลายเป็นสีม่วง จากนั้นหยดสารละลาย sodium hydroxide ความเข้มข้น 0.1 N ลงไปจนสารละลายเปลี่ยนเป็นสีเขียวอ่อน

เตรียมสารละลาย sodium hydroxide (NaOH) ความเข้มข้น 0.1 และ 0.01 N โดยการชั่ง NaOH จำนวน 4.0 และ 0.4 กรัม มาละลายในน้ำกลั่นจนได้ปริมาตรครบ 1000 มิลลิลิตร ตามลำดับ

5.1.2 ขั้นตอนการวิเคราะห์ปริมาณซัลไฟต์ตกค้าง

เทตัวอย่างพร้อมน้ำกลั่นที่เตรียมใส่ภาชนะพลาสติกไว้ใส่ลงในขวดกั้นกลม ชนิดสองคอขนาด 500 มิลลิลิตร แล้วเติมน้ำกลั่นลงไปให้ได้ประมาณครึ่งหนึ่งของขวดกั้นกลม

ใส่กรด HCl เข้มข้น (36-38 เปอร์เซ็นต์) 20 มิลลิลิตร ลงขวดกั้นกลม แล้วประกอบเข้ากับ reduction adapter และ condenser

เท H_2O_2 ความเข้มข้น 3 เปอร์เซ็นต์ ลงในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร ประมาณ 100 มิลลิลิตร และใส่ลงใน boiling tube ประมาณ 10 มิลลิลิตร นำไปประกอบเข้ากับชุดเครื่องแก้วที่ใช้ในการสกัด (ภาพผนวกที่ 1)

สวมท่อ นำแก๊สเข้ากับขวดก้นกลม สองคอ เปิดน้ำให้ไหลเข้าที่คอนเดนเซอร์ และเปิดเตาให้ความร้อน

จับเวลาหลังจากตัวอย่างเดือดประมาณ 50-60 นาที หลังจากนั้นปิดเตาให้ความร้อน และถอดท่อนำก๊าซออก

นำสารละลาย H_2O_2 ที่อยู่ใน boiling tube มาเทรวมกับสารละลาย H_2O_2 ที่อยู่ในขวดรูปชมพู่ (สารละลายจะเปลี่ยนเป็นสีชมพูถ้ามีซัลไฟต์ตกค้างในตัวอย่าง)

นำสารละลาย H_2O_2 ไปไทเทรตกับ NaOH 0.01 N (สำหรับเนื้อผลลำไย) และ 0.10 N (สำหรับเปลือกผลลำไย) จากนั้นนำผลการไทเทรตที่ได้ไปคำนวณหาปริมาณ ซัลไฟต์ตกค้างตามสูตรดังนี้

$$\text{ปริมาณซัลไฟต์ตกค้าง (มิลลิกรัม/กิโลกรัม)} = \frac{N \text{ NaOH} \times \text{ml NaOH} \times 32 \times 1,000}{\text{น้ำหนักของตัวอย่างลำไย (กรัม)}}$$

โดย $N \text{ NaOH}$ คือ 0.01 N

ml NaOH คือ จำนวนมิลลิลิตรของ NaOH ที่ใช้ในการไทเทรต

32 คือ เลขมวลโมเลกุลของซัลเฟอร์

5.2 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ในน้ำคั้นผลลำไย

โดยใช้เครื่อง handrefractometer (Atago; N-1E 0-32 %) แล้วรายงานค่าเป็นองศาบริกซ์

5.3 การเกิดสีน้ำตาลบนผิวเปลือกผล โดยการให้คะแนนดังนี้

- 0 คะแนน ไม่มีการเกิดสีน้ำตาลบนผิวเปลือกผล
- 1 คะแนน มีการเกิดโรค 1 – 25 เปอร์เซ็นต์บนผิวเปลือกผล
- 2 คะแนน มีการเกิดโรค 26 – 50 เปอร์เซ็นต์บนผิวเปลือกผล
- 3 คะแนน มีการเกิดโรค 51 – 75 เปอร์เซ็นต์บนผิวเปลือกผล
- 4 คะแนน มีการเกิดโรค 76 – 100 เปอร์เซ็นต์บนผิวเปลือกผล

5.4 การเกิดโรคผลเน่าโดยการให้คะแนนตามความรุนแรงของโรคบนผิวเปลือกผลดังนี้

- 0 คะแนน ไม่มีการเกิดโรคผลเน่าบนผิวเปลือกผล
- 1 คะแนน มีการเกิดโรคผลเน่า 1 – 25 เปอร์เซ็นต์ของพื้นบนผิวเปลือกผล
- 2 คะแนน มีการเกิดโรคผลเน่า 26 – 50 เปอร์เซ็นต์ของพื้นบนผิวเปลือกผล
- 3 คะแนน มีการเกิดโรคผลเน่า 51 – 75 เปอร์เซ็นต์ของพื้นบนผิวเปลือกผล
- 4 คะแนน มีการเกิดโรคผลเน่า 76 – 100 เปอร์เซ็นต์ของพื้นบนผิวเปลือกผล

5.5 การเปลี่ยนแปลงสีเปลือก ผลละ 2 ตำแหน่ง โดยใช้เครื่องวัดสี (Konica minolta, model CR-10) แล้วรายงานผลเป็นค่า L^* , C^* และ h°

ค่า L^* หมายถึง ค่าความสว่าง โดยมีค่าตั้งแต่ 0 (สีดำ) จนถึง 100 (สีขาว)

ค่า C^* (chroma) หมายถึง ค่าความเข้มของสี ถ้ามีค่าเท่ากับ 0 แสดงว่าวัตถุมีสีเทา ถ้าค่าเพิ่มขึ้นแสดงว่ามีความเข้มของสีมาก

ค่า h° (hue angle) หมายถึง ค่าเจดสีมีหน่วยเป็นองศา โดย $0-45^\circ$ คือสีม่วง-สีส้มแดง, $45-90^\circ$ คือสีส้มแดง-สีเหลือง, $90-135^\circ$ คือสีเหลือง-สีเหลืองเขียว, $135-180^\circ$ คือสีเหลืองเขียว-สีเขียว, $180-225^\circ$ คือสีเขียว-สีน้ำเงินเขียว, $225-270^\circ$ คือสีน้ำเงินเขียว-สีน้ำเงิน, $270-315^\circ$ คือสีน้ำเงิน-สีม่วง และ $315-360^\circ$ คือสีม่วง-สีม่วงแดง

การทดลองที่ 2 รูปแบบการใช้และระดับความเข้มข้นของซัลเฟอร์ ไดออกไซด์หลังสิ้นสุดการรมที่มี ต่อ คุณภาพของผลลำไยสด

วางแผนการทดลองแบบ CRD จัดสิ่งทดลองแบบ 2 x 2 factorial ประกอบด้วย 2 ปัจจัย

ปัจจัยที่ 1 คือ รูปแบบการใช้แก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ มี 2 ลักษณะ ได้แก่

- การเผาพวงกำมะถัน (S)
- การใช้แก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ จากถังอัดความดันโดยตรง

ปัจจัยที่ 2 คือ ระดับความเข้มข้นของซัลเฟอร์ไดออกไซด์หลังสิ้นสุดกระบวนการรม มี 2 ระดับ ได้แก่

- 2,000 ไมโครลิตรต่อลิตร
- 4,000 ไมโครลิตรต่อลิตร

การดำเนินงาน

1. นำผลลำไยสดพันธุ์อู๊ดอ (มีอายุการเก็บเกี่ยวประมาณ 150 วันหลังจากดอกบาน) จาก จังหวัดเชียงใหม่และลำพูน ในช่วงเดือนมิถุนายน-กันยายน 2552 จำนวน 500-600 กิโลกรัมต่อซ้ำ ใช้ เฉพาะผลลำไยเกรด AAA ซึ่งเป็นผลลำไยที่ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของผลประมาณ 2.5 เซนติเมตร มา จัดเรียงในตะกร้าๆ ละ 11 กิโลกรัม มายังอาคารคัดบรรจุผลผลิตผลเกษตร ภาควิชาเทคโนโลยีหลังการเก็บ เกียว คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่

2. ภายในห้องรมแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ เลือกใช้ตะกร้าทรงสี่เหลี่ยมคางหมูบรรจุผลลำไยเพื่อ ใช้จัดเรียงบนแท่นวางสินค้าตามแบบที่ 1 [ภาพที่ 3 (ก)] ชั้นละ 5 ตะกร้า จำนวน 10 ชั้นรวมเป็น 50 ตะกร้า จากนั้นวางแท่นวางสินค้าในตำแหน่งดังภาพที่ 4 เพื่อให้อยู่ในรูปแบบของระบบหมุนเวียน อากาศแบบบังคับในแนวตั้งจากล่างขึ้นบน ซึ่งใช้อัตราเร็วของอากาศ 0.6 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที

3. ใช้แก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์จากถังอัดความดันหรือการเผาพวงกำมะถันขึ้นกับแต่ละกรรมวิธี ปลอ่ยผ่านเข้าในห้องรมเป็นระยะเวลา 1 ชั่วโมง กำหนดความเข้มข้นหลังสิ้นสุดการรม 2,000 หรือ 4,000 ไมโครลิตรต่อลิตรตามแต่ละกรรมวิธีเช่นกัน พร้อมทั้งทำการตรวจสอบความเข้มข้นของซัลเฟอร์

ไคออกไซด์ภายในตู้ทุกๆ 10 นาทีด้วย วิธี Modified Monier - William Method (AOAC, 1984) และใช้ชุดตรวจสอบสำเร็จรูป (Dragger tube: Matheson-tri-gas Model 8014-400A, USA) เพื่อให้มีความเข้มข้นของซัลเฟอร์ไดออกไซด์หลังจากสิ้นสุดการรมตามที่ต้องการ

4. กำจัดแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ออกจากห้องรมโดยใช้พัดลมดูดอากาศผ่านเข้าไปในหอกำจัดแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์เป็นเวลา 30 นาที จากนั้นจึงนำตะกร้าบรรจุผลลำไยออกจากห้องรม แล้วทำการเป่าลมเป็นเวลา 30 นาที เพื่อป้องกันผลลำไยการดูดแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ต่อเนื่อง (aeration)

5. แต่ละกรรมวิธีมี 4 ซ้ำ โดยในแต่ละซ้ำทำการสุ่มตัวอย่างเก็บผลลำไยสลับชั้น (ชั้นที่ 2, 4, 6 และ 8) ชั้นละ 5 ตะกร้า ตะกร้าละ 5 จุด (ภาพที่ 5) จุดละ 5 ผล รวมเป็น 25 ผลต่อตะกร้า ทั้งหมด 16 ตะกร้าต่อซ้ำ เพื่อนำมาตรวจสอบปริมาณสารซัลไฟต์ตกค้างในเปลือกและเนื้อรวมทั้งคุณภาพในด้านต่างๆ (ปฏิบัติเหมือนกับการทดลองที่ 1) ทั้งหลังจากการรมทันทีและหลังจากการเก็บผลลำไยที่อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส ทุก 5 วัน เป็นระยะเวลา 20 วัน

การทดลองที่ 3 คุณภาพของผลลำไยสดที่ผ่านการรมด้วยวิธี หมุนเวียนอากาศแบบบังคับในแนวตั้ง เปรียบเทียบกับของผู้ประกอบการทั่วไป (ทางการค้า)

วางแผนการทดลองแบบ CRD ประกอบด้วย 3 กรรมวิธี ได้แก่

- กรรมวิธีที่ 1 ชุดควบคุม (ผลลำไยที่ไม่ได้ผ่านการรมซัลเฟอร์ไดออกไซด์)
- กรรมวิธีที่ 2 ผลลำไยที่ผ่านการรมซัลเฟอร์ไดออกไซด์ด้วยวิธีหมุนเวียนอากาศแบบบังคับในแนวตั้ง (เลือกกรรมวิธีที่ดีที่สุดจากการทดลองที่ 2)
- กรรมวิธีที่ 3 ผลลำไยที่ผ่านการรมซัลเฟอร์ไดออกไซด์ผู้ประกอบการ

การดำเนินงาน

1. นำผลลำไยสดพันธุ์อีดอ (มีอายุการเก็บเกี่ยวประมาณ 150 วันหลังจากดอกบาน) จากจังหวัดเชียงใหม่และลำพูน ในช่วงเดือนมิถุนายน-กันยายน 2552 ใช้เฉพาะผลลำไยเกรด AAA ซึ่งเป็นผลลำไยที่ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของผลประมาณ 2.5 เซนติเมตรและจัดเรียงในตะกร้าทรงสี่เหลี่ยมคางหมู จำนวน 11 กิโลกรัมต่อตะกร้า เพื่อใช้ในกรรมวิธีที่ 1 จำนวน 80-90 กิโลกรัมจำนวน (8 ตะกร้า) และ ใช้ในกรรมวิธีที่ 2 จำนวน 500-600 กิโลกรัมต่อซ้ำ

2. กรรมวิธีที่ 1 เป็นผลลำไยที่ไม่ผ่านกระบวนการรมซัลเฟอร์ไดออกไซด์ กรรมวิธีนี้ใช้ลำไยทั้งหมด 8 ตะกร้า ทำการสุ่มตัวอย่างจาก 4 ซ้ำๆ ละ 2 ตะกร้าๆ ละ 5 จุด (ภาพที่ 5) จุดละ 5 ผล รวมเป็น 25 ผลต่อตะกร้า เพื่อนำมาตรวจสอบปริมาณสารซัลเฟอร์ไดออกไซด์ตกค้างในเปลือกและเนื้อรวมทั้งคุณภาพในด้านต่างๆ (ปฏิบัติเหมือนกับการทดลองที่ 1) ทั้งหลังจากการรมทันทีและหลังจากการเก็บผลลำไยที่อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส ทุก 5 วัน เป็นระยะเวลา 20 วัน

3. กรรมวิธีที่ 2 นำตะกร้าบรรจุผลลำไยมาวางภายในห้องรมแก๊สซัลเฟอร์เพื่อใช้จัดเรียงบนแท่นวางสินค้าตามแบบที่ 1 [ภาพที่ 3 (ก)] ชั้นละ 5 ตะกร้า จำนวน 10 ชั้นรวมเป็น 50 ตะกร้า จากนั้นวางแท่นวางสินค้าในตำแหน่งดังภาพที่ 4 เพื่อให้อยู่ในรูปแบบของระบบหมุนเวียนอากาศแบบบังคับในแนวตั้งจากล่างขึ้นบน แล้วปฏิบัติดังต่อไปนี้

(3.1) ปลดปล่อยแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์จากถังอัดความดันผ่านเข้าในห้องรมฯ โดยใช้อัตราเร็วของอากาศ 0.6 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที เป็นระยะเวลา 1 ชั่วโมง กำหนดความเข้มข้นหลังสิ้นสุดการรม 4,000 ไมโครลิตรต่อลิตร พร้อมทั้งทำการตรวจสอบความเข้มข้นของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ภายในตู้ทุกๆ 10 นาทีด้วย วิธี Modified Monier - William Method (AOAC, 1984) และใช้ชุดตรวจสอบสำเร็จรูป (Dragger tube: Matheson tri-gas Model 8014-400A, USA) เพื่อให้มีความเข้มข้นของซัลเฟอร์ไดออกไซด์หลังจากสิ้นสุดการรมตามที่ต้องการ

(3.2) กำจัดแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ออกจากห้องรมฯ โดยใช้พัดลมดูดอากาศผ่านเข้าไปในหอกำจัดแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์เป็นเวลา 30 นาที จากนั้นจึงนำตะกร้าบรรจุผลลำไยออกจากห้องรมฯ แล้วทำการเป่าลมเป็นเวลา 30 นาที เพื่อป้องกันผลลำไยการดูดแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ต่อเนื่อง (aeration)

(3.3) แต่ละกรรมวิธีมี 4 ซ้ำ โดยในแต่ละซ้ำทำการสุ่มตัวอย่างเก็บผลลำไยสลับชั้น (ชั้นที่ 2, 4, 6 และ 8) ชั้นละ 5 ตะกร้า ตะกร้าละ 5 จุด (ภาพที่ 5) จุดละ 5 ผล รวมเป็น 25 ผลต่อตะกร้า ทั้งหมด 16 ตะกร้าต่อซ้ำ เพื่อนำมาตรวจสอบปริมาณสารซัลเฟอร์ไดออกไซด์ตกค้างในเปลือกและเนื้อรวมทั้งคุณภาพในด้านต่างๆ (ปฏิบัติเหมือนกับการทดลองที่ 1) ทั้งหลังจากการรมทันทีและหลังจากการเก็บผลลำไยที่อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส ทุก 5 วัน เป็นระยะเวลา 20 วัน

4. กรรมวิธีที่ 3 ใช้ผลลำไยที่ผ่านกระบวนการรมซัลเฟอร์ไดออกไซด์จากผู้ประ- กอบการ โดยทำการสุ่มเก็บตัวอย่างจากผู้ประกอบการทั่วไปในจังหวัดลำพูนและจังหวัดเชียงใหม่ (4 รายๆ ละ 2 ตะกร้า) สามารถแบ่งได้เป็น 4 ซ้ำๆ ละ 2 ตะกร้า ทั้งหมด 8 ตะกร้าต่อกรรมวิธี จากนั้นสุ่มเก็บตัวอย่าง

เพื่อนำไปวิเคราะห์คุณภาพตะกร้าละ 5 จุด (ภาพที่ 5) จุดละ 5 ผล รวมเป็น 25 ผลต่อตะกร้า เพื่อนำมาตรวจสอบปริมาณสารซัลไฟต์ตกค้างในเปลือกและเนื้อรวมทั้งคุณภาพในด้านต่างๆ (ปฏิบัติเหมือนกับ การทดลองที่ 1) ทั้งหลังจากการรมทันทีและหลังจากการเก็บผลลำไยที่อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส ทุก 5 วัน เป็นระยะเวลา 20 วัน



สถานที่และระยะเวลาทำการทดลอง

สถานที่ทำการวิจัย

1. อาคารคັบบรรจุ ภาควิชาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรม
เกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่
2. ห้องปฏิบัติการสรีรวิทยาพืช ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัย
เกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จ. นครปฐม

ระยะเวลาในการวิจัย

มิถุนายน 2551 – กันยายน 2552

ผลและวิจารณ์

ผล

การทดลองที่ 1 ผลของรูปทรงตะกร้าและอัตราเร็วของอากาศที่มีต่อคุณภาพของผลลำไยผ่านการรมซัลเฟอร์ไดออกไซด์ด้วยอากาศแบบบังคับในแนวตั้ง

ปริมาณซัลไฟต์ตกค้างในส่วนเปลือกและเนื้อผล

การรมแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์กับผลลำไยสดด้วยระบบหมุนเวียนอากาศแบบบังคับในแนวตั้งเมื่อใช้ตะกร้าทรงสี่เหลี่ยมคางหมู (บรรจุภัณฑ์ทางการค้า) และตะกร้าทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า พบว่ามีปริมาณซัลไฟต์ในส่วนเปลือกลำไยหลังจากการรมทันทีไม่แตกต่างกันคือ 1,669 และ 1,690 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ [ภาพที่ 6 (ก) และตารางผนวกที่ 1] หลังจากเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 20 วัน พบว่าปริมาณซัลไฟต์ตกค้างในเปลือกผลลำไยมีแนวโน้มลดลงโดยการใช้ตะกร้าทรงสี่เหลี่ยมคางหมูพบน้อยกว่าตะกร้าทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า คือ 670 และ 740 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ขณะที่ในเนื้อผลพบปริมาณซัลไฟต์ตกค้างหลังจากการรมทันทีไม่แตกต่างกันคือ 4 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และหลังจากเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 5 วัน ไม่พบปริมาณซัลไฟต์ตกค้างในเนื้อผล [ภาพที่ 6 (ข) และตารางผนวกที่ 2]

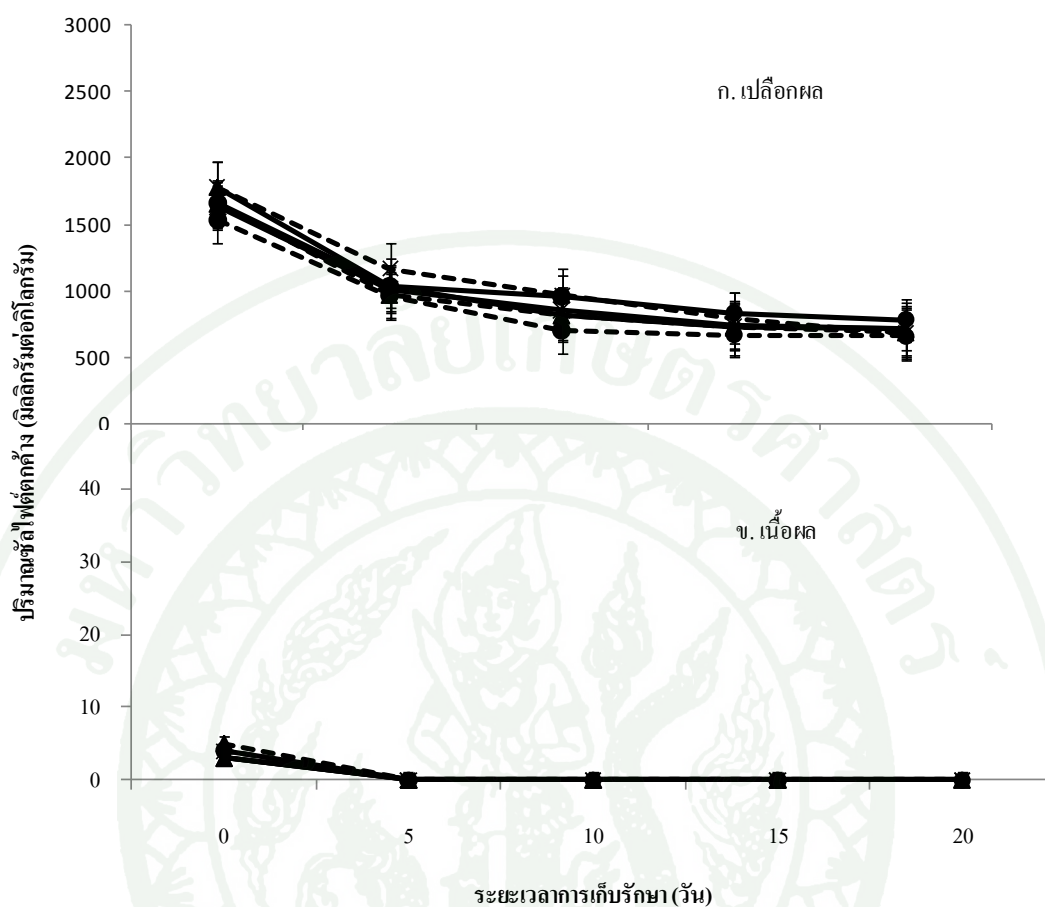
ส่วนการเกิดโรคผลเน่าบนเปลือกผลลำไยพบว่าการรมซัลเฟอร์ไดออกไซด์กับผลลำไยสดโดยการใช้ตะกร้าทั้งสองรูปทรงไม่มีโรคผลเน่าเกิดขึ้นแต่อย่างใด แม้เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 20 วัน ที่อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 95 เปอร์เซ็นต์ (ภาพที่ 7)

เมื่อเปรียบเทียบอัตราเร็วของอากาศ 0.6, 0.8 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที พบว่ามีปริมาณซัลไฟต์ในส่วนเปลือกลำไยหลังจากการรมทันทีไม่แตกต่างกันคือ 1,705 และ 1,720 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ซึ่งมากกว่าเมื่อใช้อัตราเร็วของอากาศ 1.0 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที ซึ่งมีปริมาณซัลไฟต์ในส่วนเปลือกลำไยหลังจากการรมทันที 1,595 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม [ภาพที่ 6 (ก) และตารางผนวกที่ 1] หลังจากเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 20 วัน พบว่าปริมาณซัลไฟต์ตกค้างในเปลือกผลลำไยมีแนวโน้มลดลงค่อนข้างใกล้เคียงกันประมาณ 695-720 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ขณะที่ในเนื้อผลพบปริมาณซัลไฟต์ตกค้างหลังจากการรมทันทีไม่แตกต่างกันคือ 4 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และหลังจากเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 5 วัน ไม่พบปริมาณซัลไฟต์ตกค้างในเนื้อผล [ภาพที่ 6 (ข) และตารางผนวกที่ 2]

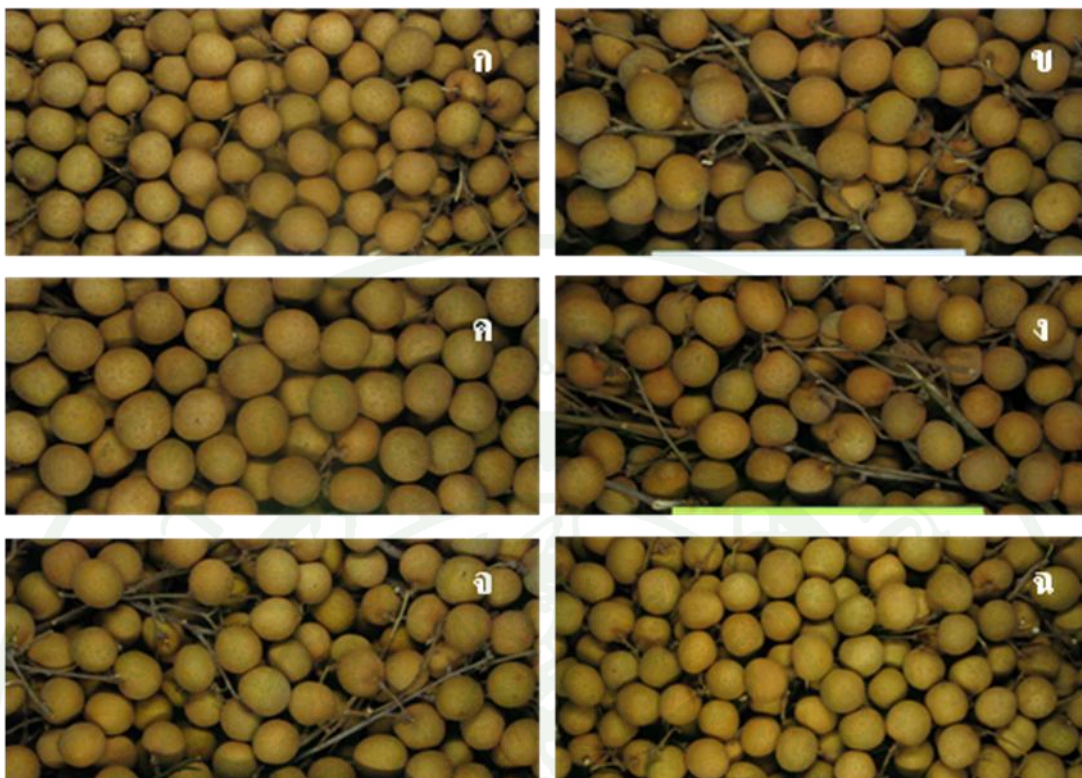
ส่วนการเกิดโรคผลเน่าบนเปลือกผลลำไยพบว่าการรมซัลเฟอร์ไดออกไซด์กับผลลำไยสด โดยการใช้อัตราเร็วทั้งสามระดับไม่มีโรคผลเน่าเกิดขึ้นแต่อย่างใด แม้เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 20 วัน ที่ อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 95 เปอร์เซ็นต์ (ภาพที่ 7)

พบแนวโน้มของอิทธิพลร่วมระหว่างรูปทรงตะกร้าและอัตราเร็วของอากาศต่อปริมาณซัลไฟต์ตกค้างในเปลือก (ตารางผนวกที่ 1 และ 3) ส่วนในเนื้อผลไม่มีอิทธิพลร่วมระหว่างรูปทรงตะกร้า และอัตราเร็วของอากาศต่อปริมาณซัลไฟต์ที่ตกค้าง (ตารางผนวกที่ 2 และ 4)





ภาพที่ 6 ปริมาณซัลไฟต์ (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ในส่วนเปลือก (ก) และเนื้อผลลำไย (ข) หลังจากการเกิดซัลเฟอร์ไดออกไซด์กับผลลำไยสด ด้วยระบบหมุนเวียนอากาศแบบบังคับในแนวตั้ง โดยใช้ตะกร้าทรงสี่เหลี่ยมคางหมู (---) และตะกร้าทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า (—) ณ อัตราเร็วของอากาศ 0.6 (X), 0.8 (▲) และ 1.0 (●) ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 95 เปอร์เซ็นต์เป็นระยะเวลา 20 วัน



ภาพที่ 7 การเกิดโรคและการเกิดสีน้ำตาลบนเปลือกผลลำไยระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 95 เปอร์เซ็นต์เป็นระยะเวลา 20 วัน

- (ก) ตะกร้าทรงสี่เหลี่ยมคางหมูและอัตราเร็วอากาศ 0.6 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที
- (ข) ตะกร้าทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้าและอัตราเร็วอากาศ 0.6 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที
- (ค) ตะกร้าทรงสี่เหลี่ยมคางหมูและอัตราเร็วอากาศ 0.8 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที
- (ง) ตะกร้าทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้าและอัตราเร็วอากาศ 0.8 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที
- (จ) ตะกร้าทรงสี่เหลี่ยมคางหมูและอัตราเร็วอากาศ 1.0 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที
- (ฉ) ตะกร้าทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้าและอัตราเร็วอากาศ 1.0 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที

การเปลี่ยนแปลงสีและเกิดสีน้ำตาลบนเปลือกผลลำไย

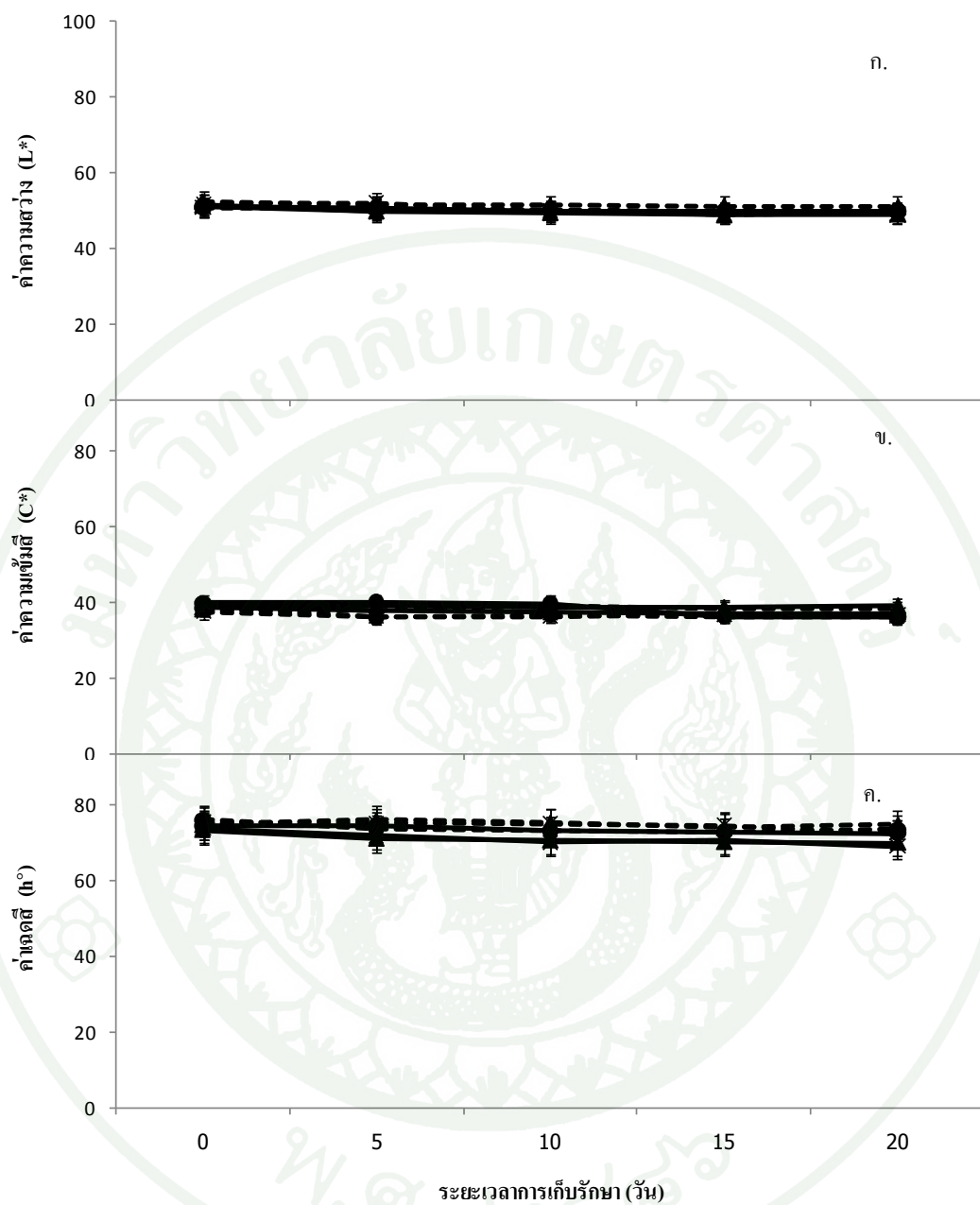
การรมแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์กับผลลำไยสดด้วยระบบหมุนเวียนอากาศแบบบังคับใน แนวตั้งเมื่อใช้ตะกร้าทรงสี่เหลี่ยมคางหมู (บรรจุภัณฑ์ทางการค้า) และตะกร้าทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า ส่งผล ให้ค่าความสว่าง (L^*) ของเปลือกผลลำไยหลังจากการรมทันทีใกล้เคียงกันประมาณ 51.2-51.6 และ ระหว่างเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 20 วัน พบว่าค่าความสว่างของเปลือกผลลำไยมีแนวโน้มลดลงเล็กน้อย และเหลือใกล้เคียงกันประมาณ 49.3-50.0 [ภาพที่ 8 (ก) และ ตารางผนวกที่ 5] สอดคล้องกับการไม่พบ การเกิดสีน้ำตาลบนเปลือกผลลำไยเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา (ภาพที่ 7)

สำหรับค่าความเข้มสี (C^*) และค่าเฉดสี (h°) ของเปลือกผลลำไยหลังจากการรมทันที ใกล้เคียงกันประมาณ 38.3-38.9 และ 75.1-75.6 และเมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 20 วัน พบว่าค่าความ เข้มสี และค่าเฉดสี ของเปลือกผลลำไยมีแนวโน้มลดลงเล็กน้อยและเหลือใกล้เคียงกันประมาณ 37.2- 37.5 และ 70.8-71.3 ตามลำดับ [ภาพที่ 8 (ข และ ค) และ ตารางผนวกที่ 6 และ 7]

ส่วนการรมแก๊สที่อัตราเร็วของอากาศต่างกันส่งผลให้ค่าความสว่างของเปลือกผลลำไย หลังจากการรมทันทีใกล้เคียงกันประมาณ 51.0-52.0 และระหว่างเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 20 วัน พบว่า ค่าความสว่างของเปลือกผลลำไยมีแนวโน้มลดลงเล็กน้อยและเหลือใกล้เคียงกันประมาณ 49.0-50.0 [ภาพที่ 8 (ก) และ ตารางผนวกที่ 5] สอดคล้องกับการไม่พบการเกิดสีน้ำตาลบนเปลือกผลลำไยเพิ่มขึ้น ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา (ภาพที่ 7)

ในทำนองเดียวกันกับการรม ณ อัตราเร็วของอากาศทั้ง 3 ระดับ ส่งผลให้ค่าความเข้มสี และ ค่าเฉดสีของเปลือกผลลำไยหลังจากการรมทันทีใกล้เคียงกันประมาณ 38.0-39.3 และ 75.3-75.5 และ ระหว่างเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 20 วัน พบว่าค่าความเข้มสีและค่าเฉดสีของเปลือกผลลำไยมีแนวโน้ม ลดลงเล็กน้อยเหลือใกล้เคียงกันประมาณ 36.9-37.7 และ 70.6-71.6 ตามลำดับ [ภาพที่ 8 (ข และ ค) และ ตารางผนวกที่ 6 และ 7]

ไม่มีอิทธิพลร่วมระหว่างรูปทรงตะกร้าและอัตราเร็วของอากาศต่อค่าความสว่าง ค่าความเข้ม สีและค่าเฉดสีของเปลือกผลลำไย (ตารางผนวกที่ 8-10)



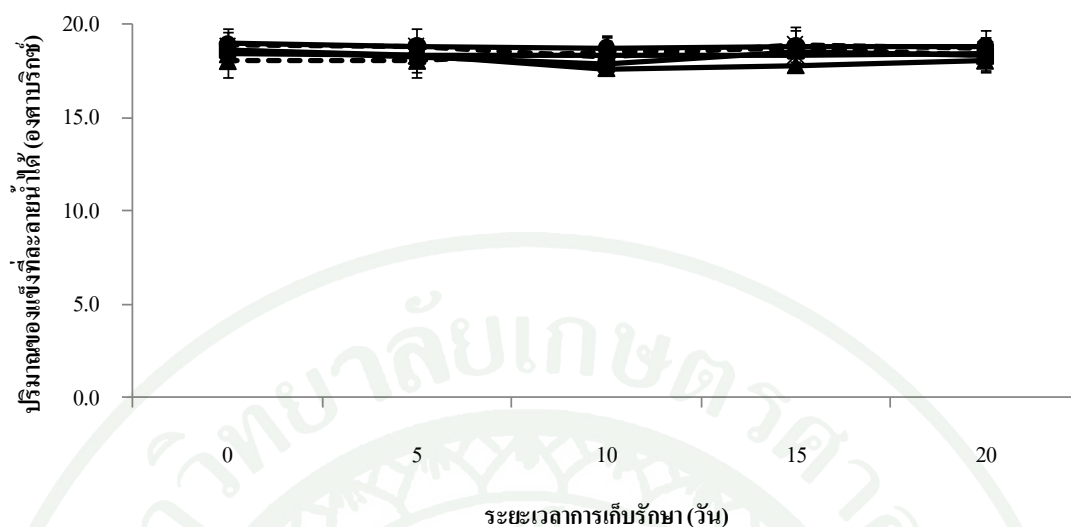
ภาพที่ 8 ค่าความสว่าง (ก) ค่าความเข้มสี (ข) และค่าเฉดสี (ค) ของเปลือกผลลำไย หลังจากรมแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์กับผลลำไยสด ด้วยระบบหมุนเวียนอากาศแบบบังคับในแนวตั้งโดยใช้ตะกร้าทรงสี่เหลี่ยมคางหมู (---) และตะกร้าทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า (—) ณ อัตราเร็วของอากาศ 0.6 (X), 0.8 (▲) และ 1.0 (●) ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 95 เปอร์เซ็นต์เป็นระยะเวลา 20 วัน

ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้

การรมแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์กับผลลำไยสดด้วยระบบหมุนเวียนอากาศแบบบังคับใน แนวตั้งเมื่อใช้ตะกร้าทรงสี่เหลี่ยมคางหมู (บรรจุภัณฑ์ทางการค้า) และตะกร้าทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า หลัง การรันทนที่ส่งผลให้ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ไม่แตกต่างกันคือ 18.5-18.6 องศาบริกซ์ และ ระหว่างเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 20 วัน พบว่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้มีแนวโน้มลดลงเล็กน้อย และเหลือใกล้เคียงกันประมาณ 17.9-18.2 องศาบริกซ์ (ภาพที่ 9 และตารางผนวกที่ 11)

ส่วนการรมแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์กับผลลำไยสดด้วยระบบหมุนเวียนอากาศแบบบังคับใน แนวตั้ง ณ อัตราเร็วของอากาศ 0.6, 0.8 และ 1.0 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที หลังการรันทนที่ส่งผลให้ ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ไม่แตกต่างกันคือ 18.3-18.8 องศาบริกซ์ และระหว่างเก็บรักษาเป็น ระยะเวลา 20 วัน พบว่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้มีแนวโน้มลดลงเล็กน้อยและเหลือ ใกล้เคียงกัน ประมาณ 17.8-18.2 องศาบริกซ์ (ภาพที่ 9 และตารางผนวกที่ 11)

ไม่มีอิทธิพลร่วมระหว่างรูปทรงตะกร้าและอัตราเร็วของอากาศต่อปริมาณของแข็งที่ละลาย น้ำได้ (ตารางผนวกที่ 12)



ภาพที่ 9 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (องศาบริกซ์) ของผลลำไย หลังจากกรรมแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์กับผลลำไยสดด้วยระบบหมุนเวียนอากาศแบบบังคับในแนวตั้ง โดยใช้ตะกร้า-ทรงสี่เหลี่ยมคางหมู (- - -) และตะกร้าทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า (—) ณ อัตราเร็วของอากาศ 0.6 (X), 0.8 (▲) และ 1.0 (●) ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 95 เปอร์เซ็นต์เป็นระยะเวลา 20 วัน

การทดลองที่ 2 ผลของรูปแบบของซัลเฟอร์ไดออกไซด์และระดับความเข้มข้นของซัลเฟอร์ไดออกไซด์หลังสิ้นสุดการรมต่อคุณภาพของผลลำไยสด

ปริมาณซัลไฟต์ตกค้างในส่วนเปลือกและเนื้อผล

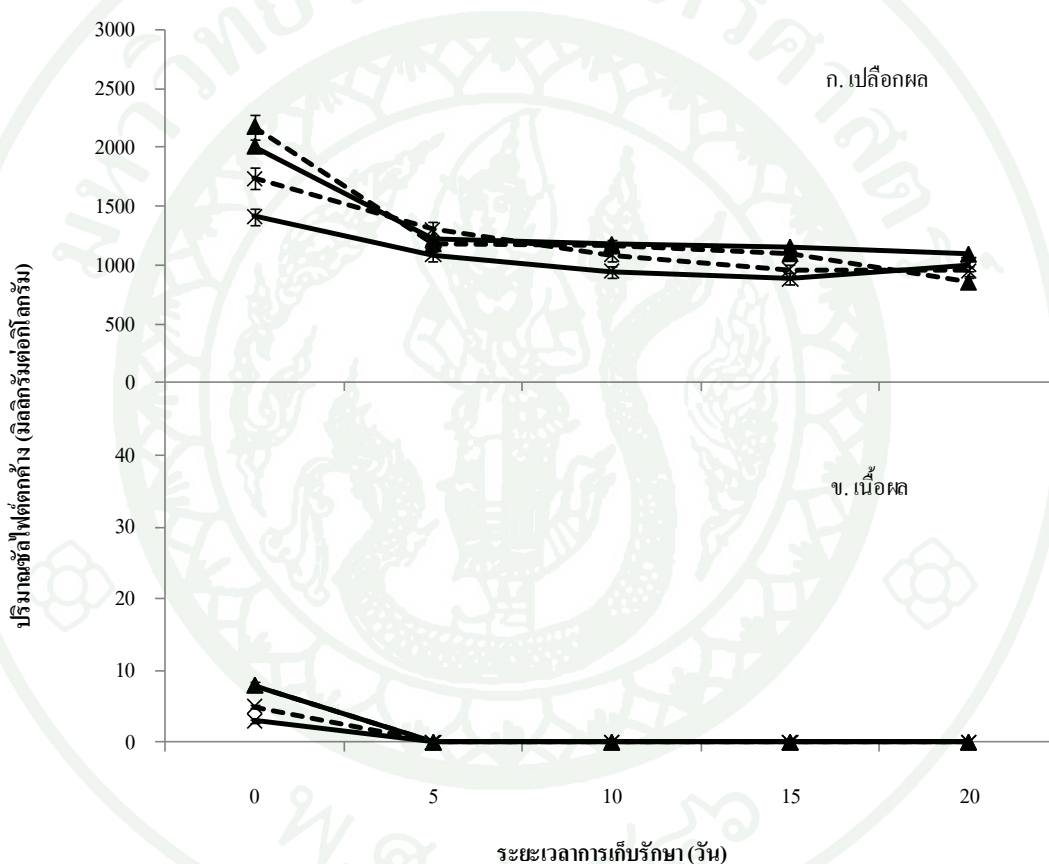
การรมซัลเฟอร์ไดออกไซด์กับผลลำไยสดโดยการใช้แก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์จากถังอัดความดันโดยตรงทำให้มีซัลไฟต์ตกค้างในเปลือกผลหลังจากการรมทันที 1,957 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม มากกว่าการเผาพองกำมะถันซึ่งมีตกค้าง 1,713 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และเมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 20 วัน พบว่าปริมาณซัลไฟต์ตกค้างในส่วนเปลือกผลมีแนวโน้มลดลงและเหลือใกล้เคียงกันประมาณ 975 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม [ภาพที่ 10 (ก) และตารางผนวกที่ 13] ส่วนในเนื้อผลการรมซัลเฟอร์ไดออกไซด์ทั้งสองกรรมวิธีมีผลต่อปริมาณซัลไฟต์หลังจากการรมทันทีใกล้เคียงกันประมาณ 6-7 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และไม่พบปริมาณซัลไฟต์ตกค้างในเนื้อผลอีกหลังการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 5 วัน [ภาพที่ 10 (ข) และตารางผนวกที่ 14]

การเกิดโรคผลเน่าบนเปลือกผลลำไยพบว่าการรมซัลเฟอร์ไดออกไซด์กับผลลำไยสดโดยการใช้แก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์จากทั้งสองรูปแบบไม่มีโรคผลเน่าเกิดขึ้นแต่อย่างใด แม้เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 20 วัน ที่อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 95 เปอร์เซ็นต์ (ภาพที่ 11)

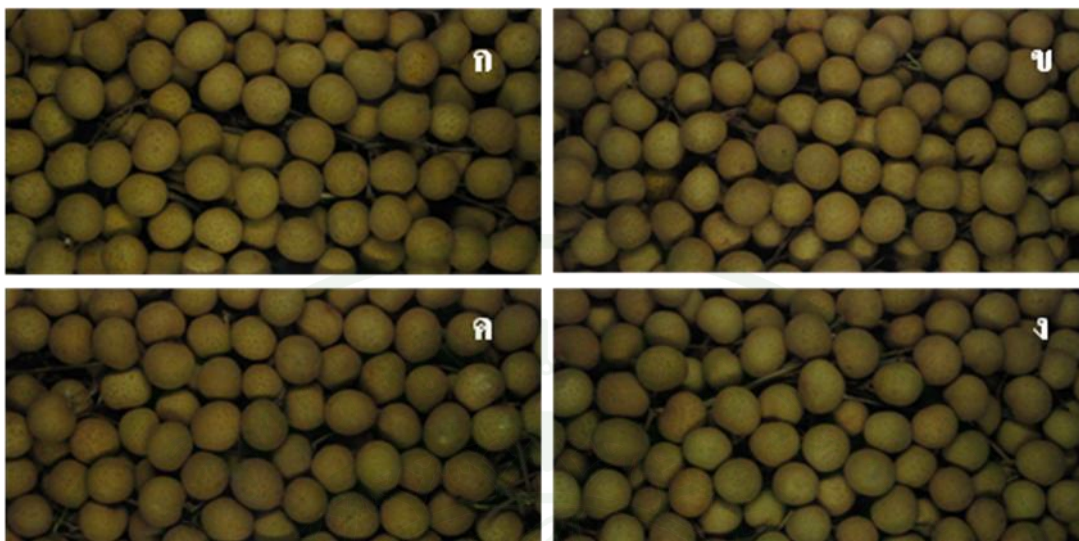
การรมซัลเฟอร์ไดออกไซด์กับผลลำไยสดโดยการใช้ความเข้มข้นของแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์หลังสิ้นสุดการรม 2,000 ไมโครลิตรต่อลิตร มีปริมาณซัลไฟต์ในเปลือกลำไยหลังจากการรมทันที 1,575 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม น้อยกว่าการใช้ระดับความเข้มข้นหลังสิ้นสุดการรม 4,000 ไมโครลิตรต่อลิตร ซึ่งมีค่า 2,094 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และเมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 20 วัน พบว่าปริมาณซัลไฟต์ตกค้างในเปลือกผลลำไยมีแนวโน้มลดลง โดยที่การใช้ความเข้มข้นหลังสิ้นสุดการรม 2,000 ไมโครลิตรต่อลิตร มีปริมาณซัลไฟต์ตกค้างในเปลือกลำไย 901 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม น้อยกว่าการใช้ระดับความเข้มข้นหลังสิ้นสุดการรม 4,000 ไมโครลิตรต่อลิตร ซึ่งมีค่า 1,050 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม [ภาพที่ 10 (ก) และตารางผนวกที่ 13] ส่วนในเนื้อการใช้ความเข้มข้นหลังสิ้นสุดการรม 2,000 ไมโครลิตรต่อลิตร มีปริมาณซัลไฟต์ในตกค้าง 4 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม น้อยกว่าการใช้ความเข้มข้นหลังสิ้นสุดการรม 4,000 ไมโครลิตรต่อลิตร ซึ่งมีค่า 8 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และไม่พบปริมาณซัลไฟต์ตกค้างในเนื้ออีกหลังการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 5 วัน [ภาพที่ 10 (ข) และตารางผนวกที่ 14]

การเกิดโรคผลเน่าบนเปลือกผลลำไยพบว่ากรรมชาลเฟอร์ไดออกไซด์กับผลลำไยสดโดยการ
ใช้ความเข้มข้นหลังสิ้นสุดการรมในทั้งสองระดับไม่มีโรคผลเน่าเกิดขึ้นแต่อย่างใด แม้เก็บรักษาเป็น
ระยะเวลา 20 วัน ที่อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 95 เปอร์เซ็นต์ (ภาพที่ 11)

ไม่มีอิทธิพลร่วมระหว่างรูปแบบการใช้ชาลเฟอร์ไดออกไซด์และความเข้มข้นหลังสิ้นสุดการ
รมต่อปริมาณชาลไฟต์ตกค้างในเปลือกและเนื้อ (ตารางผนวกที่ 15 และ 16)



ภาพที่ 10 ปริมาณชาลไฟต์ตกค้าง (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ในส่วนของเปลือก (ก) และเนื้อผลลำไย (ข) หลังจากการรมชาลเฟอร์ไดออกไซด์โดยใช้แก๊สจากถังอัดความดันโดยตรง (---) และการเผาพลาญ (—) ณ ระดับความเข้มข้นของชาลเฟอร์ไดออกไซด์หลังสิ้นสุดการรม 2,000 (X) และ 4,000 (▲) ไมโครลิตรต่อลิตร ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 95 เปอร์เซ็นต์ (I แสดงค่า SD, สัญลักษณ์ที่ไม่มีค่า SD ปรากฏ แสดงว่าค่า SD มีขนาดเล็กกว่าสัญลักษณ์)



ภาพที่ 11 การเกิดโรคและการเกิดสีน้ำตาลบนเปลือกผลลำไยระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 95 เปอร์เซ็นต์เป็นระยะเวลา 20 วัน

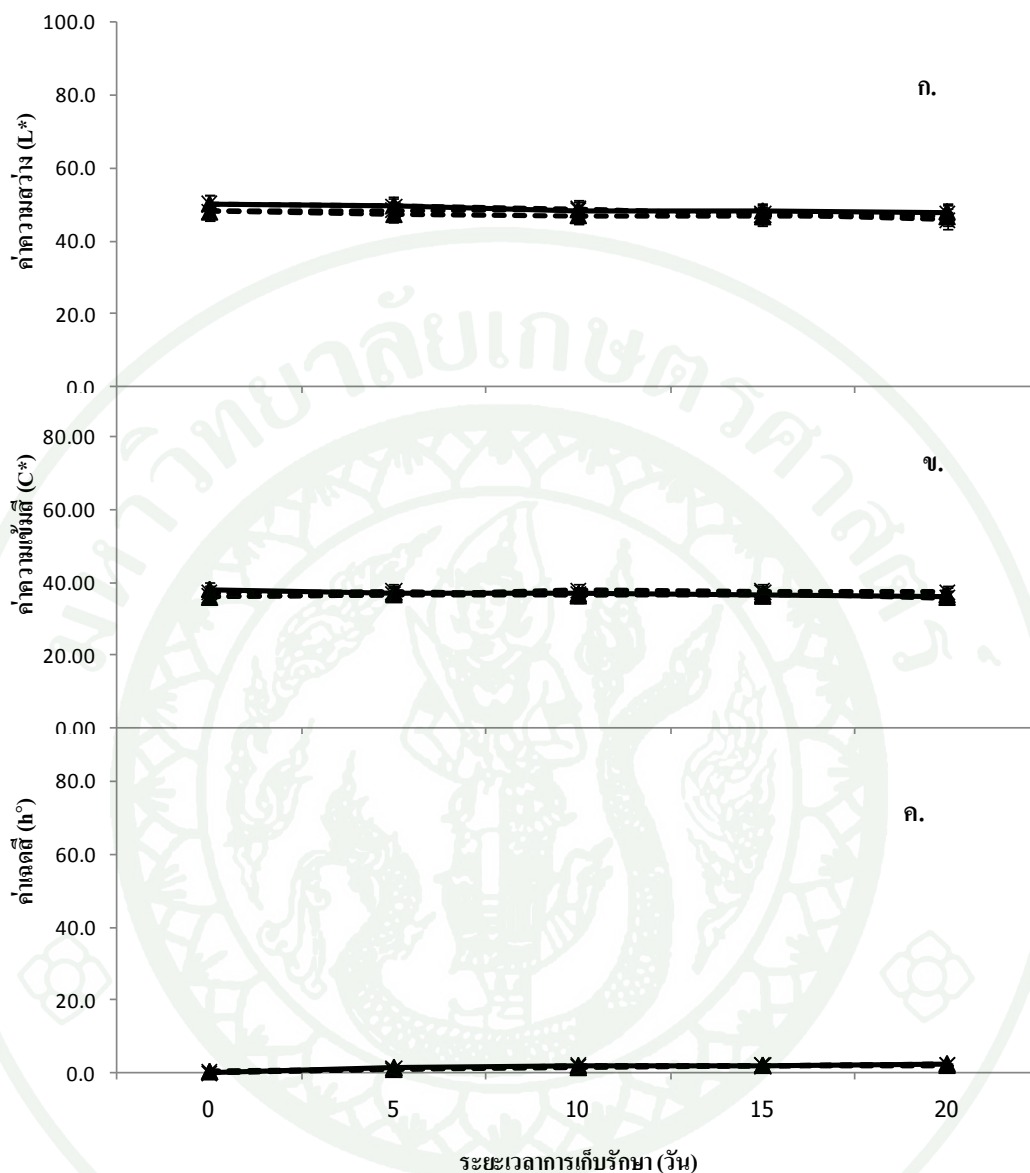
- (ก) แก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์จากถังอัดความดันโดยตรงและความเข้มข้นซัลเฟอร์ไดออกไซด์หลังสิ้นสุดการรม 2,000 ไมโครลิตรต่อลิตร
- (ข) การเผาพวงกำมะถันและและความเข้มข้นซัลเฟอร์ไดออกไซด์หลังสิ้นสุดการรม 2,000 ไมโครลิตรต่อลิตร
- (ค) แก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์จากถังอัดความดันโดยตรงและความเข้มข้นซัลเฟอร์ไดออกไซด์หลังสิ้นสุดการรม 4,000 ไมโครลิตรต่อลิตร
- (ง) การเผาพวงกำมะถันและและความเข้มข้นซัลเฟอร์ไดออกไซด์หลังสิ้นสุดการรม 4,000 ไมโครลิตรต่อลิตร

การเปลี่ยนแปลงการเกิดสีและการเกิดสีน้ำตาลเปลือกผลลำไย

การรมซัลเฟอร์ไดออกไซด์กับผลลำไยสดโดยการใช้แก๊สจากถังอัดความดันโดยตรงและการเผาผงกำมะถันไม่ส่งผลให้ค่าความสว่าง (L^*), ค่าความเข้มสี (C^*) และค่าแดงสี (h°) ของเปลือกผลลำไยหลังจากการรมทันทีแตกต่างทางสถิติและภายหลังการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 20 วันพบว่าค่าความสว่าง, ค่าความเข้มสีและค่าแดงสีของเปลือกผลลำไยมีแนวโน้มลดลงเล็กน้อย โดยเหลือใกล้เคียงกันและไม่แตกต่างทางสถิติ (ภาพที่ 12 และตารางผนวกที่ 17, 18 และ 19) สอดคล้องกับการไม่พบการเกิดสีน้ำตาลบนเปลือกผลลำไยเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา (ภาพที่ 11)

ส่วนการรมซัลเฟอร์ไดออกไซด์กับผลลำไยสด ณ ระดับความเข้มข้นของแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์หลังสิ้นสุดกระบวนการรม 2,000 และ 4,000 มิลลิกรัมต่อลิตร ไม่ส่งผลให้ค่าความสว่าง, ค่าความเข้มสีและค่าแดงสีของเปลือกผลลำไยหลังจากการรมทันทีแตกต่างกัน และภายหลังการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 20 วันพบว่าค่าความสว่างของเปลือกผลลำไยมีแนวโน้มลดลงเล็กน้อยและเหลือไม่แตกต่างกันทางสถิติ (ภาพที่ 12 และตารางผนวกที่ 17, 18 และ 19) สอดคล้องกับการไม่พบการเกิดสีน้ำตาลบนเปลือกผลลำไยเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา (ภาพที่ 11)

ไม่มีอิทธิพลร่วมระหว่างรูปแบบการใช้ซัลเฟอร์ไดออกไซด์และความเข้มข้นหลังสิ้นสุดการรมต่อค่าความสว่าง, ค่าความเข้มสีและค่าแดงสีของเปลือก (ตารางผนวกที่ 20-22)



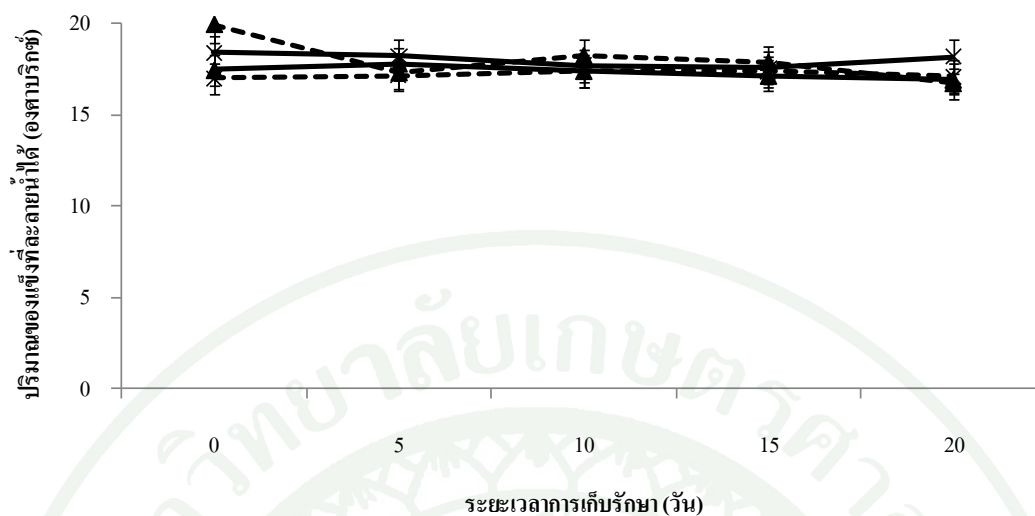
ภาพที่ 12 ค่าความสว่าง (ก) ค่าความเขียว (ข) และค่าแคโรทีน (ค) หลังจากการรมซัลเฟอร์ไดออกไซด์ โดยใช้แก๊สจากถังอัดความดันโดยตรง (---) และการเผาพวงกำมะถัน (—) ณ ระดับความเข้มข้นของซัลเฟอร์ไดออกไซด์หลังสิ้นสุดการรม 2,000 (X) และ 4,000 (▲) ไมโครลิตรต่อลิตร ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 95 เปอร์เซ็นต์ (I แสดงค่า SD, สัญลักษณ์ที่ไม่มีค่า SD ปรากฏ แสดงว่าค่า SD มีขนาดเล็กกว่าสัญลักษณ์)

ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้

การรมซัลเฟอร์ไดออกไซด์กับผลลำไยสดโดยใช้แก๊สจากถังอัดความดันโดยตรงและการเผาผงกำมะถัน ไม่ส่งผลให้ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้แตกต่างทางสถิติ และหลังการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 20 วัน พบว่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้มีแนวโน้มลดลงเล็กน้อยและเหลือใกล้เคียงกัน และไม่แตกต่างทางสถิติ (ภาพที่ 13 และตารางผนวกที่ 23)

ส่วนการรมซัลเฟอร์ไดออกไซด์กับผลลำไยสด ณ ระดับความเข้มข้นของแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์หลังสิ้นสุดกระบวนการรม 2,000 และ 4,000 มิลลิกรัมต่อลิตร ไม่ส่งผลให้ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้แตกต่างทางสถิติ และหลังการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 20 วัน พบว่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้มีแนวโน้มลดลงเล็กน้อยและเหลือใกล้เคียงกันและไม่แตกต่างทางสถิติ (ภาพที่ 13 และตารางผนวกที่ 23)

ไม่มีอิทธิพลร่วมระหว่างรูปแบบการใช้ซัลเฟอร์ไดออกไซด์และความเข้มข้นหลังสิ้นสุดการรมต่อปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (ตารางผนวกที่ 24)



ภาพที่ 13 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (องศาบริกซ์) ของผลลำไยหลังจากการรมซัลเฟอร์ไดออกไซด์โดยใช้แก๊สจากถังอัดความดันโดยตรง (---) และการเผาพวงกำมะถัน (—) ณ ระดับความเข้มข้นของซัลเฟอร์ไดออกไซด์หลังสิ้นสุดการรม 2,000 (X) และ 4,000 (▲) ไมโครลิตรต่อลิตร ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 95 เปอร์เซ็นต์

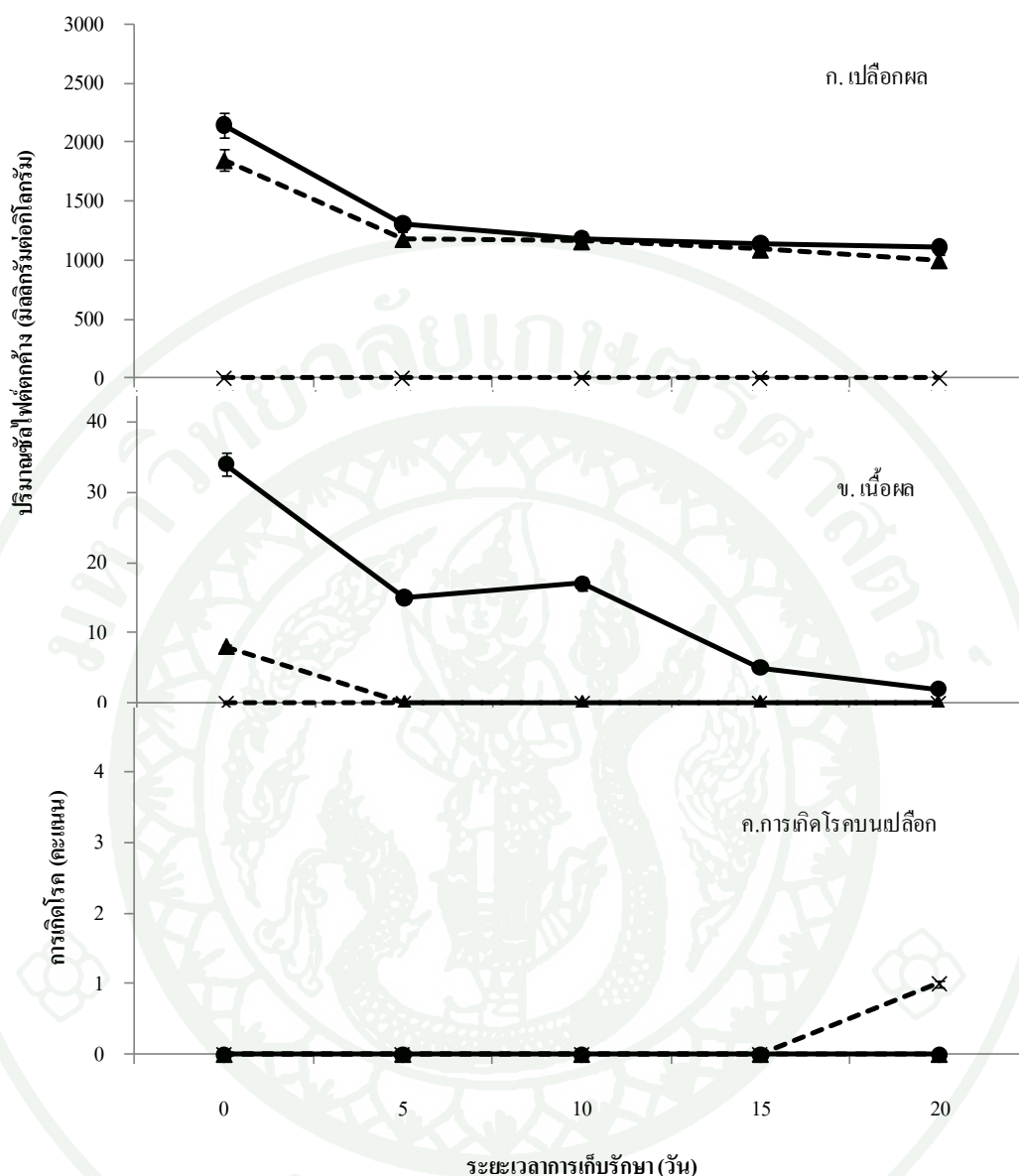
การทดลองที่ 3 คุณภาพของผลลำไยสดที่ผ่านการรมด้วยวิธีหมุนเวียนอากาศแบบบังคับในแนวตั้ง เปรียบเทียบกับของผู้ประกอบการทั่วไป (ทางการค้า)

ปริมาณซัลไฟต์ตกค้างในส่วนเปลือกและเนื้อผล

การรมซัลเฟอร์ไดออกไซด์ด้วยวิธีการหมุนเวียนอากาศแบบบังคับในแนวตั้ง โดยการใช้แก๊สจากถังอัดความดันโดยตรงในระดับความเข้มข้นของแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์หลังสิ้นสุดกระบวนการรม 4,000 ไมโครลิตรต่อลิตร ในตะกร้าทรงสี่เหลี่ยมคางหมูทำให้มีปริมาณซัลไฟต์ตกค้างในเปลือกผลหลังการรมทันที น้อยกว่าการรมด้วยวิธีของผู้ประกอบการ ซึ่งมีค่า 1,848 และ 2,144 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ในขณะที่ผลลำไยชุดควบคุมไม่พบปริมาณซัลไฟต์ตกค้างในเปลือกแต่อย่างใด และหลังจากเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 20 วัน พบว่าปริมาณซัลไฟต์ตกค้างในทั้งสองกรรมวิธีในส่วนเปลือกมีแนวโน้มลดลงเหลือใกล้เคียงกันและไม่แตกต่างทางสถิติคือ 1,000 และ 1,110 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ [ภาพที่ 14 (ก) และตารางผนวกที่ 25]

สำหรับในเนื้อผลลำไยพบว่าการรมด้วยวิธีการหมุนเวียนอากาศแบบบังคับในแนวตั้งมีปริมาณการตกค้างหลังจากการรมทันที 8 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งน้อยกว่าและแตกต่างทางสถิติกับการรมด้วยวิธีทั่วไปที่มีสารตกค้างอยู่ 34 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ในขณะที่ผลลำไยชุดควบคุมไม่พบปริมาณซัลไฟต์ตกค้างในเนื้อ และหลังจากเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 20 วัน พบว่าการรมด้วยวิธีทั่วไปปริมาณซัลไฟต์ตกค้างในเนื้อผลลำไยมีแนวโน้มลดลงจนเหลือ 2 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม แต่การรมด้วยวิธีการหมุนเวียนอากาศแบบบังคับในแนวตั้งไม่พบปริมาณการตกค้างของซัลไฟต์ในเนื้อผลลำไยหลังการเก็บรักษาเพียง 5 วันเท่านั้น [ภาพที่ 14 (ก) และตารางผนวกที่ 25]

ภายหลังการรมซัลเฟอร์ไดออกไซด์ทั้งสองกรรมวิธีไม่ปรากฏการเกิดโรคผลเน่าบนเปลือกผลลำไยใน แม้เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 20 วัน (ภาพที่ 15) แต่ผลลำไยที่ไม่ได้รมซัลเฟอร์ไดออกไซด์พบการเกิดโรคผลเน่าบนเปลือกผลเพิ่มขึ้นจาก 0 คะแนน ในวันเริ่มต้นเป็น 1 คะแนน เมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 15 วัน (ภาพที่ 14)



ภาพที่ 14 ปริมาณคลอโรฟิลล์แตกค้าง (มิลลิกรัมต่อกรัม) ในส่วนเปลือก (ก) เนื้อผลลำไย (ข) และการเกิดโรคผลเน่าบนเปลือก (ค) ของผลลำไยชุดควบคุม (--x--), ผลลำไยที่ผ่านการรมซัลเฟอร์ไดออกไซด์ด้วยวิธีหมุนเวียนอากาศแบบบังคับในแนวตั้ง (--▲--) และผลลำไยที่ผ่านการรมซัลเฟอร์ไดออกไซด์จากผู้ประกอบการ (●) ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 95 เปอร์เซ็นต์เป็นระยะเวลา 20 วัน (I แสดงค่า SD, สัญลักษณ์ที่ไม่มีค่า SD ปรากฏ แสดงว่าค่า SD มีขนาดเล็กกว่าสัญลักษณ์)



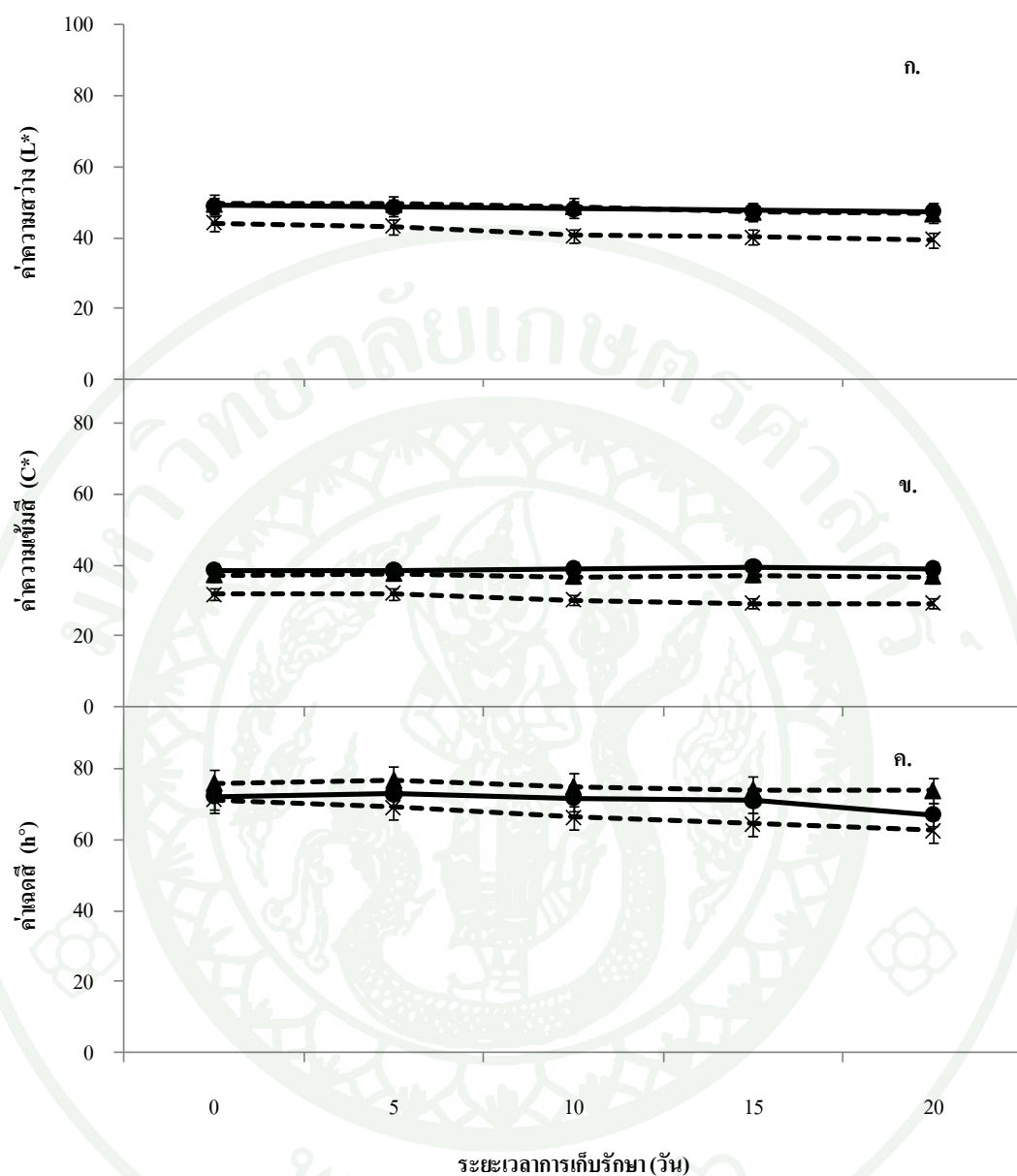
ภาพที่ 15 การเกิดโรคผลเน่าและการเกิดสีน้ำตาลบนเปลือกผลลำไยระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 95 เปอร์เซ็นต์เป็นระยะเวลา 20 วัน

- (ก) ผลลำไยชุดควบคุม 0 วัน
- (ข) ผลลำไยชุดควบคุม 20 วัน
- (ค) ผลลำไยที่รมด้วยวิธีหมุนเวียนอากาศแบบบังคับในแนวตั้ง 0 วัน
- (ง) ผลลำไยที่รมด้วยวิธีหมุนเวียนอากาศแบบบังคับในแนวตั้ง 20 วัน
- (จ) ผลลำไยที่ผ่านการรมจากตู้ประกอบการ 0 วัน
- (ฉ) ผลลำไยที่ผ่านการรมจากตู้ประกอบการ 20 วัน

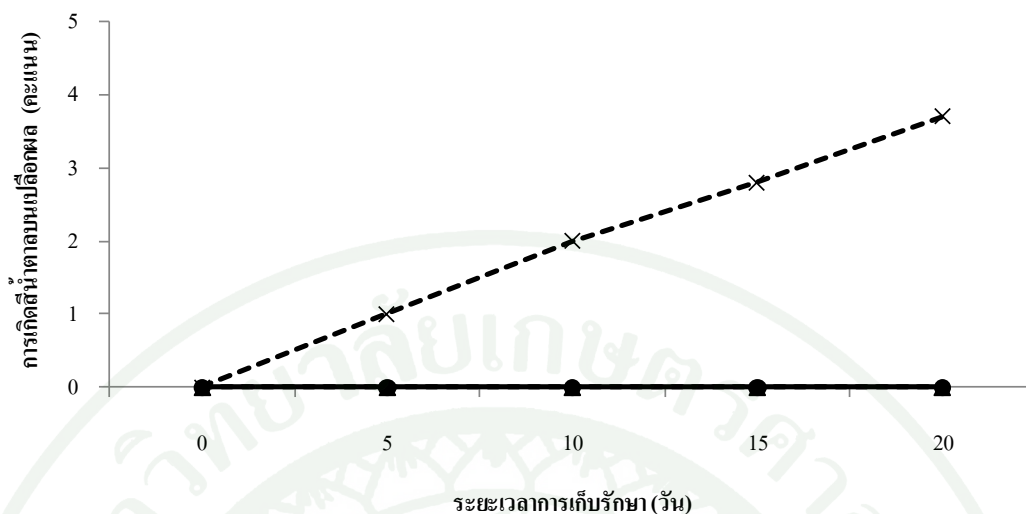
การเปลี่ยนแปลงสีและการเกิดสีน้ำตาลบนเปลือกผลลำไย

การรมซัลเฟอร์ไดออกไซด์กับผลลำไยสดทั้งสองกรรมวิธี คือการรมด้วยวิธีการหมุนเวียนอากาศแบบบังคับในแนวดิ่งและการรมด้วยวิธีทั่วไปที่ผู้ประกอบการใช้มีผลต่อค่าความสว่าง (L^*) ของเปลือกผลลำไยหลังจากการรมทันทีไม่แตกต่างทางสถิติ คือ 49.5 และ 49.0 ตามลำดับ มากกว่าผลลำไยชุดควบคุมซึ่งมีค่า 44.1 และหลังจากเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 20 วัน พบว่าค่าความสว่างของเปลือกผลลำไยในแต่ละกรรมวิธีมีแนวโน้มลดลงเล็กน้อยตามระยะเวลาการเก็บรักษา โดยผลลำไยที่ผ่านการรมซัลเฟอร์ไดออกไซด์ทั้งสองกรรมวิธีมีค่าความสว่างของเปลือกผลลำไยไม่แตกต่างทางสถิติคือ 46.7 และ 47.4 ตามลำดับ มากกว่าผลลำไยชุดควบคุมซึ่งมีค่าสว่าง 39.4 [ภาพที่ 16 (ก) และตารางผนวกที่ 26] สอดคล้องกับการเกิดสีน้ำตาลซึ่งพบว่าไม่ปรากฏบนเปลือกผลลำไยในกรรมวิธีที่รมซัลเฟอร์ไดออกไซด์กับผลลำไยสด แม้เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 20 วัน ในขณะที่ผลลำไยชุดควบคุมมีการสีน้ำตาลปรากฏบนเปลือกผลลำไยเพิ่มขึ้นจาก 0 คะแนนในวันเริ่มต้น เป็น 1, 2, 3 และ 4 คะแนน เมื่อเก็บรักษาไว้ 5, 10, 15 และ 20 วัน ตามลำดับ ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 95 เปอร์เซ็นต์ (ภาพที่ 15 และ 17)

ในทำนองเดียวกัน ผลลำไยที่ผ่านการรมซัลเฟอร์ไดออกไซด์จากทั้งสองกรรมวิธีมีค่าความเข้มสี (C^*) และค่าเฉดสี (h°) ของเปลือกผลลำไยหลังจากการรมทันทีใกล้เคียงกันและไม่แตกต่างทางสถิติคือประมาณ 37.1-38.6 และ 72.1-75.9 ตามลำดับ ซึ่งมากกว่าผลลำไยชุดควบคุมที่มีค่าความเข้มสีและค่าเฉดสีของเปลือกผลลำไย 31.8 และ 71.2 ตามลำดับ และหลังจากเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 20 วัน พบว่าค่าความเข้มสีและค่าเฉดสีของเปลือกผลลำไยในแต่ละกรรมวิธีมีแนวโน้มลดลงเล็กน้อยตามระยะเวลาการเก็บรักษา โดยผลลำไยที่ผ่านการรมซัลเฟอร์ไดออกไซด์จากทั้งสองกรรมวิธีมีค่าความเข้มสีและค่าเฉดสีของเปลือกผลลำไยใกล้เคียงกันและไม่แตกต่างทางสถิติคือประมาณ 36.7-38.9 และ 67.0-73.9 ตามลำดับ ซึ่งมากกว่าผลลำไยชุดควบคุมที่มีค่าความเข้มสีและค่าเฉดสีของเปลือกผลลำไย 29.2 และ 62.5 ตามลำดับ [ภาพที่ 16 (ข และ ค) และตารางผนวกที่ 26]



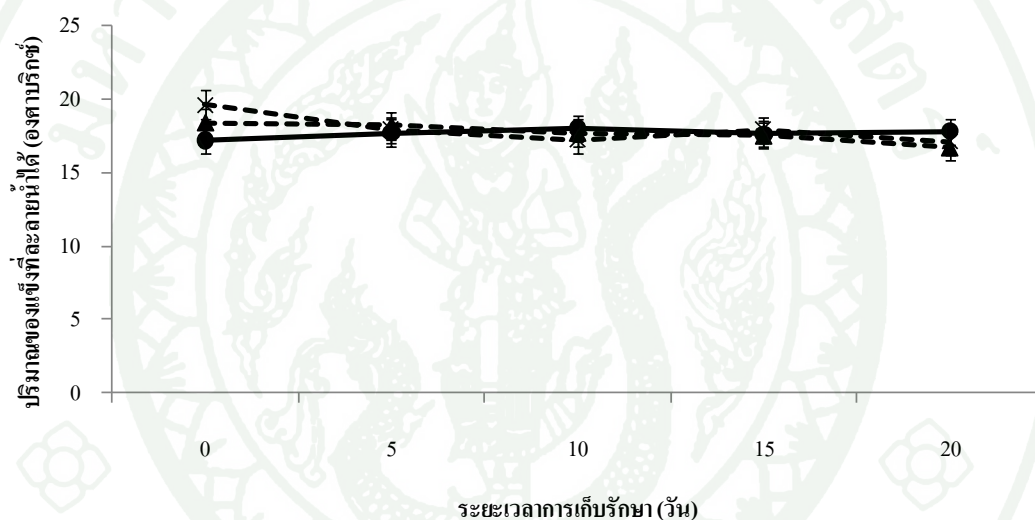
ภาพที่ 16 ค่าความสว่าง (ก) ค่าความเข้มสี (ข) และค่าเฉดสี (ค) ของผลลำไยชุดควบคุม (--x--), ผลลำไยที่ผ่านการรมซัลเฟอร์ไดออกไซด์ด้วยวิธีหมუნเวียนอากาศแบบบังคับในแนวตั้ง (--▲--) และผลลำไยที่ผ่านการรมซัลเฟอร์ไดออกไซด์จากผู้ประกอบการ (●) ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 95 เปอร์เซ็นต์เป็นระยะเวลา 20 วัน (I แสดงค่า SD, สัญลักษณ์ที่ไม่มีค่า SD ปรากฏ แสดงว่าค่า SD มีขนาดเล็กกว่าสัญลักษณ์)



ภาพที่ 17 การเกิดสั้่น้ำตาลบนเปลือกของผลลำไยชุดควบคุม (--x--), ผลลำไยที่ผ่านการรมซัลเฟอร์ไดออกไซด์ด้วยวิธีหมุนเวียนอากาศแบบบังคับในแนวตั้ง (--▲--) และผลลำไยที่ผ่านการรมซัลเฟอร์ไดออกไซด์จากผู้ประกอบการ (●) ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 95 เปอร์เซ็นต์เป็นระยะเวลา 20 วัน (I แสดงค่า SD, สัญลักษณ์ที่ไม่มีค่า SD ปรากฏ แสดงว่าค่า SD มีขนาดเล็กกว่าสัญลักษณ์)

ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้

ผลล้าไยสดจากทั้งสามกรรมวิธี คือการรมด้วยวิธีการหมუნเวียนอากาศแบบบังคับในแนวตั้ง การรมด้วยวิธีทั่วไปที่ผู้ประกอบการใช้และผลล้าไยชุดควบคุมมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ไม่แตกต่างทางสถิติ ซึ่งหลังจากเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 20 วัน พบว่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของผลล้าไยในแต่ละกรรมวิธีมีแนวโน้มลดลงเล็กน้อยตามระยะเวลาการเก็บรักษา โดยผลล้าไยในแต่ละกรรมวิธีมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของผลล้าไยไม่แตกต่างทางสถิติ (ภาพที่ 18 และตารางผนวกที่ 27)



ภาพที่ 18 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (องศาบริกซ์) ของผลล้าไยชุดควบคุม (--x--), ผลล้าไยที่ผ่านการรมซัลเฟอร์ไดออกไซด์ด้วยวิธีหมუნเวียนอากาศแบบบังคับในแนวตั้ง (--▲--) และผลล้าไยที่ผ่านการรมซัลเฟอร์ไดออกไซด์จากผู้ประกอบการ (●) ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 95 เปอร์เซ็นต์เป็นระยะเวลา 20 วัน (I แสดงค่า SD, สัญลักษณ์ที่ไม่มีค่า SD ปรากฏ แสดงว่าค่า SD มีขนาดเล็กกว่าสัญลักษณ์)

วิจารณ์

จักรพงษ์และคณะ (2550) ได้ศึกษาระบบหมุนเวียนอากาศแบบบังคับในแนวนอนโดยใช้กับ ตะกร้าทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า พบว่าสามารถลดความเข้มข้นของซัลเฟอร์ไดออกไซด์หลังสิ้นสุดการรมให้ เหลือเพียง 2,000 ไมโครลิตรต่อลิตร หรือประมาณ 6 เท่า เมื่อเทียบกับระดับความเข้มข้นของซัลเฟอร์ ไดออกไซด์ตามคำแนะนำซึ่งใช้กันอยู่ในปัจจุบันคือ 12,000-15,000 พีพีเอ็มหรือไมโครลิตรต่อลิตร (สถาบันอาหาร, 2541) และมีปริมาณซัลไฟต์ตกค้างในเปลือกหลังรมทันทีประมาณ 1,260-1,520 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งต่ำกว่าสถาบันอาหารกำหนดไว้ในส่วนของเปลือกคือ 1,700 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม เนื่องการใช้ตะกร้าทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้าสามารถวางเรียงชิดกันได้โดยไม่มีช่องว่างเกิดขึ้น ส่งผลให้ระบบหมุนเวียนอากาศแบบบังคับสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ อากาศถูกบังคับเข้าไป สัมผัสกับผลลำไยได้มากขึ้น (จักรพงษ์และคณะ, 2550) อย่างไรก็ตามบรรจุภัณฑ์ทางการค้าจริงเป็น ตะกร้าทรงสี่เหลี่ยมคางหมูจึงไม่สามารถนำมาใช้กับระบบหมุนเวียนอากาศแบบบังคับแบบใน แนวนอนได้อย่างมีประสิทธิภาพ เนื่องจากเมื่อนำตะกร้าชนิดนี้มาวางเรียงซ้อนกันจะเกิดช่องว่าง ด้านข้าง อากาศจะไหลผ่านบริเวณช่องว่างแทนที่จะไปสัมผัสกับผลลำไยภายในตะกร้า แต่ในการศึกษา ครั้งนี้ทดลองใช้ระบบหมุนเวียนอากาศแบบบังคับในแนวตั้ง พบว่าการใช้ตะกร้าทรงสี่เหลี่ยมคางหมู และตะกร้าทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้าสามารถลดความเข้มข้นของซัลเฟอร์ไดออกไซด์หลังสิ้นสุดการรมให้ เหลือเพียง 4,000 ไมโครลิตรต่อลิตร และมีปริมาณซัลไฟต์ตกค้างในเปลือกและเนื้อหลังรมทันที ใกล้เคียงกันประมาณ 1,680 และ 4 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ เนื่องจากระบบการหมุนเวียนอากาศ แบบบังคับในแนวตั้งสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพเมื่อใช้ตะกร้าทั้งสองรูปทรง แม้การวางเรียง ตะกร้าทรงสี่เหลี่ยมคางหมูจะมีช่องว่างเกิดขึ้นด้านข้างแต่ฝาด้านบนชิดกันหมด การหมุนเวียนอากาศ แบบบังคับในแนวตั้งสามารถบังคับอากาศที่อยู่รอบๆ ให้ไหลผ่านจากด้านล่างให้ไปสัมผัสกับผลลำไย ที่อยู่ในตะกร้า จึงช่วยลดข้อจำกัดของช่องว่างระหว่างตะกร้าเมื่อนำภาชนะบรรจุผลลำไยทรงสี่เหลี่ยม คางหมุมารวมเรียงซ้อนกันได้ ดังนั้นจึงสามารถใช้ตะกร้าทรงสี่เหลี่ยมคางหมูซึ่งเป็นบรรจุภัณฑ์ทางการค้า กับการใช้ระบบหมุนเวียนอากาศแบบบังคับในแนวตั้ง โดยยังคงสามารถป้องกันการเกิดโรคผลเน่าและ การเกิดสีน้ำตาลได้เช่นเดียวกัน

เมื่อเปรียบเทียบอัตราเร็วของอากาศทั้งสามระดับพบว่า มีปริมาณซัลไฟต์ตกค้างในเนื้อไม่ แตกต่างกัน ขณะที่เปลือกแตกต่างกันเฉพาะหลังการรมทันที คือ เมื่อใช้อัตราเร็วของอากาศสูงจะมี ปริมาณซัลไฟต์ตกค้างน้อยกว่าอัตราเร็วของอากาศที่ต่ำกว่า แต่หลังจากนั้นโดยส่วนใหญ่พบว่าอัตราเร็ว ของอากาศแต่ละระดับมีปริมาณซัลไฟต์ตกค้างในเปลือกไม่แตกต่างกันตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา อย่างไรก็ตามปริมาณซัลไฟต์ที่ตกค้างในเปลือกผลหลังการรมทันทีมีตัวเลขไม่แตกต่างกันมากนัก จึง อาจกล่าวได้ว่าโดยรวมแล้วอัตราเร็วของอากาศแต่ละระดับไม่มีผลทำให้ปริมาณซัลไฟต์ตกค้างแตกต่าง

กัน ดังนั้นการใช้อัตราเร็วของอากาศ 0.6 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที น่าจะเหมาะสมกว่า เพราะ 1) ช่วยประหยัดพลังงานที่ต้องใช้เพื่อเพิ่มความเร็วรอบในการหมุนของพัดลมให้อัตราเร็วของอากาศเพิ่มขึ้น (สถาบันวิจัยและพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2549) 2) มีปริมาณซัลไฟด์ตกค้างหลังรมทันทีในเนื้อไม้แตกต่างกับการใช้อัตราเร็วของอากาศในระดับอื่นๆ และ 3) มีปริมาณซัลไฟด์ตกค้างหลังรมในเปลือกต่ำกว่าที่สถาบันอาหาร (2541) ได้กำหนดไว้ คือ 1,700 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และ 4) ยังคงสามารถป้องกันการเกิดโรคผลเน่าและการเกิดสีน้ำตาลได้เช่นเดียวกัน

จากการวิเคราะห์ทางสถิติถึงอิทธิพลร่วมระหว่างรูปทรงตะกร้าและอัตราเร็วของอากาศ พบว่า 3 ใน 5 ครั้ง ของการวิเคราะห์ มีนัยสำคัญทางสถิติจึงตีความได้ว่ามีแนวโน้มของอิทธิพลร่วมระหว่างรูปทรงตะกร้าและอัตราเร็วของอากาศ กล่าวคือ เมื่อใช้ตะกร้าทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้าร่วมกับการใช้อัตราเร็วของอากาศต่ำลงน่าจะทำให้มีปริมาณซัลไฟด์ตกค้างในเปลือกมากขึ้น แต่เมื่อพิจารณาข้อมูลตัวเลขปริมาณซัลไฟด์ตกค้างในเปลือกไม่ปรากฏว่าเป็นเช่นนั้น จึงกล่าวได้ว่าไม่มีอิทธิพลร่วมระหว่างรูปทรงตะกร้าและอัตราเร็วของอากาศ

การรมผลลำไยสดโดยใช้แก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์จากทั้งสองรูปแบบพบว่า มีปริมาณซัลไฟด์ตกค้างในเนื้อไม้แตกต่างกัน ขณะที่ในเปลือกแตกต่างกันเฉพาะหลังการรมทันที คือ การใช้ซัลเฟอร์ไดออกไซด์จากถังอัดความดันมีปริมาณซัลไฟด์ตกค้างสูงกว่าการเผาฟางกำมะถัน แต่หลังจากนั้นโดยส่วนใหญ่พบว่าการใช้แก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์จากทั้งสองรูปแบบมีปริมาณซัลไฟด์ตกค้างในเปลือกไม่แตกต่างกันตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา อย่างไรก็ตามปริมาณซัลไฟด์ที่ตกค้างในเปลือกผลหลังการรมทันทีมีตัวเลขไม่แตกต่างกันมากนัก จึงอาจกล่าวได้ว่าโดยรวมแล้วการใช้แก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์จากทั้งสองรูปแบบไม่มีผลทำให้ปริมาณซัลไฟด์ตกค้างในเปลือกแตกต่างกัน

และเมื่อพิจารณาการใช้แก๊สจากถังอัดความดันโดยตรงพบว่ามีค่าใช้จ่ายสูงกว่าการเผาฟางกำมะถันประมาณ 39-55 สตางค์ต่อกิโลกรัมผลลำไย (จักรพงษ์และคณะ, 2550) แต่อย่างไรก็ตามการเลือกใช้แก๊สจากถังอัดความดันโดยตรง น่าจะเหมาะสมกว่า เพราะ 1) สามารถควบคุมความเข้มข้นของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ได้อย่างแม่นยำมากกว่าการเผาฟางกำมะถัน โดยเฉพาะที่ความเข้มข้นระดับต่ำๆ หากไม่แม่นยำ ระดับความเข้มข้นของสารอาจจะต่ำเกินกว่าจะสามารถควบคุมการเกิดโรคและการเกิดสีน้ำตาลได้ 2) สามารถทำได้สะดวกรวดเร็วและปลอดภัยกว่าการเผาฟางกำมะถันซึ่งต้องใช้เตาเผาที่มีความร้อนสูงถึง 250 องศาเซลเซียส และการเผาในระยะเวลาที่จำกัดมักเผาไหม้ไม่หมดต้องใช้ผงโซเดียมไนเตรทหรือแก๊สออกซิเจนเพื่อเร่งปฏิกิริยาเผาไหม้ จำเป็นต้องอาศัยผู้เชี่ยวชาญและมีประสบการณ์ (จักรพงษ์, 2542) 3) มีปริมาณซัลไฟด์ตกค้างหลังรมทันทีในเนื้อเพียง 6 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งไม่เกินเกณฑ์มาตรฐานที่ประเทศจีนซึ่งเป็นผู้นำเข้ารายใหญ่กำหนดไว้ในเนื้อ คือ 30

มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และไม่พบอีกเลยหลังจากเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 5 วัน 4) มีปริมาณซัลไฟต์ตกค้างหลังรมในเปลือกเมื่อเก็บรักษาไว้ 5 วัน ไม่เกินเกณฑ์ที่สถาบันอาหาร (2541) ได้กำหนดไว้ คือ 1,700 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และ 5) ยังคงสามารถป้องกันการเกิดโรคผลเน่าและการเกิดสีน้ำตาลได้เช่นเดียวกัน

เมื่อเปรียบเทียบความเข้มข้นของแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์หลังสิ้นสุดกระบวนการรม 4,000 ไมโครลิตรต่อลิตร พบว่ามีปริมาณซัลไฟต์ตกค้างในส่วนเปลือกและเนื้อผลลำไยมากกว่าความเข้มข้น 2,000 ไมโครลิตรต่อลิตร เนื่องจากที่ระดับความเข้มข้นสูงกว่าซัลเฟอร์ไดออกไซด์มีปริมาณมากกว่าสามารถแพร่กระจายเข้าไปในผลลำไยได้มากกว่า (จักรพงษ์, 2542) ดังนั้นจึงควรเลือกความเข้มข้นของซัลเฟอร์ไดออกไซด์หลังสิ้นสุดกระบวนการรมควรเลือก 2,000 ไมโครลิตรต่อลิตร เพราะมีปริมาณซัลไฟต์ตกค้างในเปลือกและเนื้อผลน้อยกว่าการใช้ความเข้มข้น 4,000 ไมโครลิตรต่อลิตร แต่ในการทดลองที่ 3 ผู้ประกอบการมีความประสงค์เลือกใช้ความเข้มข้นของซัลเฟอร์ไดออกไซด์หลังสิ้นสุดกระบวนการรม 4,000 ไมโครลิตรต่อลิตร โดยมีเหตุผลดังนี้ 1) จักรพงษ์และคณะ (2550) เคยศึกษาการรมซัลเฟอร์ไดออกไซด์ด้วยระบบหมุนเวียนอากาศแบบปกติ ณ ความเข้มข้นของซัลเฟอร์ไดออกไซด์หลังสิ้นสุดกระบวนการรม 2,000 ไมโครลิตรต่อลิตร พบว่า ผลลำไยมีคุณภาพสีเปลือกใกล้เคียงกับผลลำไยชุดควบคุม ทำให้ผู้ประกอบการไม่มั่นใจความสามารถในการควบคุมโรคและควบคุมการเกิดสีน้ำตาลบนเปลือกผล 2) มีปริมาณซัลไฟต์ตกค้างหลังรมทันทีในเนื้อเพียง 8 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งไม่เกินเกณฑ์มาตรฐานที่ประเทศจีนซึ่งเป็นผู้นำเข้ารายใหญ่กำหนดไว้ในเนื้อ คือ 30 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม 3) เมื่อการเก็บรักษา 5 วัน มีปริมาณซัลไฟต์ตกค้างหลังรมในเปลือกผลลำไยไม่เกินเกณฑ์ที่สถาบันอาหาร (2541) ได้กำหนดไว้ คือ 1,700 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และ 4) ยังคงสามารถป้องกันการเกิดโรคผลเน่าและการเกิดสีน้ำตาลได้เช่นเดียวกัน

จากข้อมูลสำหรับการค้าการรมซัลเฟอร์ไดออกไซด์กับผลลำไยสดด้วยระบบหมุนเวียนอากาศแบบบังคับในแนวตั้งสามารถใช้กับบรรจุภัณฑ์ทางการค้าทั่วไปซึ่งเป็นตะกร้าทรงสี่เหลี่ยมคางหมูได้ โดยไม่มีปัญหาปริมาณซัลไฟต์ตกค้าง โดยยังคงสามารถควบคุมการเกิดโรคผลเน่าและการเกิดสีน้ำตาลบนเปลือกผลได้เช่นเดียวกับการรมจากผู้ประกอบการ เมื่อเลือกใช้อัตราเร็วของอากาศ, รูปแบบของการใช้ซัลเฟอร์ไดออกไซด์และระดับความเข้มข้นที่เหมาะสม ถึงแม้ว่าค่าใช้จ่ายจะสูงกว่าแต่ผู้ประกอบการน่าจะสามารถปรับเปลี่ยนได้ เนื่องจากมีต้นทุนที่เพิ่มเพียง 39-55 สตางค์ต่อกิโลกรัมผลลำไย (จักรพงษ์ และคณะ, 2550)

สรุป

การรมซัลเฟอร์ไดออกไซด์กับผลลำไยสดด้วยวิธีการหมუნเวียนอากาศแบบบังคับในแนวตั้งสามารถใช้ได้ดีกับตะกร้าทรงสี่เหลี่ยมคางหมูซึ่งเป็นบรรจุภัณฑ์ทางการค้า เมื่อใช้อัตราเร็วของอากาศ 0.6 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที ร่วมกับการใช้แก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์จากถังอัดความดันโดยตรงที่ระดับความเข้มข้นหลังสิ้นสุดกระบวนการรม 4,000 ไมโครลิตรต่อลิตร โดยพบว่ามีปริมาณซัลไฟด์ตกค้างในเปลือกและเนื้อผลลำไยน้อยกว่าการรมจากผู้ประกอบการ แต่ยังคงสามารถควบคุมการเกิดโรคและการเกิดสีน้ำตาลบนเปลือกผลได้เช่นเดียวกับการรมจากผู้ประกอบการและดีกว่าผลลำไยสดควบคุม

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กรมศุลกากร. 2552. ปริมาณและมูลค่าการส่งออกผลไม้สด แยกรายประเทศ. แหล่งที่มา:

http://agri.dit.go.th/web_dit_sec3/admin/uploadfiles/upload_files.pdf, 23 กรกฎาคม 2553.

กาญจนา นิรัถย์ อูราภรณ์ สอาดสุด และ เอกชัย ชูเกียรติโรจน์. 2549. การควบคุมเชื้อราก่อโรคหลังการเก็บเกี่ยว *Lasiodiplodia* spp. โดยชีววิธี, ใน เอกสารการประชุมวิชาการพืชสวนแห่งชาติ ครั้งที่ 6, ณ โรงแรมโลตัสปางสวนแก้ว เชียงใหม่.

จรัสแท้ ศิริพานิช. 2549. สรีรวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้. พิมพ์ครั้งที่ 6. ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, นครปฐม. 396 หน้า.

จรัสแท้ ศิริพานิช. 2550. ชีววิทยาหลังการเก็บเกี่ยวและการวางของพืช. พิมพ์ครั้งที่ 2. ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, นครปฐม. 453 หน้า.

จักรพงษ์ พิมพ์พิมล จาตุพงษ์ วาฤทธ และ สมเกียรติ จตุรงค์กล้าเลิศ. 2550. การรมซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) กับผลลำไยสดด้วยวิธีหมุนเวียนอากาศแบบ forced-air. คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้, เชียงใหม่. 87 หน้า

จักรพงษ์ พิมพ์พิมล. 2542. เทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้. ภาควิชาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้, เชียงใหม่. 206 หน้า.

ชิงชิง ทองดี. 2535. การปฏิบัติการที่ถูกต้อง (GMP) ในการรมควันลำไยด้วย SO_2 , น. 71-80. ใน เอกสารการฝึกอบรม การรมควันซัลเฟอร์ไดออกไซด์กับลำไยสดหลังการเก็บเกี่ยวเพื่อการส่งออก 18 มีนาคม 2535 ณ โรงแรมรามาร์คเดนมาร์ก, กรุงเทพฯ.

ดนัย บุญเกียรติ และพิชิต เชื้อเมืองพาน. 2546. การใช้สารเคมีที่ปลอดภัยทดแทน SO_2 ในผลลำไย. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ คณะเกษตรศาสตร์ ภาควิชาพืชสวน, เชียงใหม่. 76 หน้า.

บุษรา จันทรแก้วมณี เกรียงไกร สุภโตชะ รุ่งทิวา รอดจันทร์ และ อุมารณณ์ สุจริตทวิสุข. 2550.

การศึกษาการใช้สารซัลเฟอร์ไดออกไซด์จากไร่ผลไม้สดเพื่อการส่งออก. วารสารวิทยาศาสตร์
เกษตร 38: 5 (พิเศษ): 383-386.

พรเทพ จอมเมือง จาตุพญ์ วาฤทธิ สมเกียรติ จตุรงค์กล้าเลิศและ จักรพงษ์ พิมพ์พิมล. 2553. การศึกษา
ความดันตกคร่อมสำหรับห้องรมซัลเฟอร์ไดออกไซด์ของลำไยด้วยระบบหมุนเวียนอากาศ
แบบบังคับในแนวดิ่ง. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 41: 1 (พิเศษ): 314-317.

พาวิน มะโนชัย ยุทธนา เขาสุเมรุ ชิตี ศรีตันทิพย์ และสันติ ช่างเจรจา. 2546. เทคโนโลยีการผลิตลำไย.
พิมพ์ครั้งที่ 1. หจก. สำนักพิมพ์ฟิสิกส์เซ็นเตอร์, กรุงเทพฯ. 126 หน้า.

มัทนา กันทาดี และวัลลภา ขาววิชัย. 2549. การรมซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) ระดับความเข้มข้นต่ำกับ
ผลลำไยสด ด้วยระบบหมุนเวียนอากาศแบบ forced – air ในเชิงงานนำร่องและเชิงการค้า.
ปัญหาพิเศษปริญญาตรี. ภาควิชาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะวิศวกรรมและ
อุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้, เชียงใหม่. 43 หน้า.

มาตรฐานสินค้าเกษตรแห่งชาติ. 2546. มาตรฐานสินค้าเกษตรแห่งชาติ. แหล่งที่มา :
<http://www.acfs.go.th/standard/download/longans.pdf>, 13 มกราคม 2554.

ศิวาพร ศิวเวช 2546. วัตถุเจือปนอาหาร เล่ม 1. โรงพิมพ์ศูนย์ส่งเสริมและฝึกอบรมการเกษตรแห่งชาติ
นครปฐม. 380 น.

สดศรี เนียมเปรม. 2542. ขั้นตอนการปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยวลำไยเพื่อการส่งออก. เอกสาร
ประกอบการฝึกอบรมเรื่องการตรวจสอบและรับรองโรงรมควันลำไยสดด้วยก๊าซซัลเฟอร์ได
ออกไซด์ สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย. 20 หน้า

สถาบันวิจัยและพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2549. วิธีการเลือกซื้อและใช้พัฒลมให้ประหยัด
ไฟ. แหล่งที่มา: http://teenet.chiangmai.ac.th/emac/emacnews_newspaper_details.php?id=80, 12 กุมภาพันธ์ 2553.

สถาบันอาหาร. 2541. คู่มือการอบรมควัน – อบแห้งลำไย (พร้อมกรรมวิธีการผลิตและแบบแปลน).
พิมพ์ครั้งที่ 1. บริษัท อินโนมิเดีย จำกัด, กรุงเทพฯ. 74 หน้า.

สัมพันธ์ ศรีสุริยวงษ์. 2535. กระบวนการควบคุมการรมควันลำไยด้วย SO₂ และการกำจัดแก๊ส SO₂ ที่เหลือจากห้องอบ, น.160-190. ใน เอกสารการฝึกอบรมการรม SO₂ กับลำไยสดหลังการเก็บเกี่ยวเพื่อการส่งออก 18 มีนาคม 2535 ณ โรงแรมรามาร์คเด้นส์, กรุงเทพฯ.

A.O.A.C. 1984. **Official Method of Analysis**. Association of Official Analytical Chemists, Inc., Virginia. 1298 p.

Codex Alimentarius Commission. 2009. **Codex General Standard for Food Additives (GSFA) Online Database**. Available from:
<http://www.codexalimentarius.net/gsfaonline/index.html?lang=en>, 2009, December 14.

Luvisi, D.A., H.H. Shorey, J.L. Smilanick, J.F. Thompson, B.H. Gump and J.Knuton. 1992. **Sulfur Dioxide Fumigation of Table Grapes. Bulletin 1932**. Division of Agriculture and Natural Resources. University of California, Oakland. 21 p.

Jiang, Y., Z. Zhang, D.C. Joyce and S. Ketsa. 2002. Postharvest biology and handling of longan fruit (*Dimocarpus longan* Lour.). **Postharvest Biology and Technology** 26(3): 241-252.

Paull, R.E. and N.J. Chen. 1987. Change in longan and rambutan during post-harvest storage. **Hortscience** 22: 1303-1304.

Yohanan, Z., L. Amnon, K. Tatiana and L. Susan. 2008. Extended storage of 'Red Globe' grapes in modified SO₂ generating pads. **Postharvest Biology and Technology** 50 (2008) 12-17.





ภาคผนวก ก
ตารางค่าเฉลี่ยและตารางการวิเคราะห์สัณยคติ (ANOVA)
ของคุณภาพผลลำไยในการทดลองที่ 1

ตารางผนวกที่ ก1 ปริมาณซัลไฟต์ตกค้าง (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ในเปลือกผลลำไยในแต่ละกรรมวิธี ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 95 เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลา 20 วัน

ระยะเวลา เก็บรักษา (วัน)	รูปทรงตะกร้า	อัตราเร็วของอากาศ (ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที)			เฉลี่ย ^{2/}
		0.6	0.8	1.0	
0	ทรงสี่เหลี่ยมคางหมู	1780p ^{3/}	1660pq	1530q	1660a
	ทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า	1630pq	1780p	1660pq	1690a
	เฉลี่ย ^{1/}	1705x	1720x	1595y	
CV = 7.6%					
5	ทรงสี่เหลี่ยมคางหมู	1170p	970p	960p	1030a
	ทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า	1010p	1030p	1040p	1030a
	เฉลี่ย ^{1/}	1090x	1000x	1000x	
CV = 11.6%					
10	ทรงสี่เหลี่ยมคางหมู	970p	810qr	700r	830a
	ทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า	850pq	810qr	950p	880a
	เฉลี่ย ^{1/}	910x	810y	825y	
CV = 10.8%					
15	ทรงสี่เหลี่ยมคางหมู	800pq	730pr	670r	730a
	ทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า	730qr	720qr	830p	760a
	เฉลี่ย ^{1/}	765x	725x	750x	
CV = 6.1%					
20	ทรงสี่เหลี่ยมคางหมู	680p	680p	660p	670b
	ทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า	720p	710p	780p	740a
	เฉลี่ย ^{1/}	700x	695x	720x	
CV = 7.1%					

หมายเหตุ ^{1/2/3/} ตัวเลขที่ตามด้วยอักษรที่เหมือนกันในแนวนอน ในแต่ละระยะเวลากการเก็บรักษาไม่มี ความแตกต่างทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางผนวกที่ ก2 ปริมาณซัลไฟต์ (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ในเนื้อผลลำไยในแต่ละกรรมวิธีระหว่าง การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 95 เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลา 20 วัน

ระยะเวลา เก็บรักษา (วัน)	รูปทรงตะกร้า	อัตราเร็วของอากาศ (ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที)			เฉลี่ย ^{2/}
		0.6	0.8	1.0	
0	ทรงสี่เหลี่ยมคางหมู	4p ^{3/}	5p	3p	4a
	ทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า	3p	3p	4p	4a
	เฉลี่ย ^{1/}	4x	4x	4x	
CV = 29.0%					

หมายเหตุ ^{1/ 2/ 3/} ตัวเลขที่ตามด้วยอักษรที่เหมือนกันในแนวดิ่ง ในแต่ละระยะเวลากการเก็บรักษาไม่มี ความแตกต่างทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางผนวกที่ ก3 ANOVA สำหรับการทดสอบตะกร้า 2 รูปทรงกับอัตราเร็วของอากาศ 3 ระดับ ต่อ ปริมาณการตกค้างของซัลไฟด์ในเปลือกผลลำไย ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 95 เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลา 20 วัน

ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)	Source	df	SS	MS	F
0	Treatment	5	226935		
	รูปทรงตะกร้า	1	8300	8300	0.6 ns
	อัตราเร็วของอากาศ	2	91546	45773	3.5 *
	รูปทรงตะกร้าxอัตราเร็วของอากาศ	2	127088	63544	4.8 *
	Error	24	313630	13067	
	Total	29	540565		
5	Treatment	5	137409		
	รูปทรงตะกร้า	1	8	8	0.0 ns
	อัตราเร็วของอากาศ	2	51480	25740	2.0 ns
	รูปทรงตะกร้าxอัตราเร็วของอากาศ	2	85920	42960	3.3 ns
	Error	24	308255	12844	
	Total	29	445665		
10	Treatment	5	251015		
	รูปทรงตะกร้า	1	16661	16661	2.2 ns
	อัตราเร็วของอากาศ	2	56927	28463	3.8 *
	รูปทรงตะกร้าxอัตราเร็วของอากาศ	2	17742	88713	11.8 *
	Error	24	180375	7515	
	Total	29	431391		

หมายเหตุ ค่า F ที่ตามด้วย * หมายถึง ปัจจัยมีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ($F > F_{0.05}$ เมื่อ $F_{0.05 (1, 24)} = 4.26$, และ $F_{0.05 (2, 24)} = 3.40$) และค่า F ที่ตามด้วย ns หมายถึง ปัจจัยไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ตารางผนวกที่ ก3 (ต่อ)

ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)		Source	df	SS	MS	F
15	Treatment		5	84460		
	รูปทรงตะกร้า		1	7616	7616	1.9 ns
	อัตราเร็วของอากาศ		2	7176	3588	0.8 ns
	รูปทรงตะกร้าxอัตราเร็วของอากาศ		2	69667	34833	8.5 *
	Error		24	98221	4092	
	Total		29	182681		
20	Treatment		5	47637		
	รูปทรงตะกร้า		1	31882	31882	12.3*
	อัตราเร็วของอากาศ		2	3274	1637	0.6 ns
	รูปทรงตะกร้าxอัตราเร็วของอากาศ		2	12480	6240	2.4 ns
	Error		24	62233	62233	
	Total		29	109871		

หมายเหตุ ค่า F ที่ตามด้วย * หมายถึง ปัจจัยมีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ($F > F_{0.05}$ เมื่อ $F_{0.05 (1, 24)} = 4.26$, และ $F_{0.05 (2, 24)} = 3.40$) และค่า F ที่ตามด้วย ns หมายถึง ปัจจัยไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ตารางผนวกที่ ก4 ANOVA สำหรับการทดสอบตะกร้า 2 รูปทรงกับอัตราเร็วของอากาศ 3 ระดับ ต่อ ปริมาณการตกค้างของซัลไฟด์ในเนื้อผลลำไย ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 95 เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลา 20 วัน

ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)	Source	df	SS	MS	F
0	Treatment	5	8		
	รูปทรงตะกร้า	1	2	2	1.3 ns
	อัตราเร็วของอากาศ	2	0	0	0.1 ns
	รูปทรงตะกร้าxอัตราเร็วของอากาศ	2	6	3	2.4 ns
	Error	24	31	1	
	Total	29	39		

หมายเหตุ ค่า F ที่ตามด้วย * หมายถึง ปัจจัยมีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ($F > F_{0.05}$ เมื่อ $F_{0.05 (1, 24)} = 4.26$, และ $F_{0.05 (2, 24)} = 3.40$) และค่า F ที่ตามด้วย ns หมายถึง ปัจจัยไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ตารางผนวกที่ ก5 ค่าความสว่าง (L*) ของเปลือกผลลำไยในแต่ละกรรมวิธีระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 95 เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลา 20 วัน

ระยะเวลา เก็บรักษา (วัน)	รูปทรงตะกร้า	อัตราเร็วของอากาศ (ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที)			เฉลี่ย ^{2/}
		0.6	0.8	1.0	
0	ทรงสี่เหลี่ยมคางหมู	51p ^{3/}	52p	50p	51a
	ทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า	50p	51p	51p	51a
	เฉลี่ย ^{1/}	51x	52x	51x	
CV = 2.2%					
5	ทรงสี่เหลี่ยมคางหมู	51p	50p	50p	50a
	ทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า	49p	50p	50p	50a
	เฉลี่ย ^{1/}	50x	50x	50x	
CV = 1.9%					
10	ทรงสี่เหลี่ยมคางหมู	50p	50p	50p	50a
	ทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า	49p	49p	50p	49a
	เฉลี่ย ^{1/}	49x	50x	50x	
CV = 1.7%					
15	ทรงสี่เหลี่ยมคางหมู	49p	51p	49p	50a
	ทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า	49p	49p	50p	49a
	เฉลี่ย ^{1/}	49x	50x	50x	
CV = 2.2%					
20	ทรงสี่เหลี่ยมคางหมู	49p	51p	50p	50a
	ทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า	49p	49p	49p	49a
	เฉลี่ย ^{1/}	49x	50x	50x	
CV = 2.3%					

หมายเหตุ ^{1/2/3/} ตัวเลขที่ตามด้วยอักษรที่เหมือนกันในแนวนอง ในแต่ละระยะเวลารักษาไม่มี
ความแตกต่างทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's multiple range test
(DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางผนวกที่ 6 ค่าความเข้มสี (C*) ของเปลือกผลลำไยในแต่ละกรรมวิธีระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 95 เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลา 20 วัน

ระยะเวลา เก็บรักษา (วัน)	รูปทรงตะกร้า	อัตราเร็วของอากาศ (ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที)			เฉลี่ย ^{2/}
		0.6	0.8	1.0	
0	ทรงสี่เหลี่ยมคางหมู	37p ^{3/}	38p	38p	38a
	ทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า	38p	37p	40p	38a
	เฉลี่ย ^{1/}	38x	38x	39x	
CV = 3.24%					
5	ทรงสี่เหลี่ยมคางหมู	37p	38p	38p	38a
	ทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า	38p	39p	49p	38a
	เฉลี่ย ^{1/}	38x	38x	38x	
CV = 3.4%					
10	ทรงสี่เหลี่ยมคางหมู	36p	37p	38p	37a
	ทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า	38p	37p	38p	37a
	เฉลี่ย ^{1/}	37x	37x	38x	
CV = 2.2%					
15	ทรงสี่เหลี่ยมคางหมู	36p	37p	37p	37b
	ทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า	38p	37p	37p	37a
	เฉลี่ย ^{1/}	37x	37x	37x	
CV = 1.7%					
20	ทรงสี่เหลี่ยมคางหมู	37p	36p	37p	37a
	ทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า	37p	37p	37p	37a
	เฉลี่ย ^{1/}	37x	36x	37x	
CV = 3.5%					

หมายเหตุ ^{1/ 2/ 3/} ตัวเลขที่ตามด้วยอักษรที่เหมือนกันในแนวดิ่ง ในแต่ละระยะเวลากการเก็บรักษาไม่มีความแตกต่างทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางผนวกที่ ก7 ค่าเฉลี่ย (h°) ของเปลือกผลลำไยในแต่ละกรรมวิธีระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 95 เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลา 20 วัน

ระยะเวลา เก็บรักษา (วัน)	รูปทรงตะกร้า	อัตราเร็วของอากาศ (ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที)			เฉลี่ย ^{2/}
		0.6	0.8	1.0	
0	ทรงสี่เหลี่ยมคางหมู	75p ^{3/}	75p	75p	75a
	ทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า	75p	75p	75p	75a
	เฉลี่ย ^{1/}	75x	75x	75x	
CV = 1.7%					
5	ทรงสี่เหลี่ยมคางหมู	75p	75p	74p	75a
	ทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า	74p	74p	74p	75a
	เฉลี่ย ^{1/}	75x	74x	74x	
CV = 2.4%					
10	ทรงสี่เหลี่ยมคางหมู	73p	73p	73p	73a
	ทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า	72p	72p	73p	73a
	เฉลี่ย ^{1/}	73x	72x	73x	
CV = 2.7%					
15	ทรงสี่เหลี่ยมคางหมู	71p	72p	71p	71a
	ทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า	70p	72p	73p	72a
	เฉลี่ย ^{1/}	70x	72x	72x	
CV = 2.9%					
20	ทรงสี่เหลี่ยมคางหมู	70p	70p	71p	70a
	ทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า	71p	71p	71p	71a
	เฉลี่ย ^{1/}	70x	71x	71x	
CV = 2.8%					

หมายเหตุ ^{1/2/3/} ตัวเลขที่ตามด้วยอักษรที่เหมือนกันในแนวดิ่ง ในแต่ละระยะเวลาการเก็บรักษาไม่มี ความแตกต่างทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางผนวกที่ 8 ANOVA สำหรับการทดสอบตะกร้า 2 รูปทรงกับอัตราเร็วของอากาศ 3 ระดับ ต่อค่าความสว่าง (L*) ของเปลือกผลลำไย ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 95 เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลา 20 วัน

ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)	Source	df	SS	MS	F
0	Treatment	5	10		
	รูปทรงตะกร้า	1	2	2	1.7 ns
	อัตราเร็วของอากาศ	2	6	2	2.6 ns
	รูปทรงตะกร้าxอัตราเร็วของอากาศ	2	2	3	0.9 ns
	Error	24	27	1	
	Total	29	37		
5	Treatment	5	10		
	รูปทรงตะกร้า	1	4	4	4.2 ns
	อัตราเร็วของอากาศ	2	1	1	0.5 ns
	รูปทรงตะกร้าxอัตราเร็วของอากาศ	2	5	2	2.4 ns
	Error	24	24	1	
	Total	29	34		
10	Treatment	5	5		
	รูปทรงตะกร้า	1	3	3	3.2 ns
	อัตราเร็วของอากาศ	2	1	1	0.7 ns
	รูปทรงตะกร้าxอัตราเร็วของอากาศ	2	1	1	0.7 ns
	Error	24	19	1	
	Total	29			

หมายเหตุ ค่า F ที่ตามด้วย * หมายถึง ปัจจัยมีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ($F > F_{0.05}$ เมื่อ $F_{0.05 (1, 24)} = 4.26$, และ $F_{0.05 (2, 24)} = 3.40$) และค่า F ที่ตามด้วย ns หมายถึง ปัจจัยไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ตารางผนวกที่ 8 (ต่อ)

ระยะเวลาการ เก็บรักษา (วัน)	Source	df	SS	MS	F
15	Treatment	5	19		
	รูปทรงตะกร้า	1	5	6	3.5 ns
	อัตราเร็วของอากาศ	2	6	3	2.5 ns
	รูปทรงตะกร้าxอัตราเร็วของอากาศ	2	8	4	3.0 ns
	Error	24	31	1	
	Total	29	50		
20	Treatment	5	15		
	รูปทรงตะกร้า	1	4	4	2.6 ns
	อัตราเร็วของอากาศ	2	6	3	2.7 ns
	รูปทรงตะกร้าxอัตราเร็วของอากาศ	2	5	3	2.3 ns
	Error	24	27	1	
	Total	29	43		

หมายเหตุ ค่า F ที่ตามด้วย * หมายถึง ปัจจัยมีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ($F > F_{0.05}$ เมื่อ $F_{0.05 (1, 24)} = 4.26$, และ $F_{0.05 (2, 24)} = 3.40$) และค่า F ที่ตามด้วย ns หมายถึง ปัจจัยไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ตารางผนวกที่ 9 ANOVA สำหรับการทดสอบตะกร้า 2 รูปทรงกับอัตราเร็วของอากาศ 3 ระดับ ต่อค่าความเข้มข้น (C*) ของเปลือกผลลำไย ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 95 เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลา 20 วัน

ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)	Source	df	SS	MS	F
0	Treatment	5	15		
	รูปทรงตะกร้า	1	5	5	3.7 ns
	อัตราเร็วของอากาศ	2	8	4	2.7 ns
	รูปทรงตะกร้าxอัตราเร็วของอากาศ	2	2	1	0.8 ns
	Error	24	35	2	
	Total	29	50		
5	Treatment	5	20		
	รูปทรงตะกร้า	1	6	6	3.1 ns
	อัตราเร็วของอากาศ	2	11	6	3.1 ns
	รูปทรงตะกร้าxอัตราเร็วของอากาศ	2	3	2	0.9 ns
	Error	24	43	2	
	Total	29	63		
10	Treatment	5	7		
	รูปทรงตะกร้า	1	1	1	1.6 ns
	อัตราเร็วของอากาศ	2	2	1	1.1 ns
	รูปทรงตะกร้าxอัตราเร็วของอากาศ	2	4	2	2.5 ns
	Error	24	18	1	
	Total	29	25		

หมายเหตุ ค่า F ที่ตามด้วย * หมายถึง ปัจจัยมีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ($F > F_{0.05}$ เมื่อ $F_{0.05 (1, 24)} = 4.26$, และ $F_{0.05 (2, 24)} = 3.40$) และค่า F ที่ตามด้วย ns หมายถึง ปัจจัยไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ตารางผนวกที่ ก9 (ต่อ)

ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)		Source	df	SS	MS	F
15	Treatment		5	6		
	รูปทรงตะกร้า		1	2	2	4.5 *
	อัตราเร็วของอากาศ		2	1	1	1.5 ns
	รูปทรงตะกร้าxอัตราเร็วของอากาศ		2	3	1	3.3 ns
	Error		24	10	0	
	Total		29	17		
20	Treatment		5	4		
	รูปทรงตะกร้า		1	1	1	1.2 ns
	อัตราเร็วของอากาศ		2	3	2	3.6 ns
	รูปทรงตะกร้าxอัตราเร็วของอากาศ		2	0	0	0.1 ns
	Error		24	11	0	
	Total		29	15		

หมายเหตุ ค่า F ที่ตามด้วย * หมายถึง ปัจจัยมีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ($F > F_{0.05}$ เมื่อ $F_{0.05 (1, 24)} = 4.26$, และ $F_{0.05 (2, 24)} = 3.40$) และค่า F ที่ตามด้วย ns หมายถึง ปัจจัยไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ตารางผนวกที่ ก10 ANOVA สำหรับการทดสอบตะกร้า 2 รูปทรงกับอัตราเร็วของอากาศ 3 ระดับ ต่อค่าความเจดสี (h°) ของเปลือกผลลำไย ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 95 เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลา 20 วัน

ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)	Source	df	SS	MS	F
0	Treatment	5	2		
	รูปทรงตะกร้า	1	2	2	1.2 ns
	อัตราเร็วของอากาศ	2	0	0	0.0 ns
	รูปทรงตะกร้าxอัตราเร็วของอากาศ	2	0	0	0.0 ns
	Error	24	40	2	
	Total	29	42		
5	Treatment	5	5		
	รูปทรงตะกร้า	1	1	1	0.3 ns
	อัตราเร็วของอากาศ	2	2	1	0.3 ns
	รูปทรงตะกร้าxอัตราเร็วของอากาศ	2	2	1	0.3 ns
	Error	24	82	3	
	Total	29	88		
10	Treatment	5	5		
	รูปทรงตะกร้า	1	4	4	0.9 ns
	อัตราเร็วของอากาศ	2	0	0	0.1 ns
	รูปทรงตะกร้าxอัตราเร็วของอากาศ	2	1	1	0.1 ns
	Error	24	95	4	
	Total	29	100		

หมายเหตุ ค่า F ที่ตามด้วย * หมายถึง ปัจจัยมีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ($F > F_{0.05}$ เมื่อ $F_{0.05 (1, 24)} = 4.26$, และ $F_{0.05 (2, 24)} = 3.40$) และค่า F ที่ตามด้วย ns หมายถึง ปัจจัยไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ตารางผนวกที่ ก10 (ต่อ)

ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)		Source	df	SS	MS	F
15	Treatment		5	25		
	รูปทรงตะกร้า		1	3	3	0.6 ns
	อัตราเร็วของอากาศ		2	16	8	1.8 ns
	รูปทรงตะกร้าxอัตราเร็วของอากาศ		2	6	3	0.7 ns
	Error		24	108	5	
	Total		29	133		
20	Treatment		5	10		
	รูปทรงตะกร้า		1	2	2	0.5 ns
	อัตราเร็วของอากาศ		2	6	3	0.7 ns
	รูปทรงตะกร้าxอัตราเร็วของอากาศ		2	2	1	0.3 ns
	Error		24	99	4	
	Total		29	109		

หมายเหตุ ค่า F ที่ตามด้วย * หมายถึง ปัจจัยมีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ($F > F_{0.05}$ เมื่อ $F_{0.05 (1, 24)} = 4.26$, และ $F_{0.05 (2, 24)} = 3.40$) และค่า F ที่ตามด้วย ns หมายถึง ปัจจัยไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ตารางผนวกที่ ก11 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (องศาบริกซ์) ของลำไยในแต่ละกรรมวิธีระหว่าง การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 95 เปอร์เซ็นต์ เป็น ระยะเวลา 20 วัน

ระยะเวลา เก็บรักษา (วัน)	รูปทรงตะกร้า	อัตราเร็วของอากาศ (ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที)			เฉลี่ย ^{2/}
		0.6	0.8	1.0	
0	ทรงสี่เหลี่ยมคางหมู	18p ^{3/}	18p	18p	18a
	ทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า	18p	18p	19p	18a
	เฉลี่ย ^{1/}	18x	18x	18x	
CV = 3.9%					
5	ทรงสี่เหลี่ยมคางหมู	18p	18p	18p	18a
	ทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า	18p	18p	18p	18a
	เฉลี่ย ^{1/}	18x	18x	18x	
CV = 5.2%					
10	ทรงสี่เหลี่ยมคางหมู	18p	18p	18p	18a
	ทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า	17p	17p	18p	18a
	เฉลี่ย ^{1/}	17x	18x	18x	
CV = 5.7%					
15	ทรงสี่เหลี่ยมคางหมู	18p	18p	18pq	18a
	ทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า	17q	18pq	18p	18a
	เฉลี่ย ^{1/}	18x	18x	18x	
CV = 3.5%					
20	ทรงสี่เหลี่ยมคางหมู	18p	18.3p	17p	18a
	ทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า	17p	18.2p	18p	17a
	เฉลี่ย ^{1/}	17x	18.2x	18x	
CV = 5.8%					

หมายเหตุ ^{1/ 2/ 3/} ตัวเลขที่ตามด้วยอักษรที่เหมือนกันในแนวดัง ในแต่ละระยะเวลารับรักษาไม่มี ความแตกต่างทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางผนวกที่ ก12 ANOVA สำหรับการทดสอบตะกร้า 2 รูปทรงกับอัตราเร็วของอากาศ 3 ระดับ ต่อ ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 95 เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลา 20 วัน

ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)	Source	df	SS	MS	F
0	Treatment	5	3		
	รูปทรงตะกร้า	1	0	0	0.3 ns
	อัตราเร็วของอากาศ	2	1	1	1.1 ns
	รูปทรงตะกร้าxอัตราเร็วของอากาศ	2	1	1	1.3 ns
	Error	24	13	1	
	Total	29	12		
5	Treatment	5	2		
	รูปทรงตะกร้า	1	0	0	0.2 ns
	อัตราเร็วของอากาศ	2	1	1	1.7 ns
	รูปทรงตะกร้าxอัตราเร็วของอากาศ	2	1	1	1.8 ns
	Error	24	8	0	
	Total	29	10		
10	Treatment	5	4		
	รูปทรงตะกร้า	1	1	1	0.5 ns
	อัตราเร็วของอากาศ	2	2	1	0.8 ns
	รูปทรงตะกร้าxอัตราเร็วของอากาศ	2	1	1	0.6 ns
	Error	24	27	1	
	Total	29	30		

หมายเหตุ ค่า F ที่ตามด้วย * หมายถึง ปัจจัยมีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ($F > F_{0.05}$ เมื่อ $F_{0.05 (1, 24)} = 4.26$, และ $F_{0.05 (2, 24)} = 3.40$) และค่า F ที่ตามด้วย ns หมายถึง ปัจจัยไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ตารางผนวกที่ ก12 (ต่อ)

ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)		Source	df	SS	MS	F
15	Treatment		5	5		
	รูปทรงตะกร้า		1	1	1	1.2 ns
	อัตราเร็วของอากาศ		2	0	0	0.5 ns
	รูปทรงตะกร้าxอัตราเร็วของอากาศ		2	4	2	4.36 *
	Error		24	10	0	
	Total		29	15		
20	Treatment		5	7		
	รูปทรงตะกร้า		1	1	1	0.7 ns
	อัตราเร็วของอากาศ		2	1	1	0.5 ns
	รูปทรงตะกร้าxอัตราเร็วของอากาศ		2	5	3	2.15 ns
	Error		24	37	1	
	Total		29	34		

หมายเหตุ ค่า F ที่ตามด้วย * หมายถึง ปัจจัยมีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ($F > F_{0.05}$ เมื่อ $F_{0.05 (1, 24)} = 4.26$, และ $F_{0.05 (2, 24)} = 3.40$) และค่า F ที่ตามด้วย ns หมายถึง ปัจจัยไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %



ภาคผนวก ข

ตารางค่าเฉลี่ยและตารางการวิเคราะห์สถิติ (ANOVA)
ของคุณภาพผลลำไยในการทดลองที่ 2

ตารางผนวกที่ ข13 ปริมาณซัลไฟต์ตกค้าง (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ในเปลือกผลลำไยในแต่ละกรรมวิธี ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 95 เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลา 20 วัน

ระยะเวลา เก็บรักษา (วัน)	รูปแบบการใช้	ความเข้มข้น SO ₂ หลังสิ้นสุดการรม (ไมโครลิตร/ลิตร)		เฉลี่ย ^{2/}
		2000	4000	
0	SO ₂	1737p ^{3/}	2177p	1957a
	S	1414p	2013p	1713b
	เฉลี่ย ^{1/}	1575 ^y	2094 ^x	
	CV = 9.3%			
5	SO ₂	1304p	1179p	1241a
	S	1086p	1227p	1156a
	เฉลี่ย ^{1/}	1195x	1203x	
	CV = 14.8%			
10	SO ₂	1089p	1163p	1126a
	S	945p	1180p	1063a
	เฉลี่ย ^{1/}	1017y	1171x	
	CV = 12.8%			
15	SO ₂	957p	1095p	1026a
	S	887p	1157p	1022a
	เฉลี่ย ^{1/}	922 ^y	1126 ^x	
	CV = 6.6%			
20	SO ₂	950p	1003p	976a
	S	880p	1097p	988a
	เฉลี่ย ^{1/}	915y	1050x	
	CV = 8.0%			

หมายเหตุ ^{1/ 2/ 3/} ตัวเลขที่ตามด้วยอักษรที่เหมือนกันในแนวดัง ในแต่ละระยะเวลาการเก็บรักษาไม่มี ความแตกต่างทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางผนวกที่ ข14 ปริมาณซัลไฟต์ตกค้าง (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ในเนื้อผลลำไยในแต่ละกรรมวิธี
ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 95 เปอร์เซ็นต์
เป็นระยะเวลา 20 วัน

ระยะเวลา เก็บรักษา (วัน)	รูปแบบการใช้	ความเข้มข้น SO ₂ หลังสิ้นสุดการรม (ไมโครลิตร/ลิตร)		เฉลี่ย ^{2/}
		2000	4000	
0	SO ₂	5p ^{3/}	8p	7a
	S	3p	8p	6a
	เฉลี่ย ^{1/}	4y	8x	
		CV = 32.4%		

หมายเหตุ ^{1/ 2/ 3/} ตัวเลขที่ตามด้วยอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้ง ในแต่ละระยะเวลากการเก็บรักษาไม่มี
ความแตกต่างทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's multiple range test
(DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางผนวกที่ ข15 ANOVA สำหรับการทดสอบการใช้ SO₂ 2 รูปแบบและความเข้มข้นของ SO₂ หลังสิ้นสุดการรม 2 ระดับ ต่อปริมาณการตกค้างของซัลไฟด์ในเปลือกผลลำไย ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 95 เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลา 20 วัน

ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)	Source	df	SS	MS	F
0	Treatment	3	1342458		
	การใช้ SO ₂	1	237656	237656	8.07 *
	ความเข้มข้น SO ₂	1	1079521	1079521	36.6 *
	การใช้ SO ₂ x ความเข้มข้น SO ₂	1	25281	25281	0.9 ns
	Error	12	353553	29462	
	Total	15	1696011		
5	Treatment	3	99849		
	การใช้ SO ₂	1	29070	29070	0.9 ns
	ความเข้มข้น SO ₂	1	289	289	0.0 ns
	การใช้ SO ₂ x ความเข้มข้น SO ₂	1	7049025	7049025	2.2 ns
	Error	12	382205	31850	
	Total	15	482055		
10	Treatment	3	137748		
	การใช้ SO ₂	1	15876	15876	0.8 ns
	ความเข้มข้น SO ₂	1	95790	95790	4.8 *
	การใช้ SO ₂ x ความเข้มข้น SO ₂	1	26082	26082	1.3 ns
	Error	12	238099	19841	
	Total	15	375848		

หมายเหตุ ค่า F ที่ตามด้วย * หมายถึง ปัจจัยมีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ($F > F_{0.05}$ เมื่อ $F_{0.05(1, 24)} = 4.26$, และ $F_{0.05(2, 24)} = 3.40$) และค่า F ที่ตามด้วย ns หมายถึง ปัจจัยไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ตารางผนวกที่ ข15 (ต่อ)

ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)					
	Source	df	SS	MS	F
15	Treatment	3	184203		
	การใช้ SO ₂	1	45	45	0.0 ns
	ความเข้มข้น SO ₂	1	1079521	1079521	36.1 *
	การใช้ SO ₂ xความเข้มข้น SO ₂	1	17490	17490	3.8 ns
	Error	12	55424	4618	
	Total	15	239628		
20	Treatment	3	99693		
	การใช้ SO ₂	1	600	600	0.1 ns
	ความเข้มข้น SO ₂	1	72361	72361	11.9 *
	การใช้ SO ₂ xความเข้มข้น SO ₂	1	26732	26732	4.4 ns
	Error	12	73269	6105	
	Total	15	172963		

หมายเหตุ ค่า F ที่ตามด้วย * หมายถึง ปัจจัยมีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ($F > F_{0.05}$ เมื่อ $F_{0.05 (1, 24)} = 4.26$, และ $F_{0.05 (2, 24)} = 3.40$) และค่า F ที่ตามด้วย ns หมายถึง ปัจจัยไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ตารางผนวกที่ ข16 ANOVA สำหรับการทดสอบการใช้ SO₂ 2 รูปแบบและความเข้มข้นของ SO₂ หลังสิ้นสุดการรม 2 ระดับ ต่อปริมาณการตกค้างของซัลไฟด์ในเนื้อผลลำไย ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 95 เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลา 20 วัน

ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)	Source	df	SS	MS	F
0	Treatment	3	64		
	การใช้ SO ₂	1	2	2	0.7 ns
	ความเข้มข้น SO ₂	1	56	56	17.3 *
	การใช้ SO ₂ x ความเข้มข้น SO ₂	1	6	6	1.9 ns
	Error	12	39	4	
	Total	15	103		

หมายเหตุ ค่า F ที่ตามด้วย * หมายถึง ปัจจัยมีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ($F > F_{0.05}$ เมื่อ $F_{0.05 (1, 24)} = 4.26$, และ $F_{0.05 (2, 24)} = 3.40$) และค่า F ที่ตามด้วย ns หมายถึง ปัจจัยไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ตารางผนวกที่ ข17 ค่าความสว่าง (L*) ของเปลือกผลลำไยในแต่ละกรรมวิธีระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 95 เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลา 20 วัน

ระยะเวลาเก็บรักษา (วัน)	รูปแบบการใช้	ความเข้มข้น SO ₂ หลังสิ้นสุดการรม (ไมโครลิตร/ลิตร)		เฉลี่ย ^{2/}
		SO ₂	2000	4000
0	SO ₂		48p ^{3/}	49p
	S		49p	49p
	เฉลี่ย ^{1/}		49x	49x
	CV = 1.3%			
5	SO ₂		48p	49p
	S		48p	49p
	เฉลี่ย ^{1/}		48x	49x
	CV = 3.3%			
10	SO ₂		48p	48p
	S		48p	48p
	เฉลี่ย ^{1/}		48x	48x
	CV = 2.6%			
15	SO ₂		47p	48p
	S		47p	48p
	เฉลี่ย ^{1/}		47x	48x
	CV = 2.8%			
20	SO ₂		47p	46p
	S		46p	47p
	เฉลี่ย ^{1/}		47x	47x
	CV = 3.0%			

หมายเหตุ ^{1/ 2/ 3/} ตัวเลขที่ตามด้วยอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้ง ในแต่ละระยะเวลากการเก็บรักษาไม่มีความแตกต่างทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางผนวกที่ ข 18 ค่าความเข้มข้น (C*) ของเปลือกผลลำไยในแต่ละกรรมวิธีระหว่างการเก็บรักษาที่ อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 95 เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลา 20 วัน

ระยะเวลา เก็บรักษา (วัน)	รูปแบบการใช้ SO ₂	ความเข้มข้น SO ₂ หลังสิ้นสุดการรม (ไมโครลิตร/ลิตร)		เฉลี่ย ^{2/}
		2000	4000	
0	SO ₂	36p ^{3/}	37p	36a
	S	36p	37p	36a
	เฉลี่ย ^{1/}	36x	37x	
	CV = 1.8%			
5	SO ₂	36p	37p	37a
	S	36p	37p	36a
	เฉลี่ย ^{1/}	36x	37x	
	CV = 1.6%			
10	SO ₂	37p	36q	37a
	S	36q	36pq	36a
	เฉลี่ย ^{1/}	37x	36x	
	CV = 1.9%			
15	SO ₂	37p	37p	37a
	S	36p	36p	36a
	เฉลี่ย ^{1/}	36x	36x	
	CV = 2.0%			
20	SO ₂	37p	36p	37a
	S	35p	35p	35a
	เฉลี่ย ^{1/}	36x	36x	
	CV = 3.3%			

หมายเหตุ ^{1/ 2/ 3/} ตัวเลขที่ตามด้วยอักษรที่เหมือนกันในแนวดิ่ง ในแต่ละระยะเวลากการเก็บรักษาไม่มี ความแตกต่างทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางผนวกที่ ข19 ค่าเฉลี่ย (h°) ของเปลือกผลลำไยในแต่ละกรรมวิธีระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 95 เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลา 20 วัน

ระยะเวลา เก็บรักษา (วัน)	รูปแบบการใช้	ความเข้มข้น SO_2 หลังสิ้นสุดการรม (ไมโครลิตร/ลิตร)		เฉลี่ย ^{2/}
		2000	4000	
0	SO_2	76p ^{3/}	75p	76a
	S	75p	76p	75a
	เฉลี่ย ^{1/}	75x	76x	
	CV = 1.2%			
5	SO_2	74p	76p	75a
	S	75p	75p	75a
	เฉลี่ย ^{1/}	75x	76x	
	CV = 1.6%			
10	SO_2	74p	75p	74a
	S	74p	74p	74a
	เฉลี่ย ^{1/}	74x	74x	
	CV = 1.8%			
15	SO_2	73p	74p	73a
	S	73p	74p	73a
	เฉลี่ย ^{1/}	73x	74x	
	CV = 1.8%			
20	SO_2	73p	73p	73a
	S	73p	73p	73a
	เฉลี่ย ^{1/}	73x	73x	
	CV = 1.9%			

หมายเหตุ ^{1/ 2/ 3/} ตัวเลขที่ตามด้วยอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้ง ในแต่ละระยะเวลารักษาไม่มี
ความแตกต่างทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's multiple range test
(DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางผนวกที่ ข20 ANOVA สำหรับการทดสอบการใช้ SO₂ 2 รูปแบบและความเข้มข้นของ SO₂ หลังสิ้นสุดการรม 2 ระดับ ต่อดัชนีความสว่าง (L*) ของเปลือกผลลำไย ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 95 เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลา 20 วัน

ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)	Source	df	SS	MS	F
0	Treatment	3	2		
	การใช้ SO ₂	1	0	0	0.5 ns
	ความเข้มข้น SO ₂	1	0	0	0.6 ns
	การใช้ SO ₂ x ความเข้มข้น SO ₂	1	2	2	3.7 ns
	Error	12	5	0	
	Total	15	7		
5	Treatment	3	6		
	การใช้ SO ₂	1	0	0	0.0 ns
	ความเข้มข้น SO ₂	1	6	6	2.2 ns
	การใช้ SO ₂ x ความเข้มข้น SO ₂	1	0	0	0.0 ns
	Error	12	31	3	
	Total	15	37		
10	Treatment	3	2		
	การใช้ SO ₂	1	1	1	0.6 ns
	ความเข้มข้น SO ₂	1	1	1	0.4 ns
	การใช้ SO ₂ x ความเข้มข้น SO ₂	1	0	0	0.0 ns
	Error	12	20	2	
	Total	15	22		

หมายเหตุ ค่า F ที่ตามด้วย * หมายถึง ปัจจัยมีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ($F > F_{0.05}$ เมื่อ $F_{0.05(1, 24)} = 4.26$, และ $F_{0.05(2, 24)} = 3.40$) และค่า F ที่ตามด้วย ns หมายถึง ปัจจัยไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ตารางผนวกที่ ข20 (ต่อ)

ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)					
Source		df	SS	MS	F
15	Treatment	3	2		
	การใช้ SO ₂	1	0	0	0.2 ns
	ความเข้มข้น SO ₂	1	1	1	0.7 ns
	การใช้ SO ₂ xความเข้มข้น SO ₂	1	0	0	0.1 ns
	Error	12	22	2	
	Total	15	24		
20	Treatment	3	2		
	การใช้ SO ₂	1	1	1	0.4 ns
	ความเข้มข้น SO ₂	1	1	1	0.5 ns
	การใช้ SO ₂ xความเข้มข้น SO ₂	1	0	0	0.0 ns
	Error	12	25	2	
	Total	15	27		

หมายเหตุ ค่า F ที่ตามด้วย * หมายถึง ปัจจัยมีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ($F > F_{0.05}$ เมื่อ $F_{0.05 (1, 24)} = 4.26$, และ $F_{0.05 (2, 24)} = 3.40$) และค่า F ที่ตามด้วย ns หมายถึง ปัจจัยไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ตารางผนวกที่ ข21 ANOVA สำหรับการทดสอบการใช้ SO₂ 2 รูปแบบและความเข้มข้นของ SO₂ หลังสิ้นสุดการรม 2 ระดับ ต่ค่าความเข้มข้น (C*) ของเปลือกผลลำไย ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 95 เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลา 20 วัน

ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)	Source	df	SS	MS	F
0	Treatment	3	2		
	การใช้ SO ₂	1	0	0	0.2 ns
	ความเข้มข้น SO ₂	1	2	2	4.0 ns
	การใช้ SO ₂ x ความเข้มข้น SO ₂	1	0	0	0.2 ns
	Error	12	6	1	
	Total	15	8		
5	Treatment	3	2		
	การใช้ SO ₂	1	0	0	0.5 ns
	ความเข้มข้น SO ₂	1	1	1	3.8 ns
	การใช้ SO ₂ x ความเข้มข้น SO ₂	1	0	0	0.5 ns
	Error	12	4	0	
	Total	15	6		
10	Treatment	3	3		
	การใช้ SO ₂	1	0	0	0.2 ns
	ความเข้มข้น SO ₂	1	0	0	0.0 ns
	การใช้ SO ₂ x ความเข้มข้น SO ₂	1	2	2	0.9 ns
	Error	12	23	2	
	Total	15	25		

หมายเหตุ ค่า F ที่ตามด้วย * หมายถึง ปัจจัยมีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ($F > F_{0.05}$ เมื่อ $F_{0.05 (1, 24)} = 4.26$, และ $F_{0.05 (2, 24)} = 3.40$) และค่า F ที่ตามด้วย ns หมายถึง ปัจจัยไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ตารางผนวกที่ ข21 (ต่อ)

ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)		Source	df	SS	MS	F
15	Treatment		3	3		
	การใช้ SO ₂		1	3	3	4.6 ns
	ความเข้มข้น SO ₂		1	0	0	0.0 ns
	การใช้ SO ₂ x ความเข้มข้น SO ₂		1	1	1	1.0 ns
	Error		12	7	1	
	Total		15	10		
20	Treatment		3	6		
	การใช้ SO ₂		1	6	6	3.6 ns
	ความเข้มข้น SO ₂		1	0	0	0.2 ns
	การใช้ SO ₂ x ความเข้มข้น SO ₂		1	1	1	0.4 ns
	Error		12	18	2	
	Total		15	25		

หมายเหตุ ค่า F ที่ตามด้วย * หมายถึง ปัจจัยมีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ($F > F_{0.05}$ เมื่อ $F_{0.05 (1, 24)} = 4.26$, และ $F_{0.05 (2, 24)} = 3.40$) และค่า F ที่ตามด้วย ns หมายถึง ปัจจัยไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ตารางผนวกที่ ข22 ANOVA สำหรับการทดสอบการใช้ SO₂ 2 รูปแบบและความเข้มข้นของ SO₂ หลังสิ้นสุดการรม 2 ระดับ ต่อค่าเฉลี่ย (h^o) ของเปลือกผลลำไย ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 95 เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลา 20 วัน

ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)	Source	df	SS	MS	F
0	Treatment	3	2		
	การใช้ SO ₂	1	1	1	0.8 ns
	ความเข้มข้น SO ₂	1	0	0	0.3 ns
	การใช้ SO ₂ x ความเข้มข้น SO ₂	1	1	1	1.0 ns
	Error	12	10	1	
	Total	15	12		
5	Treatment	3	9		
	การใช้ SO ₂	1	0	0	0.3 ns
	ความเข้มข้น SO ₂	1	4	4	2.5 ns
	การใช้ SO ₂ x ความเข้มข้น SO ₂	1	4	4	2.8 ns
	Error	12	19	2	
	Total	15	27		
10	Treatment	3	2		
	การใช้ SO ₂	1	0	0	0.2 ns
	ความเข้มข้น SO ₂	1	0	0	0.0 ns
	การใช้ SO ₂ x ความเข้มข้น SO ₂	1	2	2	1.0 ns
	Error	12	23	2	
	Total	15	24.5		

หมายเหตุ ค่า F ที่ตามด้วย * หมายถึง ปัจจัยมีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ($F > F_{0.05}$ เมื่อ $F_{0.05 (1, 24)} = 4.26$, และ $F_{0.05 (2, 24)} = 3.40$) และค่า F ที่ตามด้วย ns หมายถึง ปัจจัยไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ตารางผนวกที่ ข22 (ต่อ)

ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)		Source	df	SS	MS	F
15	Treatment		3	2		
	การใช้ SO ₂		1	0	0	0.1 ns
	ความเข้มข้น SO ₂		1	2	2	0.9 ns
	การใช้ SO ₂ xความเข้มข้น SO ₂		1	0	0	0.2 ns
	Error		12	22	2	
	Total		15	24		
20	Treatment		3	2		
	การใช้ SO ₂		1	0	0	0.0 ns
	ความเข้มข้น SO ₂		1	1	1	0.7 ns
	การใช้ SO ₂ xความเข้มข้น SO ₂		1	0	0	0.3 ns
	Error		12	21	2	
	Total		15	23		

หมายเหตุ ค่า F ที่ตามด้วย * หมายถึง ปัจจัยมีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ($F > F_{0.05}$ เมื่อ $F_{0.05 (1, 24)} = 4.26$, และ $F_{0.05 (2, 24)} = 3.40$) และค่า F ที่ตามด้วย ns หมายถึง ปัจจัยไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ตารางผนวกที่ ข23 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (องศาบริกซ์) ของลำไยในแต่ละกรรมวิธีระหว่าง การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 95 เปอร์เซ็นต์ เป็น ระยะเวลา 20 วัน

ระยะเวลา เก็บรักษา (วัน)	รูปแบบการใช้	ความเข้มข้น SO ₂ หลังสิ้นสุดการรม (ไมโครลิตร/ลิตร)		เฉลี่ย ^{2/}
		2000	4000	
0	SO ₂	17 ^{3/}	18	17
	S	19	17	18
	เฉลี่ย ^{1/}	18	17	
	CV = 13.4%			
5	SO ₂	17	18	17
	S	17	17	17
	เฉลี่ย ^{1/}	17	18	
	CV = 4.8%			
10	SO ₂	17	17	17
	S	18	17	17
	เฉลี่ย ^{1/}	17	17	
	CV = 3.5%			
15	SO ₂	17	17	17
	S	17	17	17
	เฉลี่ย ^{1/}	17	17	
	CV = 4.4%			
20	SO ₂	17	16	16
	S	18	16	17
	เฉลี่ย ^{1/}	17	16	
	CV = 6.3%			

หมายเหตุ ^{1/ 2/ 3/} ตัวเลขที่ตามด้วยอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้ง ในแต่ละระยะเวลากการเก็บรักษาไม่มี ความแตกต่างทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย โดยวิธี Duncan's multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางผนวกที่ ข24 ANOVA สำหรับการทดสอบการใช้ SO₂ 2 รูปแบบและความเข้มข้นของ SO₂ หลังสิ้นสุดการรม 2 ระดับ ต่อปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของผลลำไย ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 95 เปอร์เซนต์ เป็นระยะเวลา 20 วัน

ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)	Source	df	SS	MS	F
0	Treatment	3	16		
	การใช้ SO ₂	1	2	2	0.4 ns
	ความเข้มข้น SO ₂	1	3	2	0.5 ns
	การใช้ SO ₂ x ความเข้มข้น SO ₂	1	11	11	2.0 ns
	Error	12	70	6	
	Total	15	86		
5	Treatment	3	3		
	การใช้ SO ₂	1	0	0	0.1 ns
	ความเข้มข้น SO ₂	1	2	2	3.3 ns
	การใช้ SO ₂ x ความเข้มข้น SO ₂	1	0	0	0.4 ns
	Error	12	9	1	
	Total	15	12		
10	Treatment	3	2		
	การใช้ SO ₂	1	0	0	0.8 ns
	ความเข้มข้น SO ₂	1	0	0	0.6 ns
	การใช้ SO ₂ x ความเข้มข้น SO ₂	1	1	1	3.6 ns
	Error	12	5	0	
	Total	15	7		

หมายเหตุ ค่า F ที่ตามด้วย * หมายถึง ปัจจัยมีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ($F > F_{0.05}$ เมื่อ $F_{0.05(1, 24)} = 4.26$, และ $F_{0.05(2, 24)} = 3.40$) และค่า F ที่ตามด้วย ns หมายถึง ปัจจัยไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ตารางผนวกที่ ข24 (ต่อ)

ระยะเวลาการ เก็บรักษา (วัน)	Source	df	SS	MS	F
15	Treatment	3	1		
	การใช้ SO ₂	1	0	0	0.0 ns
	ความเข้มข้น SO ₂	1	0	0	0.5 ns
	การใช้ SO ₂ x ความเข้มข้น SO ₂	1	1	1	1.5 ns
	Error	12	7	1	
	Total	15	8		
20	Treatment	3	5		
	การใช้ SO ₂	1	2	2	1.5 ns
	ความเข้มข้น SO ₂	1	3	3	2.4 ns
	การใช้ SO ₂ x ความเข้มข้น SO ₂	1	1	1	0.7 ns
	Error	12	13	1	
	Total	15	19		

หมายเหตุ ค่า F ที่ตามด้วย * หมายถึง ปัจจัยมีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ($F > F_{0.05}$ เมื่อ $F_{0.05(1, 24)} = 4.26$, และ $F_{0.05(2, 24)} = 3.40$) และค่า F ที่ตามด้วย ns หมายถึง ปัจจัยไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %



ภาคผนวก ค

ตารางการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยของคุณภาพผลลำไยในการทดลองที่ 3

ตารางผนวกที่ ค25 ปริมาณซัลไฟต์ตกค้าง (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ในเปลือกและเนื้อผลลำไยในแต่ละกรรมวิธีระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 95 เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลา 20 วัน

ระยะเวลาเก็บรักษา (วัน)	กรรมวิธี	ปริมาณซัลไฟต์ตกค้าง (มิลลิกรัม/กิโลกรัม) ^{1/}	
		ในเปลือก	ในเนื้อ
0	ชุดควบคุม (ไม่ได้รม)	0c	0b
	วิธีหมუნเวียนอากาศแบบบังคับในแนวตั้ง	1848b	8b
	วิธีทั่วไป (ผู้ประกอบการ)	2144a	34a
	F-test	*	*
	CV (%)	11.5	77.6
5	ชุดควบคุม (ไม่ได้รม)	0b	0b
	วิธีหมუნเวียนอากาศแบบบังคับในแนวตั้ง	1180a	0b
	วิธีทั่วไป (ผู้ประกอบการ)	1305a	15a
	F-test	*	*
	CV (%)	9.7	74.7
10	ชุดควบคุม (ไม่ได้รม)	0b	0b
	วิธีหมუნเวียนอากาศแบบบังคับในแนวตั้ง	1160a	0b
	วิธีทั่วไป (ผู้ประกอบการ)	1185a	17a
	F-test	*	*
	CV (%)	8.7	74.6
15	ชุดควบคุม (ไม่ได้รม)	0b	0b
	วิธีหมუნเวียนอากาศแบบบังคับในแนวตั้ง	1090a	0b
	วิธีทั่วไป (ผู้ประกอบการ)	1140a	5a
	F-test	*	*
	CV (%)	14.0	75.7

หมายเหตุ ^{1/} ตัวเลขที่ตามด้วยอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้ง ในระหว่างการเก็บรักษาไม่มีความแตกต่างทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางผนวกที่ ค25 (ต่อ)

ระยะเวลา เก็บรักษา (วัน)	กรรมวิธี	ปริมาณซัลไฟด์ตกค้าง (มิลลิกรัม/กิโลกรัม) ^{1/}	
		ในเปลือก	ในเนื้อ
20	ชุดควบคุม (ไม่ได้รม)	0b	0a
	วิธีหมუნเวียนอากาศแบบบังคับในแนวตั้ง	1000a	0a
	วิธีทั่วไป (ผู้ประกอบการ)	1110a	2a
	F-test	*	ns
	CV (%)	16.4	76.4

หมายเหตุ ^{1/} ตัวเลขที่ตามด้วยอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้ง ในระหว่างการเก็บรักษาไม่มีความแตกต่างทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางผนวกที่ ค26 ค่าความสว่าง (L^*), ค่าความเข้มสี (C^*) และค่าเฉดสี (h°) ของเปลือกผลลำไยในแต่ละ
กรรมวิธีระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 95
เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลา 20 วัน

ระยะเวลา เก็บรักษา (วัน)	กรรมวิธี	L^* ^{1/}	C^* ^{1/}	h° ^{1/}
0	ชุดควบคุม (ไม่ได้รม)	44b	31b	71b
	วิธีหมุนเวียนอากาศแบบบังคับในแนวตั้ง	49a	37a	75a
	วิธีทั่วไป (ผู้ประกอบการ)	49a	38a	72b
	F-test	*	*	*
	CV (%)	6.0	8.6	3.4
5	ชุดควบคุม (ไม่ได้รม)	43b	31b	69c
	วิธีหมุนเวียนอากาศแบบบังคับในแนวตั้ง	49a	37a	76a
	วิธีทั่วไป (ผู้ประกอบการ)	48a	38a	73b
	F-test	*	*	*
	CV (%)	6.4	8.4	4.7
10	ชุดควบคุม (ไม่ได้รม)	40b	30b	66c
	วิธีหมุนเวียนอากาศแบบบังคับในแนวตั้ง	48a	36a	74a
	วิธีทั่วไป (ผู้ประกอบการ)	48a	38a	71b
	F-test	*	*	*
	CV (%)	8.7	11.4	5.4
15	ชุดควบคุม (ไม่ได้รม)	40b	29b	64c
	วิธีหมุนเวียนอากาศแบบบังคับในแนวตั้ง	47a	37a	74a
	วิธีทั่วไป (ผู้ประกอบการ)	47a	39a	70b
	F-test	*	*	*
	CV (%)	5.8	13.7	6.3

หมายเหตุ ^{1/} ตัวเลขที่ตามด้วยอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้ง ในระหว่างการเก็บรักษาไม่มีความแตกต่างทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางผนวกที่ ค26 (ต่อ)

ระยะเวลา เก็บรักษา (วัน)	กรรมวิธี	L* ^{1/}	C* ^{1/}	h ^{o1/}
20	ชุดควบคุม (ไม่ได้รม)	39b	29b	62c
	วิธีหมუნเวียนอากาศแบบบังคับในแนวตั้ง	46a	36a	73a
	วิธีทั่วไป (ผู้ประกอบการ)	47a	38a	67b
	F-test	*	*	*
	CV (%)	8.8	12.7	7.2

หมายเหตุ ^{1/} ตัวเลขที่ตามด้วยอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้ง ในระหว่างการเก็บรักษาไม่มีความแตกต่างทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางผนวกที่ ค27 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (องศาบริกซ์) ของลำไยในแต่ละกรรมวิธีระหว่าง การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 95 เปอร์เซ็นต์ เป็น ระยะเวลา 20 วัน

ระยะเวลา เก็บรักษา (วัน)	กรรมวิธี	ปริมาณของแข็ง ที่ละลายน้ำได้ (องศาบริกซ์) ^{1/}
0	ชุดควบคุม (ไม่ได้รม)	19
	วิธีหมุนเวียนอากาศแบบบังคับในแนวตั้ง	18
	วิธีทั่วไป (ผู้ประกอบการ)	17
	F-test	Ns
	CV (%)	8.0
5	ชุดควบคุม (ไม่ได้รม)	17
	วิธีหมุนเวียนอากาศแบบบังคับในแนวตั้ง	18
	วิธีทั่วไป (ผู้ประกอบการ)	17
	F-test	Ns
	CV (%)	1.7
10	ชุดควบคุม (ไม่ได้รม)	17
	วิธีหมุนเวียนอากาศแบบบังคับในแนวตั้ง	17
	วิธีทั่วไป (ผู้ประกอบการ)	18
	F-test	ns
	CV (%)	3.7
15	ชุดควบคุม (ไม่ได้รม)	17
	วิธีหมุนเวียนอากาศแบบบังคับในแนวตั้ง	17
	วิธีทั่วไป (ผู้ประกอบการ)	17
	F-test	ns
	CV (%)	2.5

หมายเหตุ ^{1/} ตัวเลขที่ตามด้วยอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้ง ในระหว่างการเก็บรักษาไม่มีความแตกต่างทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางผนวกที่ ค27 (ต่อ)

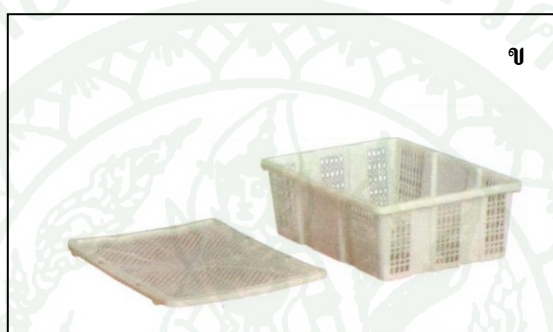
ระยะเวลา เก็บรักษา (วัน)	กรรมวิธี	ปริมาณของแข็ง ที่ละลายน้ำได้ (องศาบริกซ์) ^{1/}
20	ชุดควบคุม (ไม่ได้รม)	17
	วิธีหมუნเวียนอากาศแบบบังคับในแนวตั้ง	16
	วิธีทั่วไป (ผู้ประกอบการ)	17
	F-test	ns
	CV (%)	4.6

หมายเหตุ ^{1/} ตัวเลขที่ตามด้วยอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้ง ในระหว่างการเก็บรักษาไม่มีความแตกต่างทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%



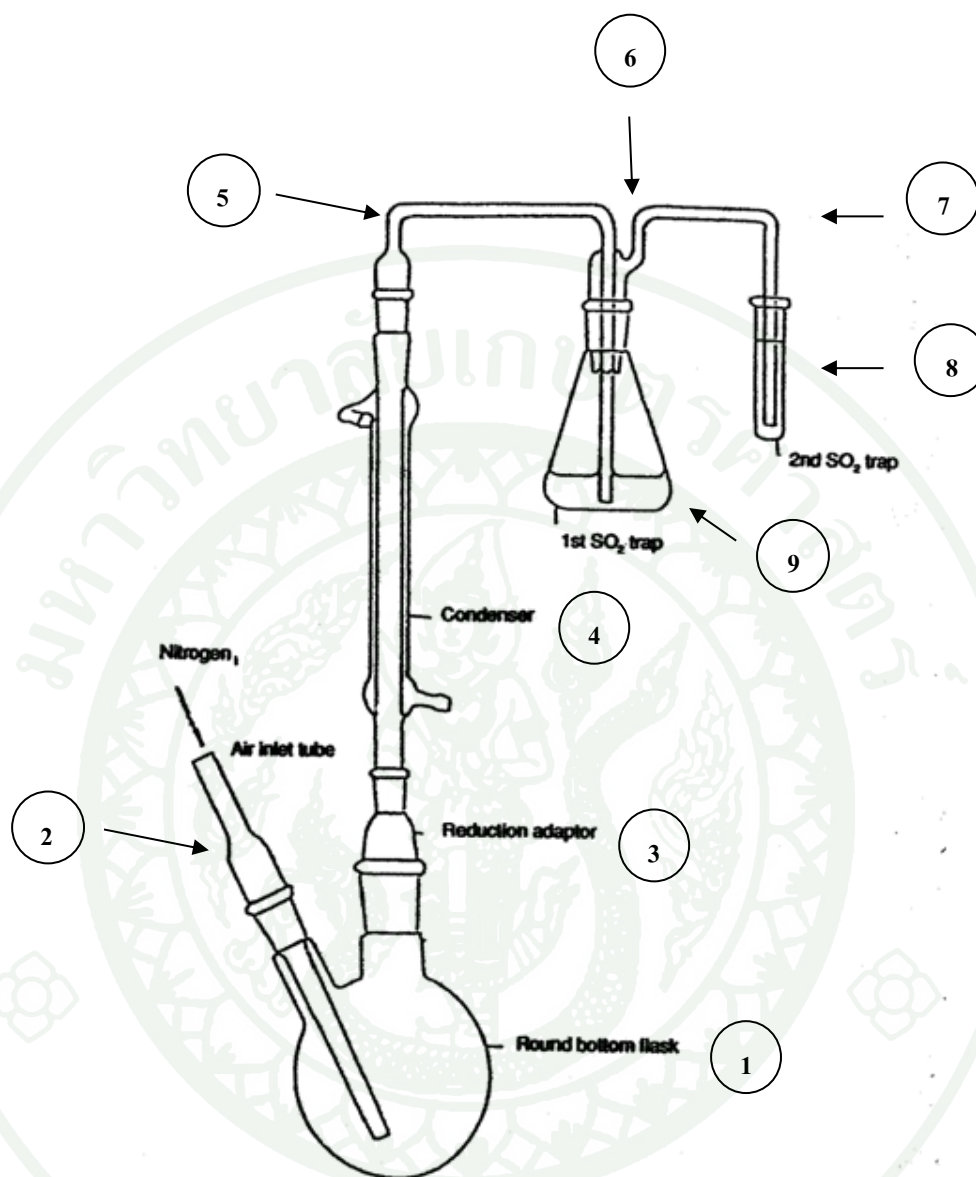
ภาคผนวก ง

ภาพภาระที่ใช้ในการทดลองและภาพชุดเครื่องแก้วสำหรับวิเคราะห์สัฟไฟต์ตกค้าง



ช่องว่างที่เกิดขึ้น

ภาพผนวกที่ ๑1 ตะกร้าทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า (ก) ตะกร้าทรงสี่เหลี่ยมคางหมูซึ่งเป็นบรรจุภัณฑ์ทางการค้าของผลลำไยสด (ข) และการจัดเรียงตะกร้าทรงสี่เหลี่ยมคางหมูเพื่อเตรียมรมซัลเฟอร์ไดออกไซด์ด้วยระบบหมุนเวียนอากาศแบบบังคับในแนวนอน (ค)



ภาพผนวกที่ จ1 ชุดวิเคราะห์ซัลไฟด์ไดออกไซด์ตกค้าง ส่วนประกอบต่อ 1ชุด ประกอบด้วย 1) round bottom Flask 2 neck 2) air inlet tube 3) reduction adaptor 4) condenser 5) adaptor for condenser 6) adaptor for flask 7) adaptor for tube 8) test tube with joint 9) erlenmeyer flask 250 ml with joint



ภาคผนวก จ

วิธีการคำนวณปริมาณผงกำมะถันที่ใช้สำหรับการรม

วิธีการคำนวณปริมาณผงกำมะถันที่ใช้สำหรับการรม

การคำนวณปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ใช้ในการรมสามารถคำนวณได้ดังนี้

$$\begin{aligned}\text{น้ำหนักของ SO}_2 (\text{กรัม}) &= M + S \\ &= (W \times A) + (C \times F \times D)\end{aligned}$$

โดย M = ปริมาณ SO₂ ตกค้างสูงสุดเป็นกรัม

S = ความเข้มข้นของ SO₂ ในอากาศภายในห้อง ซึ่งเหลือตกค้างเมื่อสิ้นสุดการรมเป็นกรัม

W = น้ำหนักของลำไยที่เข้ารมคำนวณเป็นกิโลกรัม

A = ปริมาณการดูดซึมของ SO₂ ในลำไยเป็นกรัม/กิโลกรัม (0.66-0.8 กรัม/กิโลกรัม)

C = ความเข้มข้นของ ในอากาศเมื่อสิ้นสุดการรมเป็นเปอร์เซ็นต์ (1.2-1.5 เปอร์เซ็นต์)

F = ปริมาตรช่องว่างในห้องเป็นลิตรคือ ปริมาตรทั้งหมดของห้อง (ลิตร) ลบปริมาตรของลำไยที่ใส่รมคำนวณ (ลิตร) ซึ่งเทียบกับปริมาตรของน้ำ โดยน้ำ 1 ลิตรหนัก 1 กิโลกรัม

D = ความถ่วงจำเพาะของ SO₂ ขึ้นอยู่กับระดับอุณหภูมิเฉลี่ยภายในห้องรมคำนวณ

ที่ 25 องศาเซลเซียส D = 2.618 กรัม/ลิตร

ที่ 27 องศาเซลเซียส D = 2.601 กรัม/ลิตร

ที่ 30 องศาเซลเซียส D = 2.575 กรัม/ลิตร

เมื่อคำนวณหาปริมาณ SO₂ ที่จะใช้รมได้แล้ว ควรมีการเพิ่มปริมาณแก๊ส SO₂ อีกประมาณ 10-20 % เป็นค่าปรับปรุงความเข้มข้นของ SO₂ ซึ่งอาจจะลดลงเนื่องจากการดูดซึมของก้านผลลำไยและวัสดุที่ใช้บรรจุ การรั่วผ่านรูต่างๆ ของห้องและประตูห้อง

การคำนวณปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ใช้ในการรมสามารถคำนวณได้ดังนี้

$$\text{น้ำหนักของ S (กรัม)} = \frac{\text{น้ำหนักของ SO}_2 (\text{กรัม})}{2}$$

ตัวอย่าง การคำนวณหาปริมาณแก๊ส SO₂ และ S ที่จะใช้เผาเพื่อให้มีความเข้มข้นหลังจากสิ้นสุดการรม 2,000 ppm โดยใช้ลำไย 120 กิโลกรัม ปริมาตรห้องรม 10 ลูกบาศก์เมตร ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียสความเข้มข้นหลังจากสิ้นสุดการรม 2,000 ไมโครลิตรต่อลิตร (ppm)

$$\begin{aligned}\text{น้ำหนักของ SO}_2 (\text{กรัม}) &= M + S \\ &= (W \times A) + (C \times F \times D)\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}1. \text{ หาค่า } M &= W \times A \\ &= 120 \times 0.73 \\ M &= 87.6 \text{ กรัม}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}2. \text{ หาค่า } S &= C \times F \times D \\ &= (0.2/100) \times (10,000-120) \times 2.575 \\ &= 50.882 \text{ กรัม}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{น้ำหนัก SO}_2 &= 87.6 + 50.882 \text{ กรัม. ซัลเฟอร์ไดออกไซด์} \\ &= 138.482 \text{ กรัม. ซัลเฟอร์ไดออกไซด์} \\ &= 138,482 \text{ มิลลิกรัม. ซัลเฟอร์ไดออกไซด์}\end{aligned}$$

SO₂ 2.575 mg ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส มีปริมาตร 1 มิลลิกรัม. ซัลเฟอร์ไดออกไซด์

SO₂ 138,482 mg ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส มีปริมาตร 53,779.417 มิลลิกรัม. ซัลเฟอร์ไดออกไซด์
= 53.78 ลิตร หรือประมาณ 54 ลิตร

หากที่ระดับความเข้มข้น 2,000 ppm ต้องใช้แก๊สประมาณ 54 ลิตร และในการปล่อยแก๊สเข้าสู่ห้องรมใช้ flow meter ที่มีอัตราการไหลของแก๊ส 1.68 ลิตร/นาฬิกา แสดงว่า

แก๊ส SO₂ ปริมาณ 1.68 ลิตร ใช้เวลาในการปล่อยแก๊ส 1 นาที

แก๊ส SO₂ ปริมาณ 54 ลิตร ใช้เวลาในการปล่อยแก๊ส 32.14 นาที

ดังนั้นถ้าต้องการให้มีระดับความเข้มข้นของ SO_2 หลังจากสิ้นสุดการรม 2,000 ppm ต้องใช้ระยะเวลาในการปล่อยแก๊ส SO_2 ประมาณ 32 นาที

$$\text{น้ำหนักของ S (กรัม)} = \frac{\text{น้ำหนักของ SO}_2 \text{ (กรัม)}}{2}$$

$$\begin{aligned}\text{น้ำหนักของ S (กรัม)} &= \frac{138.482 \text{ กรัม}}{2} \\ &= 70 \text{ กรัม}\end{aligned}$$

ดังนั้นถ้าต้องการให้มีระดับความเข้มข้นของ SO_2 หลังจากสิ้นสุดการรม 2,000 ppm ต้องเผา S 70 กรัม

ประวัติการศึกษาและการทำงาน

ชื่อ –นามสกุล	นางสาวกนกวรรณ จัปนบ
วัน เดือน ปี ที่เกิด	วันที่ 30 ธันวาคม 2528
สถานที่เกิด	ลำปาง
ประวัติการศึกษา	วิทยาศาสตรบัณฑิต (เทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว) มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	-
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	-
ผลงานดีเด่นและรางวัลทางวิชาการ	เกียรตินิยมอันดับ 1 (เหรียญทอง)
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	-