

บทที่ 4

ผลการทดลอง

การสำรวจวิธีการรมซัลเฟอร์ไดออกไซด์ของผลลำไยเพื่อการส่งออกในปัจจุบัน

จากการสำรวจวิธีการรมซัลเฟอร์ไดออกไซด์ของผลลำไยสดเพื่อการส่งออก ของโรงรมในจังหวัดลำพูนในปี พ.ศ. 2555 – 2556 พบว่าทั้งโรงรมขนาดเล็ก ขนาดกลาง และขนาดใหญ่ จะมีส่วนที่แตกต่างกันคือ ลักษณะห้องรม จำนวนห้องรม อัตราส่วนปริมาตรของห้องรมต่อน้ำหนักลำไยต่อปริมาณผงกำมะถันที่ใช้ และวิธีการกำจัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ซึ่งส่วนใหญ่พบว่า เป็นโรงรมขนาดเล็กที่ไม่ได้ขึ้นทะเบียนอย่างถูกต้องและมีการใช้ผงกำมะถันในปริมาณที่เกินกว่าทางการกำหนด ส่วนวิธีการรมของทั้งโรงรมขนาดเล็ก ขนาดกลาง และขนาดใหญ่ มีวิธีการที่คล้ายๆ กัน ดังนี้

1. เก็บเกี่ยวผลลำไยสดจากต้น ทำการแยกส่วนของใบและก้านออก จากนั้นนำผลลำไยสดมาทำการคัดขนาด และบรรจุลงในตะกร้า โดยจะบรรจุตะกร้าละ 10 กิโลกรัม (ไม่รวมน้ำหนักตะกร้า) ในขั้นตอนนี้จะทำก่อนที่จะส่งผลลำไยสดไปยังโรงรม
2. เมื่อผลลำไยสดถูกส่งมายังโรงรม จะมีการปิดฉลากรหัสของแต่ละสวนไว้ที่ตะกร้าลำไย (ภาพ 4) หลังจากนั้นจะทำการสุ่มตรวจน้ำหนัก และขนาดของลำไยแต่ละตะกร้า และทำการปิดฉลากเพื่อคัดแยกขนาด (ภาพ 5) โดยจะแบ่งเป็นเกรด AAA ซึ่งมีขนาดใหญ่ที่สุด รองลงมาคือเกรด AA และขนาดเล็กที่สุด คือเกรด A หลังจากนั้นจะทำการปิดผนึกตะกร้า (ภาพ 6) และรอการลำเลียงเข้าห้องรม (ภาพ 7)



ภาพ 4 การปิดฉลากรหัสของแต่ละสวนไว้ที่ตะกร้าลำไย



ภาพ 5 การสุ่มตรวจน้ำหนัก และขนาดของลำไยแต่ละตะกร้า (ซ้าย) และการปิดฉลากเพื่อคัดแยกขนาด (ขวา)



ภาพ 6 การปิดผนึกตะกร้า



ภาพ 7 ตะกร้าลำไยที่ปิดผนึก และรอลำเลียงเข้าสู่ห้องรวม

3. ทำการเตรียมผงกำมะถัน สำหรับใช้ในการรมผลลำไยสด โดยทำการผสมผงกำมะถัน และแอลกอฮอล์ หรือ โพรแตสเซียมไนเตรท เพื่อช่วยให้ผงกำมะถันเผาไหม้ได้ดี (ภาพ 8)



ภาพ 8 ห้องเก็บผงกำมะถัน (ซ้าย) และผงกำมะถันที่ใช้ในการรม (ขวา)

4. นำตะกร้าลำไยไปจัดเรียงในห้องรมซึ่งมีลักษณะภายใน (ภาพ 9) และลักษณะภายนอก (ภาพ 10) ดังที่ปรากฏในภาพ นอกจากนี้ภายในห้องรมจะมีวิธีการเรียงตะกร้าซ้อนไปมาให้มีช่องว่าง เพื่อการไหลเวียนของก๊าซ (ภาพ 11) หลังจากนั้นปิดประตูห้องรมและตรวจเช็คการรั่วไหลของก๊าซ ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (ภาพ 12)



ภาพ 9 ลักษณะภายในห้องรม



ภาพ 10 ลักษณะภายนอกห้องรม



ภาพ 11 การจัดเรียงตะกร้าในห้องรม



ภาพ 12 การปิดประตูห้องรม และการตรวจเช็คเพื่อป้องกันการรั่วของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์

5. ทำการเผาผงกำมะถันที่เตรียมไว้ เป็นเวลา 30 – 40 นาที หรือจนกว่าผงกำมะถัน จะถูกเผาจนหมด โดยเตาเผามีลักษณะดังภาพ 13



ภาพ 13 ลักษณะของเตาเผาผงกำมะถัน

6. หลังจากเผาผงกำมะถันจนหมดแล้ว ทำการระบายก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในห้องรม และทำการกำจัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ก่อนปล่อยสู่บรรยากาศ (ภาพ 14 และ 15)



ภาพ 14 การใช้พัดลมช่วยในการระบาย และลดปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในห้องรม



ภาพ 15 หอกำจัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ก่อนปล่อยสู่บรรยากาศ

7. ลำเลียงตะกร้าลำไยออกจากห้องรม (ภาพ 16) และใช้พัดลมเป่าลมประมาณ 20–30 นาที เพื่อช่วยในการระเหยและลดปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (ภาพ 17)



ภาพ 16 การลำเลียงตะกร้าลำไยออกจากห้องรม



ภาพ 17 การใช้พัดลมเพื่อช่วยในการระบายและลดปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์นอกห้องรม

8. ลำเลียงตะกร้าลำไยที่ผ่านการรมด้วยซัลเฟอร์ไดออกไซด์ไปยังตู้คอนเทนเนอร์ (ภาพ 18) หรือนำไปเก็บรักษาไว้ที่ห้องเย็น อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส เพื่อรอการขนส่ง (ภาพ 19) ซึ่งลำไยที่ผ่านการรมด้วยซัลเฟอร์ไดออกไซด์จะมีลักษณะสีเหลือง เมื่อเปรียบเทียบกับลำไยที่ไม่ผ่านการรมด้วยซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (ภาพ 20)



ภาพ 18 การลำเลียงตะกร้าลำไยใส่ตู้คอนเทนเนอร์



ภาพ 19 การเก็บรักษาลำไยสดที่ผ่านการรมซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในห้องเย็น



ภาพ 20 สภาพของลำไยสดที่ผ่านการรมซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (ซ้าย) และลำไยสดที่ไม่ผ่านการรมซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (ขวา)

ปริมาณของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ตกค้างในเปลือก และเนื้อผลลำไย ที่ได้จากการโรรมในจังหวัดลำพูน

จากการหาปริมาณของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ตกค้างในเปลือกและเนื้อผลลำไยหลังสิ้นสุดการรม 2 ชั่วโมง พบว่า ในเปลือกมีการตกค้างของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ประมาณ 2,600 – 2,900 ppm และเนื้อผลมีการตกค้างของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ 33 – 48 ppm แต่บางครั้งพบการตกค้างของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในเนื้อผลบางตัวอย่างเกิน 50 ppm ซึ่งเกินเกณฑ์สูงสุดที่ยอมให้ตรวจพบได้ (maximum residue levels, MRLs) สำหรับลำไยที่ส่งออกไปยังสาธารณรัฐประชาชนจีน

การทดลองที่ 1 การศึกษาผลของการรมไอโซนต่อการลดปริมาณสารซัลเฟอร์ไดออกไซด์ตกค้าง ของผลลำไยสด

นำผลลำไยสดที่ผ่านการรมซัลเฟอร์ไดออกไซด์ จากโรงรมลำไยเพื่อการส่งออก ที่ทำการสำรวจในอำเภอเวียงหนองล่อง จังหวัดลำพูน มาศึกษาการรมไอโซนเพื่อลดสารตกค้างซัลเฟอร์ไดออกไซด์ โดยแบ่งชุดการทดลองเป็นสองกลุ่ม กลุ่มแรกนำไปไว้ที่อุณหภูมิห้อง (25 องศาเซลเซียส) เป็นชุดควบคุม กลุ่มที่สองนำผลลำไย ไปรมด้วยไอโซนที่อุณหภูมิห้องนาน 0 (ยังไม่ผ่านการรมไอโซน), 2, 4, 6, 8 และ 10 ชั่วโมง หลังจากนั้นสุ่มนำผลลำไยมาตรวจวัดผลทันที และทุกๆ 2 ชั่วโมง โดยวิเคราะห์และตรวจวัด ปริมาณ SO_2 ที่ตกค้างในเปลือกและเนื้อผลลำไย การเปลี่ยนแปลงสีของเปลือก และดัชนีการเกิดสีน้ำตาล (browning index) ซึ่งได้ผลการทดลองดังต่อไปนี้

ปริมาณ SO_2 ที่ตกค้างในเปลือกและในเนื้อผล

จากการนำตัวอย่างผลลำไยสดที่ผ่านรมด้วยซัลเฟอร์ไดออกไซด์มาแบ่งเป็นสองกลุ่ม กลุ่มแรกนำไปไว้ที่อุณหภูมิห้อง (25 องศาเซลเซียส) เป็นชุดควบคุม กลุ่มที่สองนำผลลำไยไปรมด้วยไอโซนที่อุณหภูมิห้องนาน 0, 2, 4, 6, 8 และ 10 ชั่วโมง พบว่า การรมด้วยไอโซนสามารถลดปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ตกค้างทั้งในเปลือกและเนื้อผลได้ (ตาราง 5 และ 7) โดยการรมด้วยไอโซนเป็นเวลา 4 ชั่วโมง สามารถลดปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ตกค้างในเปลือกและเนื้อผลได้ 40.08 และ 55.1 เปอร์เซ็นต์ (ตาราง 6 และ 8) ตามลำดับ และหลังจากการรมด้วยไอโซนเป็นเวลา 10 ชั่วโมง สามารถลดปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ตกค้างในเปลือกและเนื้อผลได้ 93.50 และ 81.54 เปอร์เซ็นต์ (ตาราง 6 และ 8) ตามลำดับ ในขณะที่การนำผลลำไยสดที่ผ่านรมด้วยซัลเฟอร์ไดออกไซด์อย่างเดียว (ชุดควบคุม) ไปไว้ที่อุณหภูมิห้อง (25 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 4 ชั่วโมง ลดปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ตกค้างในเปลือกและเนื้อผลลดลง 14.22 และ 20.12 เปอร์เซ็นต์ (ตาราง 6 และ 8) ตามลำดับ และที่วางไว้ 10 ชั่วโมง ลดปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ตกค้างในเปลือกและเนื้อผลลดลง 37.08 และ 36.44 ตามลำดับ และจากการเปรียบเทียบทางสถิติพบว่า การรมด้วยไอโซนมีผลต่อการลดปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ตกค้างในเปลือกและเนื้อผลลำไยได้มากกว่าและแตกต่างกันทางสถิติกับชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อเปรียบเทียบการลดปริมาณของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ผ่านการรมด้วยไอโซนนาน 2, 4, 6, 8 และ 10 ชั่วโมง พบว่า การรมด้วยไอโซนนาน 2, 4, 6 และ 8 ชั่วโมงมีการลดปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ตกค้างในเปลือกและเนื้อผลลำไยที่เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการรมและมีค่าแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนการรมไอโซน 10 ชั่วโมง ถึงแม้จะลดปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ตกค้างในเปลือกได้มาก แต่ก็ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับการรม 8 ชั่วโมง แต่การรมไอโซน

10 ชั่วโมงก็สามารถลดปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ตกค้างในเนื้อผลให้มีค่าการตกค้างต่ำกว่า 10 ppm

ตาราง 5 ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่พบตกค้างในเปลือกกล้วยที่ผ่านการรมโอโซนเป็นเวลา 0, 2, 4, 6, 8 และ 10 ชั่วโมง หลังจากได้รับซัลเฟอร์ไดออกไซด์ เปรียบเทียบกับชุดการทดลองที่ผ่านการรมซัลเฟอร์ไดออกไซด์เพียงอย่างเดียว

เวลา (ชั่วโมง)	ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ตกค้าง (ppm)	
	ชุดควบคุม	ชุดที่ผ่านการรมโอโซน
0	2561.86 e	2561.86e
2	2366.05de	2304.75de
4	2197.50d	1535.27c
6	1723.37c	1101.67b
8	1605.20c	207.62a
10	1611.89c	166.57a

หมายเหตุ : ที่เวลา 0 ชั่วโมง หมายถึงปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ตกค้างในเปลือกกล้วยก่อนรมด้วยโอโซน

: ค่าในตารางเป็นค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 5 ซ้ำ

: ตัวเลขที่มีตัวอักษร (a, b, c, d และ e) กำกับต่างกันในแต่ละแถวและแนวนอนแสดงค่าความแตกต่างกันอย่างมี

นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตาราง 6 เปอร์เซ็นต์การลดลงของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในเปลือกกล้วย ที่ผ่านการรมโอโซนเป็นเวลา 0, 2, 4, 6, 8 และ 10 ชั่วโมง หลังจากได้รับซัลเฟอร์ไดออกไซด์ เปรียบเทียบกับชุดการทดลองที่ผ่านการรมซัลเฟอร์ไดออกไซด์เพียงอย่างเดียว

เวลา (ชั่วโมง)	เปอร์เซ็นต์การลดลงของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (%)	
	ชุดควบคุม	ชุดที่ผ่านการรมโอโซน
0	0.00	0.00
2	7.64	10.04
4	14.22	40.07
6	32.73	57.00
8	37.34	91.90
10	37.08	93.50

ตาราง 7 ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่พบตกค้างบนเนื้อลำไยที่ผ่านการรมโอโซนเป็นเวลา 0, 2, 4, 6, 8 และ 10 ชั่วโมง ในผลที่ผ่านการรมด้วยซัลเฟอร์ไดออกไซด์ เปรียบเทียบกับชุดการทดลองที่ผ่านการรมซัลเฟอร์ไดออกไซด์เพียงอย่างเดียว

เวลา (ชั่วโมง)	ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ตกค้าง (ppm)	
	ชุดควบคุม	ชุดที่ผ่านการรมโอโซน
0	33.15g	33.15g
2	29.37 f	27.17ef
4	26.48ef	14.88b
6	24.53de	12.25b
8	22.77cd	11.40b
10	21.07c	6.12a

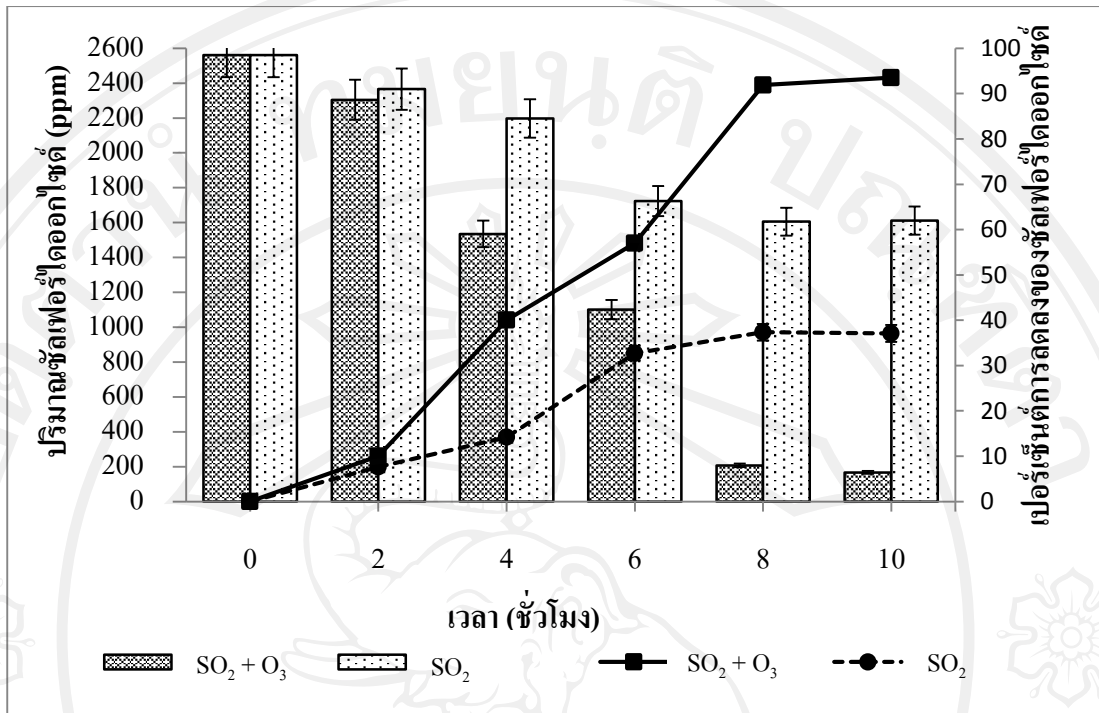
หมายเหตุ : ที่เวลา 0 ชั่วโมง หมายถึงปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ตกค้างในเนื้อลำไยก่อนรมด้วยโอโซน

: ค่าในตารางเป็นค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 5 ซ้ำ

: ตัวเลขที่มีตัวอักษร (a, b, c, d และ e) กำกับต่างกันในแต่ละแถวและแนวนอนแสดงค่าความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

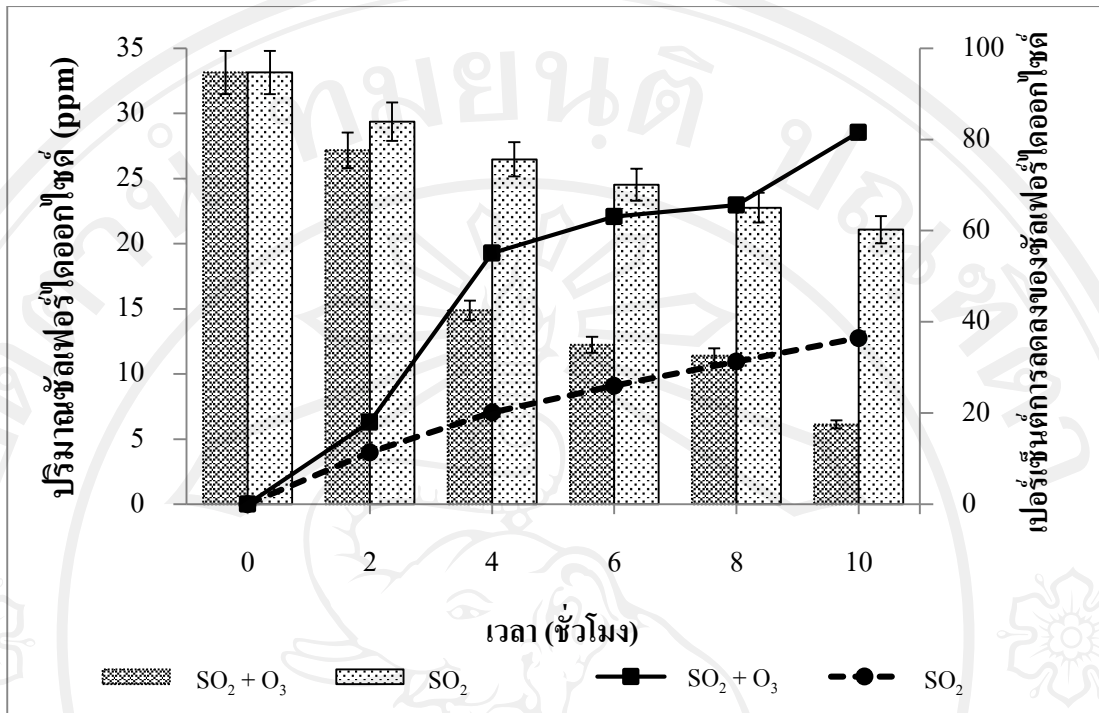
ตาราง 8 เปอร์เซ็นต์การลดลงของซัลเฟอร์ไดออกไซด์บนเนื้อผลลำไย ที่ผ่านการรมโอโซน เป็นเวลา 0, 2, 4, 6, 8 และ 10 ชั่วโมง หลังจากได้รับซัลเฟอร์ไดออกไซด์ เปรียบเทียบกับ ชุดการทดลองที่ผ่านการรมซัลเฟอร์ไดออกไซด์เพียงอย่างเดียว

เวลา (ชั่วโมง)	เปอร์เซ็นต์การลดลงของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (%)	
	ชุดควบคุม	ชุดที่ผ่านการรมโอโซน
0	0.00	0.00
2	11.40	18.04
4	20.12	55.11
6	26.00	63.05
8	31.31	65.61
10	36.44	81.54



ภาพ 21 ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่พบตกค้างในเปลือกกล้วยและเปอร์เซ็นต์การลดลงของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ที่ผ่านการรมโอโซนเป็นเวลา 0, 2, 4, 6, 8 และ 10 ชั่วโมง หลังจากได้รับซัลเฟอร์ไดออกไซด์ เปรียบเทียบกับชุดการทดลองที่ผ่านการรมซัลเฟอร์ไดออกไซด์เพียงอย่างเดียว

หมายเหตุ : ข้อมูลแต่ละชุดการทดลอง คือ ค่าเฉลี่ย (Mean) \pm ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (Standard error) จากตัวอย่าง 5 ซ้ำ



ภาพ 22 ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่พบตกค้างในเนื้อลำไยและเปอร์เซ็นต์การลดลงของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ที่ผ่านการรมโอโซนเป็นเวลา 0, 2, 4, 6, 8 และ 10 ชั่วโมง หลังจากได้รับซัลเฟอร์ไดออกไซด์ เปรียบเทียบกับชุดการทดลองที่ผ่านการรมซัลเฟอร์ไดออกไซด์ เพียงอย่างเดียว

หมายเหตุ : ข้อมูลแต่ละชุดการทดลอง คือ ค่าเฉลี่ย (Mean) ± ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (Standard error) จากตัวอย่าง 5 ซ้ำ

การเปลี่ยนแปลงสีของเปลือก

ผลลำไยหลังรมด้วย SO_2 เปลือกผลเปลี่ยนสีเป็นสีเหลือง หลังจากวางไว้เป็นระยะเวลาต่างๆ กับหลังจากรมด้วยโอโซน พบว่าสีของผลลำไยคงมีสีเหลืองอยู่คงภาพ 23

ค่า L^* ของการเปลี่ยนสีเปลือกของลำไย

จากการวัดค่าการเปลี่ยนแปลงสีเปลือกของลำไยที่ผ่านการรมด้วยซัลเฟอร์ไดออกไซด์ หลังจากรมด้วยโอโซน เปรียบเทียบกับชุดควบคุม คือ ลำไยที่ผ่านการรมด้วยซัลเฟอร์ไดออกไซด์ และวางไว้ที่อุณหภูมิห้อง (25 องศาเซลเซียส) ทุกๆ 2 ชั่วโมง พบว่า ค่าสีเปลือกในรูปค่า L^* ของทุกชุดการทดลองอยู่ในช่วงระหว่าง 30.2 – 33.62 เมื่อเปรียบเทียบกับค่า L^* ของสีเปลือกในชุดการทดลองที่ 0 ชั่วโมง มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (ตารางผนวก 1) พบว่าชุดการทดลองที่ผ่านการรมด้วยโอโซน ค่า L^* ของสีเปลือกลำไยมีแนวโน้มที่มีค่าเพิ่มขึ้น (ภาพ 24)

ค่า a^* ของการเปลี่ยนสีเปลือกของลำไย











จากการวัดค่า a^* ของการเปลี่ยนแปลงสีเปลือกของลำไยที่ผ่านการรมด้วยซัลเฟอร์ไดออกไซด์ หลังจากรมด้วยโอโซน เปรียบเทียบกับชุดควบคุม คือ ลำไยที่ผ่านการรมด้วยซัลเฟอร์ไดออกไซด์ และวางไว้ที่อุณหภูมิห้อง (25 องศาเซลเซียส) โดยทำการวัดทันที และ ทุกๆ 2 ชั่วโมง พบว่าชุดการทดลองที่ผ่านการรมโอโซน ตั้งแต่ 4 ชั่วโมงเป็นต้นไป มีค่าสีเปลือกในรูปค่า a^* ที่แตกต่างกันทางสถิติกับชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีค่า a^* ของชุดที่ผ่านการรมโอโซนมีค่าลดลงจากเริ่มต้นที่ชั่วโมงที่ 0 ลงมาต่ำสุดหลังจากรมโอโซนนาน 6 ชั่วโมง (ภาพ 25 และตารางผนวก 2)

ค่า b^* ของการเปลี่ยนสีเปลือกของลำไย

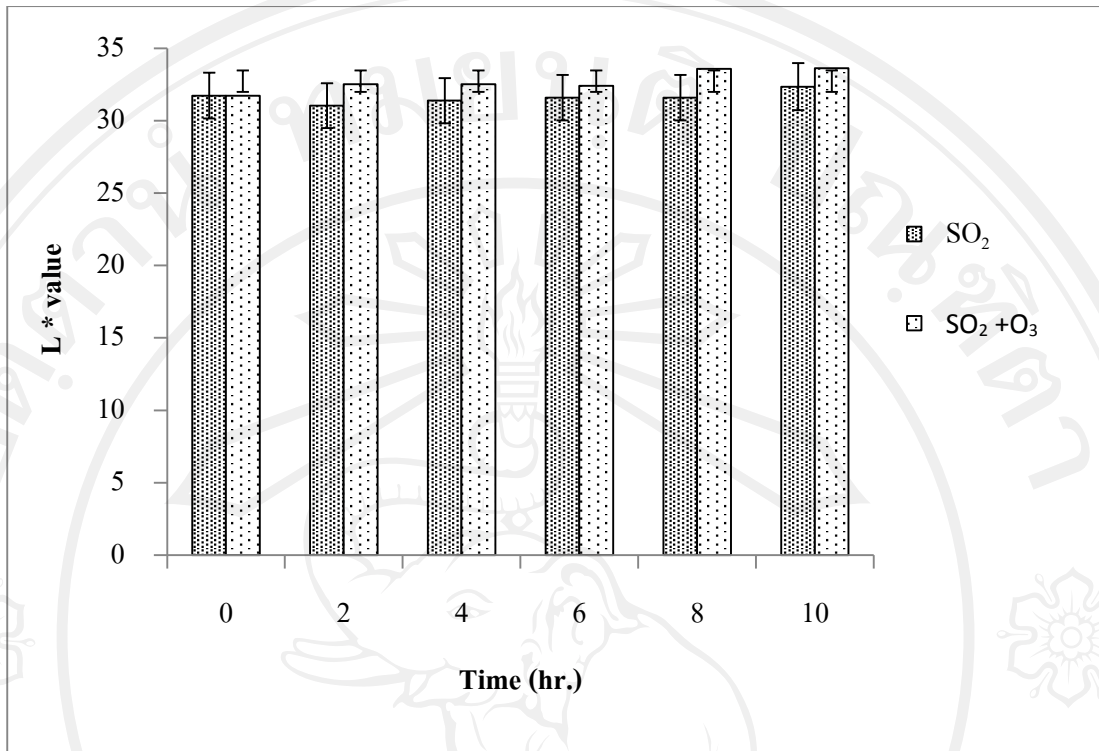
การเปลี่ยนแปลงสีเปลือกของลำไยที่วัดในรูปค่า b^* โดยวัดค่าการเปลี่ยนแปลงทันที ทุกๆ 2 ชั่วโมง พบว่าลำไยที่ผ่านการรมด้วยซัลเฟอร์ไดออกไซด์ หลังจากรมด้วยโอโซน มีค่าสีเปลือกในรูปค่า b^* เพิ่มขึ้นเล็กน้อย เมื่อเทียบกับชุดควบคุมที่มีค่า b^* ลดลงเล็กน้อย (ภาพ 26) ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 15.32–17.19 และมีค่า b^* ไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ในทุกชุดการทดลอง (ตารางผนวก 3)

ดัชนีการเกิดสีน้ำตาล (browning index)

จากการพิจารณาดัชนีการเกิดสีน้ำตาลโดยการประเมินด้วยสายตา และการเปรียบเทียบค่า L^* , a^* และ b^* ทำการพิจารณาทันทีทุกๆ 2 ชั่วโมง จากการประเมินด้วยสายตา พบว่า ผลลำไยในทุกชุดการทดลอง ไม่พบลักษณะการเกิดสีน้ำตาลที่เปลือกผล และจากการนำผลลำไยที่เริ่มเกิดสีน้ำตาลที่เปลือกผล มาวัดการเปลี่ยนแปลงสีเปลือก พบว่า จะมีค่า L^* ต่ำกว่า 26.5 ค่า a^* มากกว่า 4 และมีค่า b^* ต่ำกว่า 11 และเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับผลลำไยที่ผ่านการรมด้วยซัลเฟอร์ไดออกไซด์ หลังจากรมด้วยโอโซน เป็นเวลา 0, 2, 4, 6, 8 และ 10 ชั่วโมง กับชุดการทดลองที่วางไว้ในอุณหภูมิห้อง พบว่าทุกชุดการทดลองมีค่าการเปลี่ยนแปลงสีเปลือกในรูปค่า L^* ที่มากกว่า 26.5 มีค่า a^* ต่ำกว่า 4 และมีค่า b^* สูงกว่า 11 จึงมีระดับคะแนนดัชนีการเกิดสีน้ำตาลเท่ากัน คือ 1 คะแนน (เกิดสีน้ำตาล 0 – 20 เปอร์เซ็นต์) (ภาพ 27)

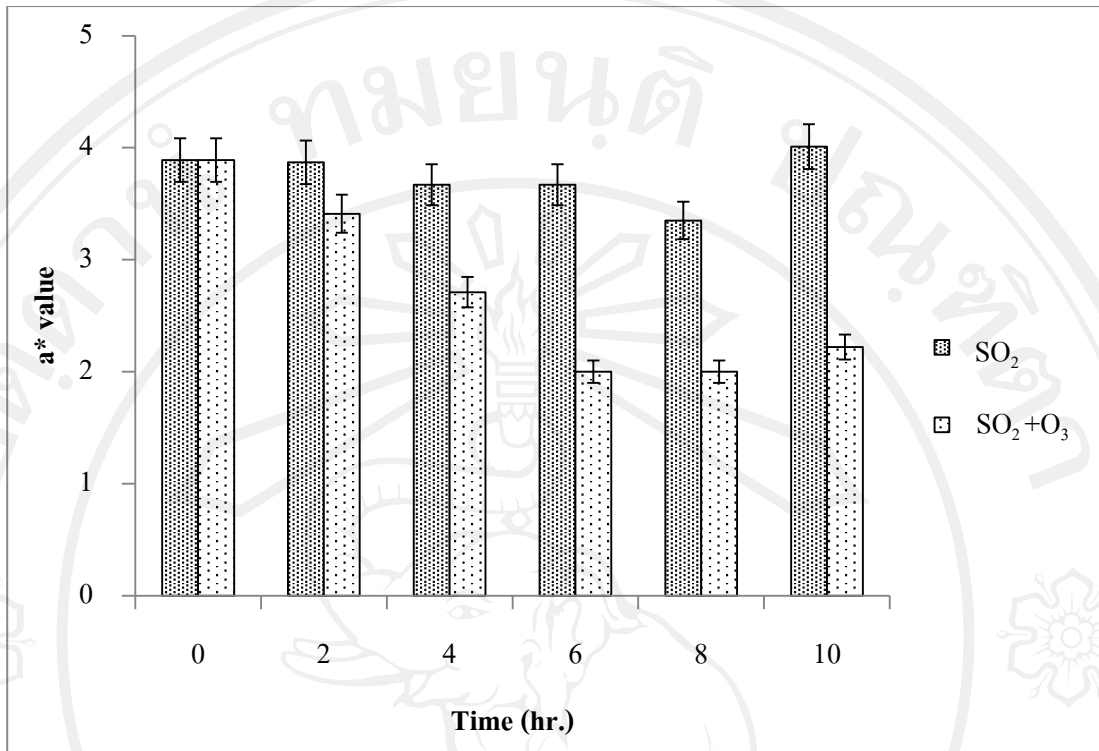
หลังจากออกห้องรมซัลเฟอร์ไดออกไซด์ 2 ชั่วโมง			หลังจากออกห้องรมซัลเฟอร์ไดออกไซด์ 2 ชั่วโมง ก่อนนำมารมไอโซน (0 ชั่วโมง)
หลังจากออกห้องรมซัลเฟอร์ไดออกไซด์ 2 ชั่วโมง และวางไว้ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส 2 ชั่วโมง			หลังจากออกห้องรมซัลเฟอร์ไดออกไซด์ 2 ชั่วโมง และนำมารมไอโซน 2 ชั่วโมง
หลังจากออกห้องรมซัลเฟอร์ไดออกไซด์ 2 ชั่วโมง และวางไว้ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส 4 ชั่วโมง			หลังจากออกห้องรมซัลเฟอร์ไดออกไซด์ 2 ชั่วโมง และนำมารมไอโซน 4 ชั่วโมง
หลังจากออกห้องรมซัลเฟอร์ไดออกไซด์ 2 ชั่วโมง และวางไว้ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส 6 ชั่วโมง			หลังจากออกห้องรมซัลเฟอร์ไดออกไซด์ 2 ชั่วโมง และนำมารมไอโซน 6 ชั่วโมง
หลังจากออกห้องรมซัลเฟอร์ไดออกไซด์ 2 ชั่วโมง และวางไว้ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส 8 ชั่วโมง			หลังจากออกห้องรมซัลเฟอร์ไดออกไซด์ 2 ชั่วโมง และนำมารมไอโซน 8 ชั่วโมง
หลังจากออกห้องรมซัลเฟอร์ไดออกไซด์ 2 ชั่วโมง และวางไว้ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส 10 ชั่วโมง			หลังจากออกห้องรมซัลเฟอร์ไดออกไซด์ 2 ชั่วโมง และนำมารมไอโซน 10 ชั่วโมง

ภาพ 23 ลักษณะสีเปลือกของลำไยที่ผ่านการรมไอโซนเป็นเวลา 0, 2, 4, 6, 8 และ 10 ชั่วโมง หลังจากได้รับซัลเฟอร์ไดออกไซด์ เปรียบเทียบกับชุดการทดลองที่ผ่านการรมซัลเฟอร์ไดออกไซด์เพียงอย่างเดียว และวางไว้ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส



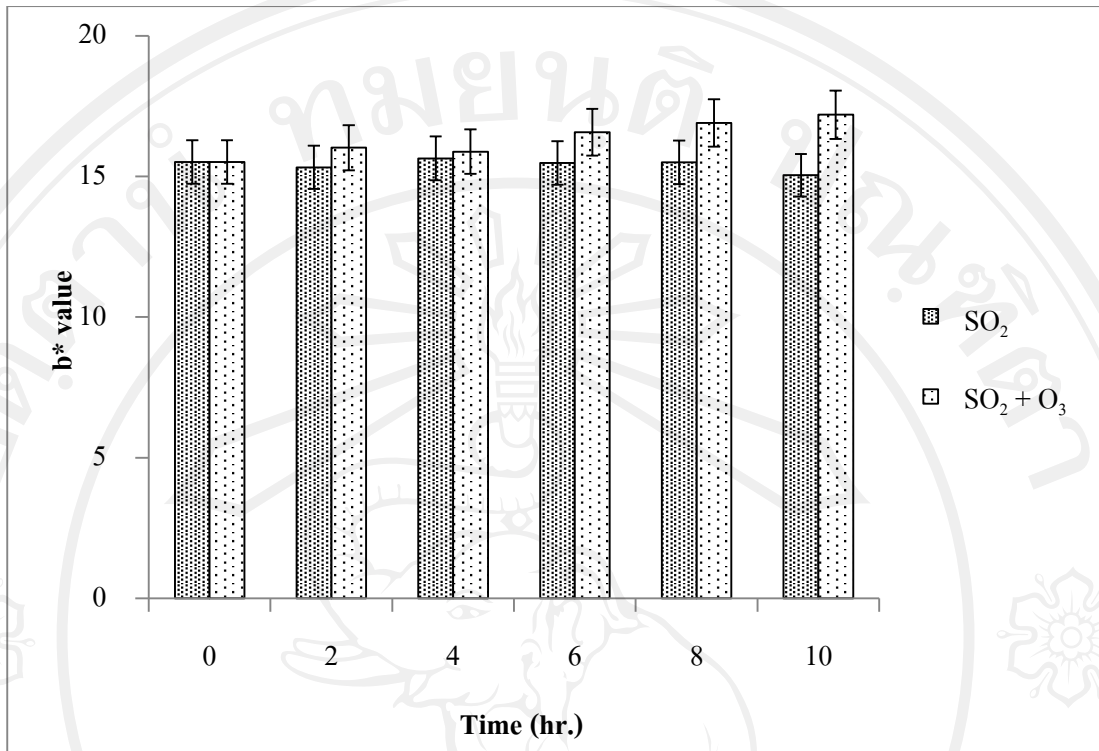
ภาพ 24 การเปลี่ยนแปลงค่า L* ของสีเปลือกกล้วยที่ผ่านการรมไอโซนเป็นเวลา 0, 2, 4, 6, 8 และ 10 ชั่วโมง หลังจากได้รับซัลเฟอร์ไดออกไซด์ เปรียบเทียบกับชุดการทดลองที่ผ่านการรมซัลเฟอร์ไดออกไซด์เพียงอย่างเดียว

หมายเหตุ : ข้อมูลแต่ละชุดการทดลอง คือ ค่าเฉลี่ย (Mean) \pm ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (Standard error) จากตัวอย่าง 5 ซ้ำ



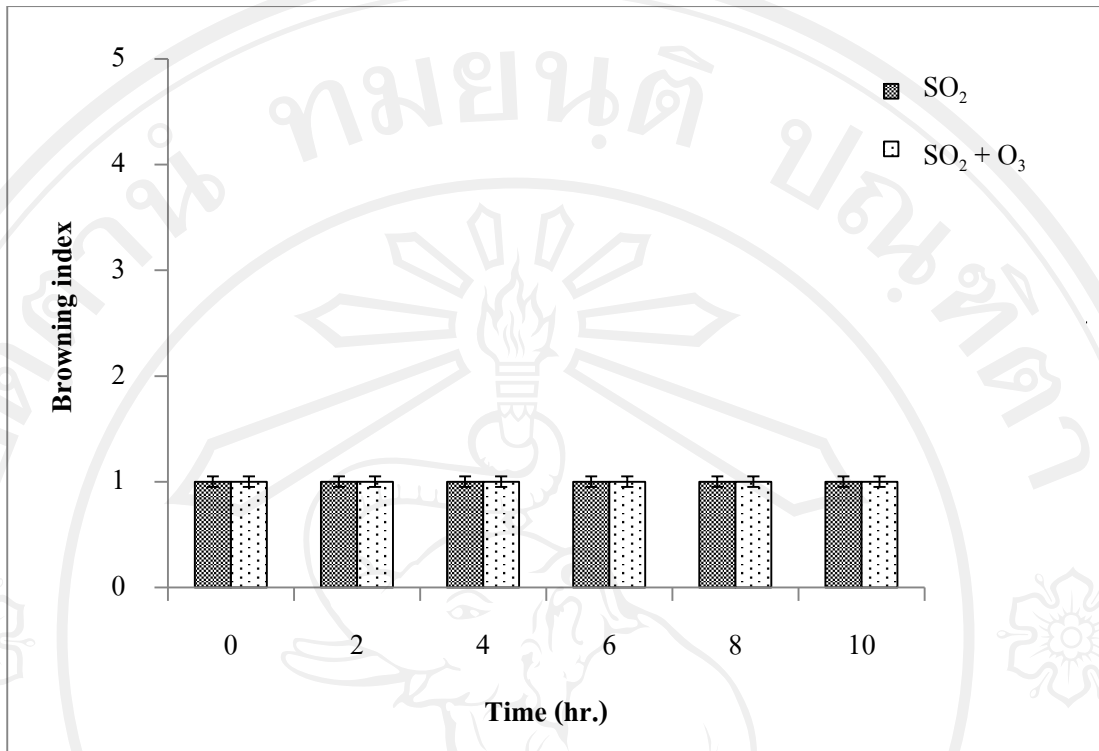
ภาพ 25 การเปลี่ยนแปลงค่า a^* ของสไล์กล้วยที่ผ่านการรมโอโซนเป็นเวลา 0, 2, 4, 6, 8 และ 10 ชั่วโมง หลังจากได้รับซัลเฟอร์ไดออกไซด์ เปรียบเทียบกับชุดการทดลองที่ผ่านการรมซัลเฟอร์ไดออกไซด์เพียงอย่างเดียว

หมายเหตุ : ข้อมูลแต่ละชุดการทดลอง คือ ค่าเฉลี่ย (Mean) \pm ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (Standard error) จากตัวอย่าง 5 ซ้ำ



ภาพ 26 การเปลี่ยนแปลงค่า b^* ของสไลด์กล้วยที่ผ่านการรมโอโซนเป็นเวลา 0, 2, 4, 6, 8 และ 10 ชั่วโมง หลังจากได้รับซัลเฟอร์ไดออกไซด์ เปรียบเทียบกับชุดการทดลองที่ผ่านการรมซัลเฟอร์ไดออกไซด์เพียงอย่างเดียว

หมายเหตุ : ข้อมูลแต่ละชุดการทดลอง คือ ค่าเฉลี่ย (Mean) \pm ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (Standard error) จากตัวอย่าง 5 ซ้ำ



ภาพ 27 ดัชนีการเกิดสีน้ำตาลของลำไยที่ผ่านการรมโอโซนเป็นเวลา 0, 2, 4, 6, 8 และ 10 ชั่วโมง หลังจากได้รับซัลเฟอร์ไดออกไซด์ เปรียบเทียบกับชุดการทดลองที่ผ่านการรมซัลเฟอร์ไดออกไซด์เพียงอย่างเดียว

หมายเหตุ : ข้อมูลแต่ละชุดการทดลอง คือ ค่าเฉลี่ย (Mean) \pm ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (Standard error) จากตัวอย่าง 5 ซ้ำ

การทดลองที่ 2 การศึกษาวิธีการรมโอโซนเพื่อควบคุมโรคหลังเก็บเกี่ยวของผลลำไยสด

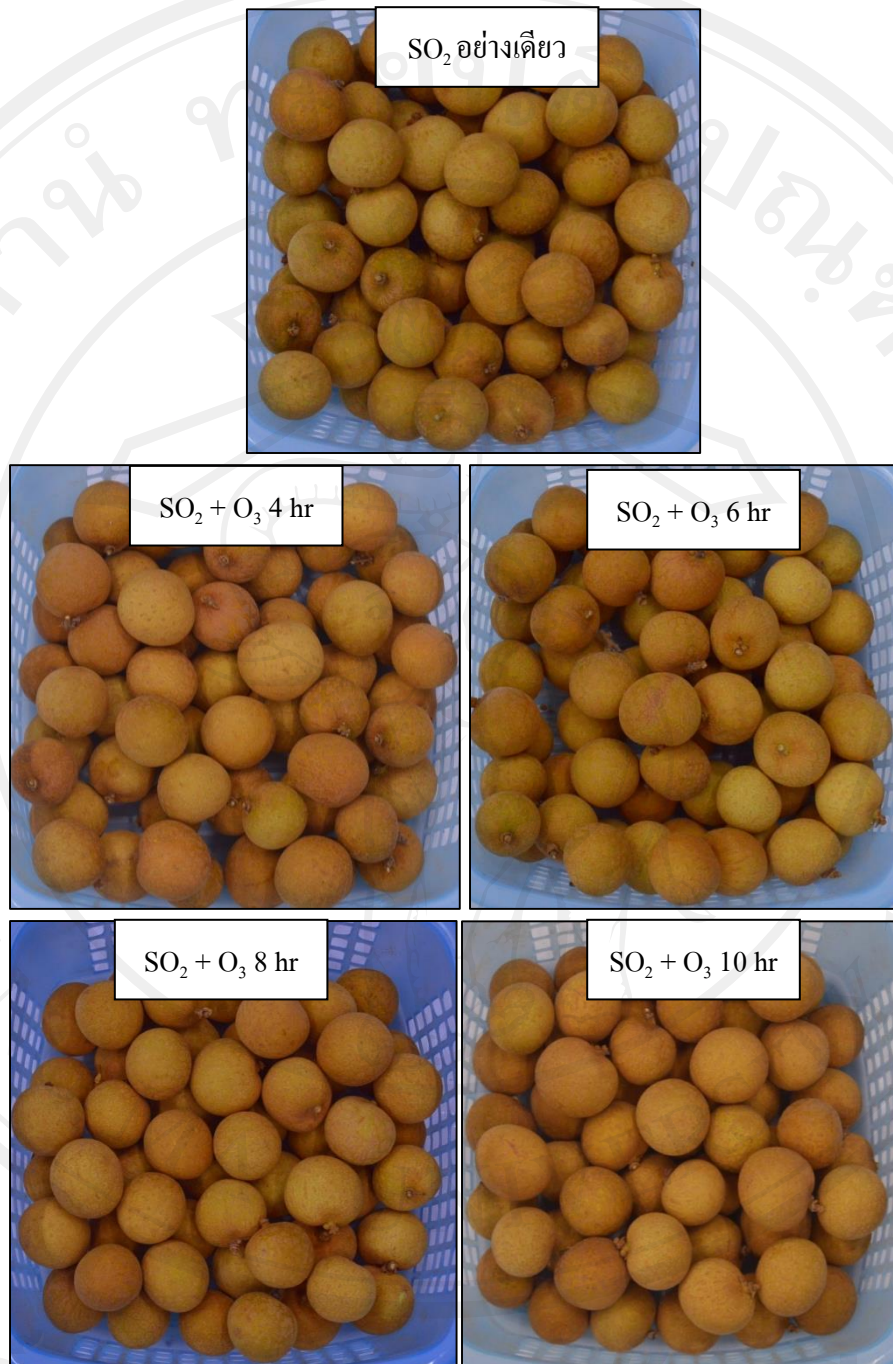
นำผลลำไยสดที่ผ่านการรม ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ และมารมโอโซนเป็นเวลา 4, 6, 8 และ 10 ชั่วโมง และตัวอย่างลำไยที่ผ่านการรมซัลเฟอร์ไดออกไซด์อย่างเดียว แล้วนำผลลำไยมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เป็นระยะเวลา 7 วัน เปลือกผลยังคงมีสีเหลืองสวยงาม (ภาพ 28) ทำการสุ่มตัวอย่างผลลำไยทุกวัน เพื่อนำมาวิเคราะห์การปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด (total plate count, TPC) ด้วยวิธีของ Bacteriological Analytical Manual (BAM) หลังจากนั้นนับจำนวนโคโลนีทั้งหมด รวมทั้งวิเคราะห์หายีสต์ และเชื้อรา ตามวิธีของ BAM พร้อมทั้งจำแนกลักษณะของเชื้อราที่ได้

ผลการวิเคราะห์การปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด

จากการสุ่มตัวอย่างลำไยในทุกชุดการทดลอง มาวิเคราะห์การปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด (total plate count) พบว่า ทั้งชุดการทดลองที่ผ่านการรมซัลเฟอร์ไดออกไซด์เพียงอย่างเดียว และชุดการทดลองที่ผ่านการรมซัลเฟอร์ไดออกไซด์แล้วมาผ่านการรมด้วย โอโซนที่ระยะเวลาต่างๆ และไม่มี การปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ ตลอดระยะเวลา 7 วัน (ตาราง 9)

ผลการวิเคราะห์การปนเปื้อนยีสต์และรา

การปนเปื้อนของยีสต์และรา (yeast and mold) ในตัวอย่างลำไยที่ผ่านการรมซัลเฟอร์ไดออกไซด์แล้วผ่านการรมด้วยโอโซนที่ระยะเวลาต่างๆ เปรียบเทียบกับชุดการทดลองที่ผ่านการรมซัลเฟอร์ไดออกไซด์เพียงอย่างเดียว พบว่า ทุกชุดการทดลองไม่พบการปนเปื้อนของยีสต์และรา ตลอดระยะเวลา 7 วัน ของการทดลอง (ตาราง 10)



ภาพ 28 ลักษณะผลลำไยผ่านการรมด้วยโอโซน เป็นเวลา 4, 6, 8 และ 10 ชั่วโมง หลังจากได้รับซัลเฟอร์ไดออกไซด์ เปรียบเทียบกับชุดการทดลองที่ผ่านการรมซัลเฟอร์ไดออกไซด์เพียงอย่างเดียว ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง นาน 7 วัน

ตาราง 9 จำนวนโคโลนีของเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดที่พบปนเปื้อนในตัวอย่างลำไยที่ผ่านการรมซัลเฟอร์ไดออกไซด์ แล้วผ่านการรมด้วยไอโซนที่ระยะเวลาต่างๆ เปรียบเทียบกับชุดการทดลองที่ผ่านการรมซัลเฟอร์ไดออกไซด์เพียงอย่างเดียว ตลอดจนการเก็บที่อุณหภูมิห้องนาน 7 วัน

กรรมวิธี	จำนวนโคโลนีของเชื้อจุลินทรีย์							
	วันที่เก็บรักษา							
	0	1	2	3	4	5	6	7
รมซัลเฟอร์ไดออกไซด์เพียงอย่างเดียว	0	0	0	0	0	0	0	0
ผ่านการรมด้วยไอโซนที่ระยะเวลา 4 ชั่วโมง	0	0	0	0	0	0	0	0
ผ่านการรมด้วยไอโซนที่ระยะเวลา 6 ชั่วโมง	0	0	0	0	0	0	0	0
ผ่านการรมด้วยไอโซนที่ระยะเวลา 8 ชั่วโมง	0	0	0	0	0	0	0	0
ผ่านการรมด้วยไอโซนที่ระยะเวลา 10 ชั่วโมง	0	0	0	0	0	0	0	0

หมายเหตุ : 0 หมายถึง ไม่พบโคโลนี (ไม่พบการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด)

ตาราง 10 จำนวนโคโลนีของยีสต์และรา ที่พบปนเปื้อนในตัวอย่างลำไยที่ผ่านการรมซัลเฟอร์ไดออกไซด์ แล้วผ่านการรมด้วยไอโซนที่ระยะเวลาต่างๆ เปรียบเทียบกับชุดการทดลองที่ผ่านการรมซัลเฟอร์ไดออกไซด์เพียงอย่างเดียว ตลอดจนการเก็บที่อุณหภูมิห้อง นาน 7 วัน

กรรมวิธี	จำนวนโคโลนีของยีสต์และรา							
	วันที่เก็บรักษา							
	0	1	2	3	4	5	6	7
รมซัลเฟอร์ไดออกไซด์เพียงอย่างเดียว	0	0	0	0	0	0	0	0
ผ่านการรมด้วยไอโซนที่ระยะเวลา 4 ชั่วโมง	0	0	0	0	0	0	0	0
ผ่านการรมด้วยไอโซนที่ระยะเวลา 6 ชั่วโมง	0	0	0	0	0	0	0	0
ผ่านการรมด้วยไอโซนที่ระยะเวลา 8 ชั่วโมง	0	0	0	0	0	0	0	0
ผ่านการรมด้วยไอโซนที่ระยะเวลา 10 ชั่วโมง	0	0	0	0	0	0	0	0

หมายเหตุ : 0 หมายถึง ไม่พบโคโลนี (ไม่พบการปนเปื้อนของยีสต์และรา)

การทดลองที่ 3 การศึกษาผลของการรมโอโซนในผลลำไยต่อคุณภาพระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ

เลือกระยะเวลาการรมโอโซนที่ดีที่สุดจากการทดลองที่ 2 และ 3 คือ การรมด้วยโอโซนที่ระยะเวลา 4, 6, 8 และ 10 ชั่วโมง มาทำการทดลองเปรียบเทียบกับชุดควบคุมที่ผ่านการรมด้วยซัลเฟอร์ไดออกไซด์เพียงอย่างเดียว นำตัวอย่างลำไยมาตัดคุณภาพเบื้องต้นโดยนำลำไยมาตัดก้านออกให้เหลือก้านเหนือขั้วผลประมาณ 5 มิลลิเมตร และคัดแยกผลที่ไม่ดีออกไป แล้วนำมาผ่านการรมโอโซน ตามระยะเวลาข้างต้น แล้วบรรจุในถุง polyethylene (PE) ขนาดของถุงกว้าง 18 นิ้ว ยาว 20 นิ้ว เพื่อเก็บรักษา ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 35 วัน และทำการสุ่มวิเคราะห์ ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ตกค้าง การเปลี่ยนแปลงสีของเปลือก ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (TSS) การประเมินคุณภาพผลทางด้านประสาทสัมผัส การเกิดโรค และดัชนีการเกิดสีน้ำตาล (browning index) ได้ผลการทดลองดังนี้

ปริมาณ SO_2 ที่ตกค้างในเปลือกและในเนื้อผล

ในการวิเคราะห์ปริมาณ SO_2 ที่ตกค้างในเปลือกและเนื้อผล จะเลือกระยะเวลาการรมโอโซน 0, 2, 4, 6, 8 และ 10 ชั่วโมง มาวิเคราะห์ เปรียบเทียบกับชุดควบคุมที่นำไปวางไว้ที่อุณหภูมิห้อง และจากการวิเคราะห์พบว่า ลำไยที่นำมาวิเคราะห์มีการตกค้างของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในเปลือกเฉลี่ยประมาณ 2,900 ppm และในเนื้อผลเฉลี่ยประมาณ 48 ppm (ลำไยที่นำมาวิเคราะห์เป็นลำไยที่ออกจากรวมซัลเฟอร์ประมาณ 2 ชั่วโมง) พบว่า การรมด้วยโอโซนสามารถลดสารซัลเฟอร์ไดออกไซด์ตกค้าง ได้มากกว่าชุดควบคุมที่นำไปวางไว้ที่อุณหภูมิห้อง และการรมด้วยโอโซนที่เวลา 8 ชั่วโมง สามารถลดสารซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ตกค้างในเปลือกและเนื้อผลได้มากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ โดยในเปลือกลดได้ 58.18 และ 63.98 เปอร์เซ็นต์ ในเนื้อผล ในขณะที่ชุดที่วางไว้ที่อุณหภูมิห้องลดได้แค่ 17.01 เปอร์เซ็นต์ ในเปลือก และ 27.76 เปอร์เซ็นต์ ในเนื้อผล (ตาราง 11, 12, 13, 14 และ ภาพ 29, 30) และเมื่อทำการเปรียบเทียบทางสถิติพบว่า การรมด้วยโอโซนมีผลต่อการลดปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ตกค้างในเปลือกและเนื้อผลลำไยได้มากกว่าและแตกต่างกันทางสถิติกับชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ตาราง 11 ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่พบตกค้างบนเปลือกกล้วยที่ผ่านการรมโอโซนเป็นเวลา 0, 2, 4, 6, 8 และ 10 ชั่วโมง หลังจากได้รับซัลเฟอร์ไดออกไซด์ เปรียบเทียบกับชุดการทดลองที่ผ่านการรมซัลเฟอร์ไดออกไซด์เพียงอย่างเดียว

เวลา (ชั่วโมง)	ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ตกค้าง (ppm)	
	ชุดควบคุม	ชุดที่ผ่านการรมโอโซน
0	2860.37g	2860.37g
2	2729.42fg	2589.15ef
4	2529.01ef	2155.37d
6	2437.62e	1809.45c
8	2373.85e	1196.18b
10	2023.77d	875.32a

หมายเหตุ : ที่เวลา 0 ชั่วโมง หมายถึงปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ตกค้างในเปลือกกล้วยก่อนรมด้วยโอโซน

: ค่าในตารางเป็นค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 5 ซ้ำ

: ตัวเลขที่มีตัวอักษร (ก และ ข) กำกับต่างกันในแนวนอนแสดงค่าความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

: ตัวเลขที่มีตัวอักษร (a, b, c, d, e และ f) กำกับต่างกันในแนวตั้งแสดงค่าความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตาราง 12 เปอร์เซ็นต์การลดลงของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในเปลือกกล้วย ที่ผ่านกรรมโอโซนเป็นเวลา 0, 2, 4, 6, 8 และ 10 ชั่วโมง หลังจากได้รับซัลเฟอร์ไดออกไซด์ เปรียบเทียบกับชุดการทดลองที่ผ่านกรรมซัลเฟอร์ไดออกไซด์เพียงอย่างเดียว

เวลา (ชั่วโมง)	เปอร์เซ็นต์การลดลงของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (%)	
	ชุดควบคุม	ชุดที่ผ่านกรรมโอโซน
0	0.00	0.00
2	4.58	9.48
4	11.58	24.65
6	14.78	36.75
8	17.01	58.18
10	29.25	69.40

ตาราง 13 ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่พบตกค้างบนเนื้อผลลำไยที่ผ่านการรมโอโซนเป็นเวลา 0, 2, 4, 6, 8 และ 10 ชั่วโมง หลังจากได้รับซัลเฟอร์ไดออกไซด์ เปรียบเทียบกับชุดการทดลองที่ผ่านการรมซัลเฟอร์ไดออกไซด์เพียงอย่างเดียว

เวลา (ชั่วโมง)	ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ตกค้าง (ppm)	
	ชุดควบคุม	ชุดที่ผ่านการรมโอโซน
0	47.69f	47.69f
2	44.81f	42.22ef
4	38.32de	33.27cd
6	36.84cde	26.36b
8	34.45d	17.10a
10	31.45dc	14.75a

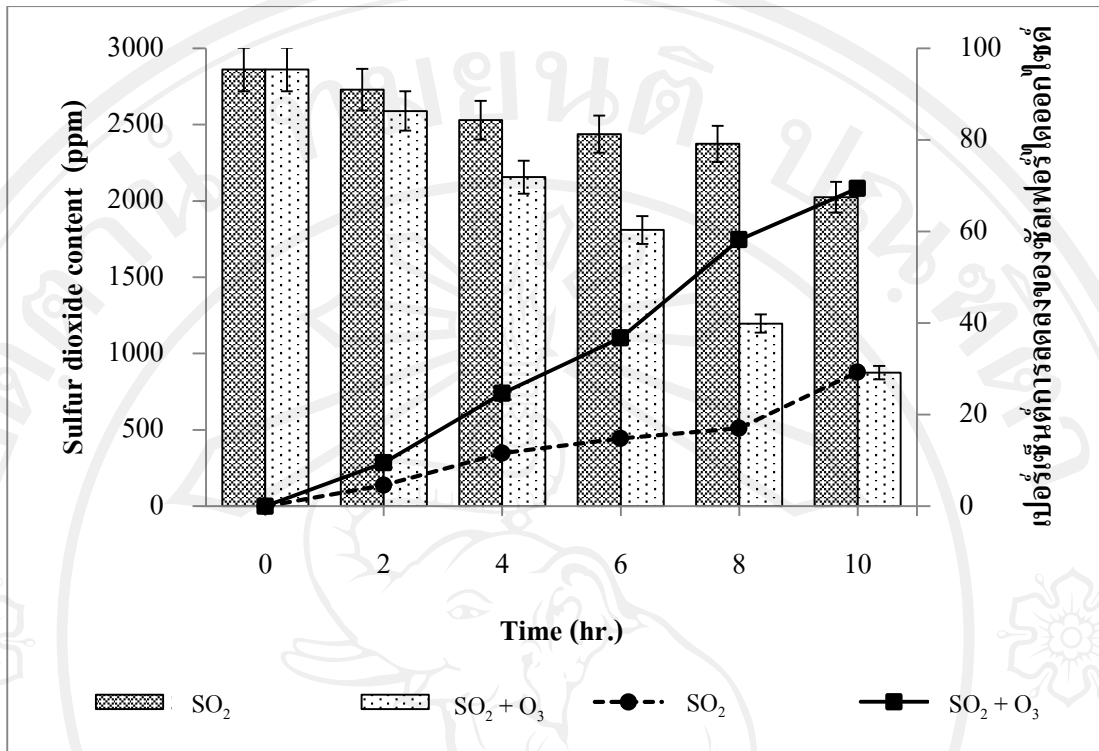
หมายเหตุ : ที่เวลา 0 ชั่วโมง หมายถึงปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ตกค้างในเนื้อผลลำไยก่อนรมด้วยโอโซน

: ค่าในตารางเป็นค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 5 ซ้ำ

: ตัวเลขที่มีตัวอักษร (a, b, c, d และ e) กำกับต่างกันในแต่ละแถวและแนวนอนแสดงค่าความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

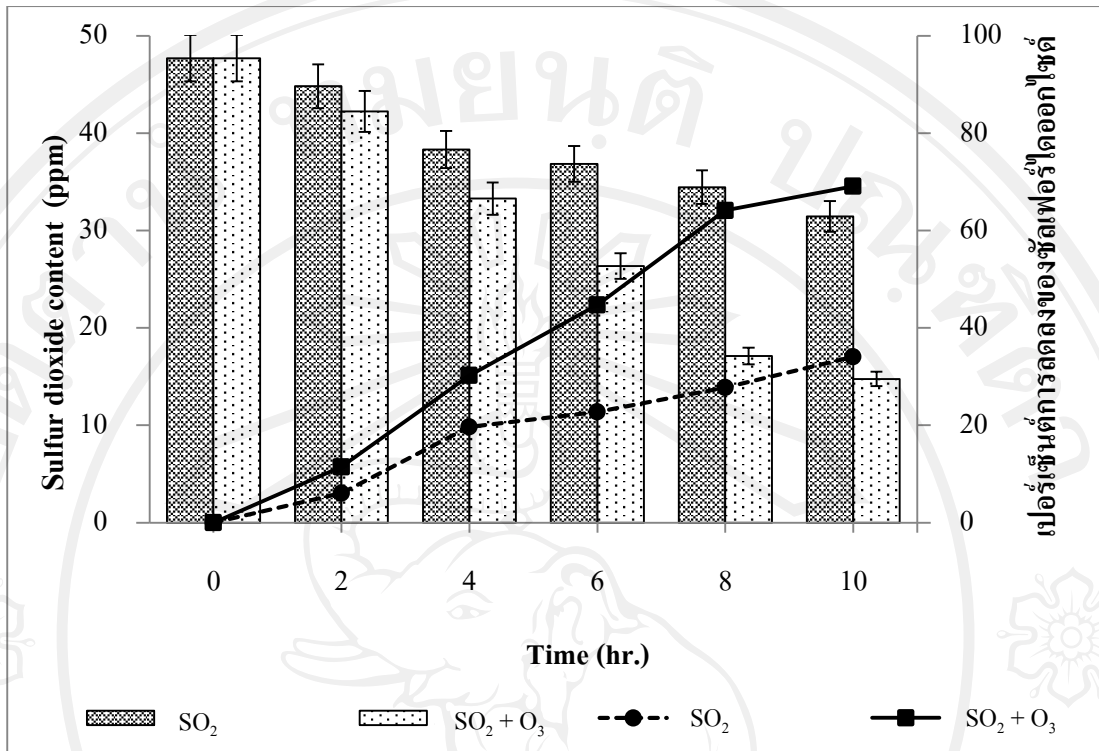
ตาราง 14 เปอร์เซ็นต์การลดลงของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในเปลือกกล้วย ที่ผ่านกรรมโอโซนเป็นเวลา 0, 2, 4, 6, 8 และ 10 ชั่วโมง หลังจากได้รับซัลเฟอร์ไดออกไซด์ เปรียบเทียบกับชุดการทดลองที่ผ่านกรรมซัลเฟอร์ไดออกไซด์เพียงอย่างเดียว

เวลา (ชั่วโมง)	เปอร์เซ็นต์การลดลงของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (%)	
	ชุดควบคุม	ชุดที่ผ่านกรรมโอโซน
0	0.00	0.00
2	6.04	11.47
4	19.65	30.24
6	22.75	44.73
8	27.76	64.13
10	34.05	69.07



ภาพ 29 ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่พบตกค้างในเปลือกกล้วยและเปอร์เซ็นต์การลดลงของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ที่ผ่านการรมด้วยโอโซน เป็นเวลา 0, 2, 4, 6, 8 และ 10 ชั่วโมง เปรียบเทียบกับชุดการทดลองที่วางไว้ที่อุณหภูมิห้อง

หมายเหตุ : ข้อมูลแต่ละชุดการทดลอง คือ ค่าเฉลี่ย (Mean) \pm ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (Standard error) จากตัวอย่าง 5 ซ้ำ



ภาพ 30 ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่พบตกค้างในเนื้อผลลำไยและเปอร์เซ็นต์การลดลงของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ที่ผ่านการรมด้วยโอโซน เป็นเวลา 0, 2, 4, 6, 8 และ 10 ชั่วโมง เปรียบเทียบกับชุดการทดลองที่วางไว้ในอุณหภูมิต่ำ

หมายเหตุ : ข้อมูลแต่ละชุดการทดลอง คือ ค่าเฉลี่ย (Mean) \pm ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (Standard error) จากตัวอย่าง 5 ซ้ำ

การเปลี่ยนแปลงสีของเปลือก

ค่า L^* ของการเปลี่ยนสีเปลือกของลำไย

การเปลี่ยนแปลงสีเปลือกของลำไยที่ผ่านการรมด้วยซัลเฟอร์ไดออกไซด์ หลังจากการรมด้วยโอโซนที่ระยะเวลา 4, 6, 8 และ 10 ชั่วโมง เปรียบเทียบกับชุดควบคุม ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 35 วัน และทำการวัดทุกๆ 7 วัน พบว่า ค่า L^* ของสีเปลือกมีการเปลี่ยนแปลงน้อยมากตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา และในการเก็บรักษาที่ 35 วัน ในทุกชุดการทดลอง จะมีค่า L^* ที่แตกต่างจากวันเก็บรักษาอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ในทุกชุดการทดลอง (ตารางผนวก 4) โดยมีค่า L^* ของสีเปลือกตลอดการเก็บรักษาอยู่ในช่วง 26.27 – 28.03 (ภาพ 31)

ค่า a^* ของการเปลี่ยนสีเปลือกของลำไย

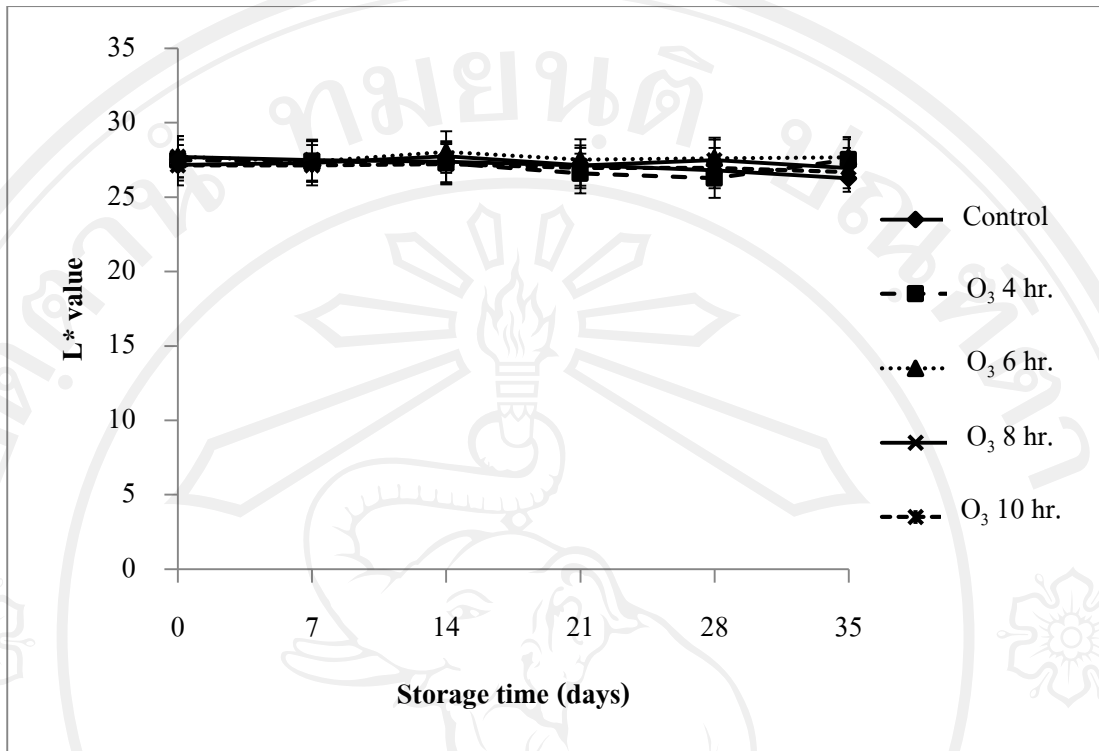
จากการวัดค่า a^* ของเปลือกผลลำไยที่ผ่านการรมด้วยซัลเฟอร์ไดออกไซด์ หลังจากการรมด้วยโอโซนที่ระยะเวลา 4, 6, 8 และ 10 ชั่วโมง เปรียบเทียบกับชุดควบคุม พบว่า ในระยะเวลาการเก็บรักษาที่ 0 และ 14 วัน มีค่า a^* แตกต่างจากระยะเวลาเก็บรักษาอื่น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (ตารางผนวก 5) และค่า a^* ในทุกชุดการทดลองมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น โดยมีค่า a^* ของสีเปลือกตลอดการเก็บรักษาอยู่ในช่วง 3.11 - 4.46 (ภาพ 32)

ค่า b^* ของการเปลี่ยนสีเปลือกของลำไย

การเปลี่ยนแปลงสีเปลือกของลำไยที่วัดในรูปค่า b^* พบว่า ค่า b^* ของสีเปลือกมีค่าลดลงเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น และค่า b^* ของสีเปลือกที่วัดทุกๆ 7 วัน (ภาพ 33) มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (ตารางผนวก 6)

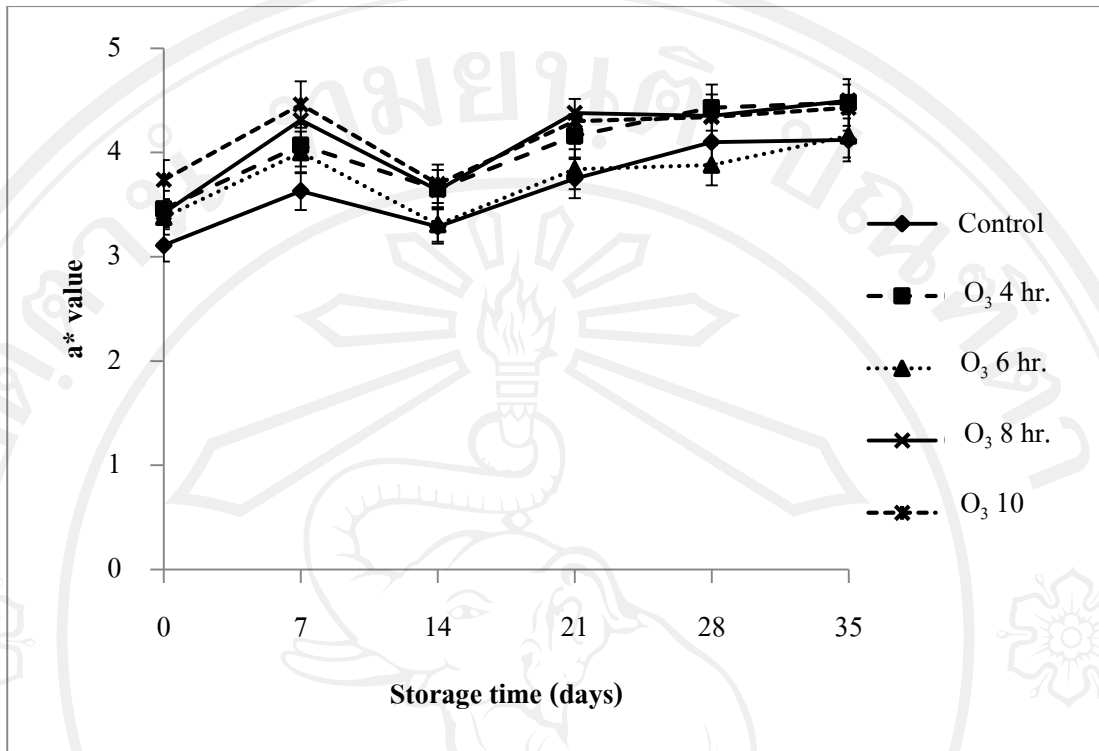
ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้

ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ในผลลำไยสดที่รมซัลเฟอร์ไดออกไซด์ หลังจากผ่านการรมโอโซน ที่เวลา 4, 6, 8 และ 10 ชั่วโมง เปรียบเทียบกับชุดควบคุม และนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 35 วัน และทำการสุ่มตัวอย่างทุกชุดการทดลองมาวิเคราะห์ทุกๆ 7 วัน พบว่า ค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ในทุกชุดการทดลองไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยมีค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้อยู่ในช่วงระหว่าง 18.04 – 20.28 %Brix (ภาพ 34 และตารางผนวก 7)



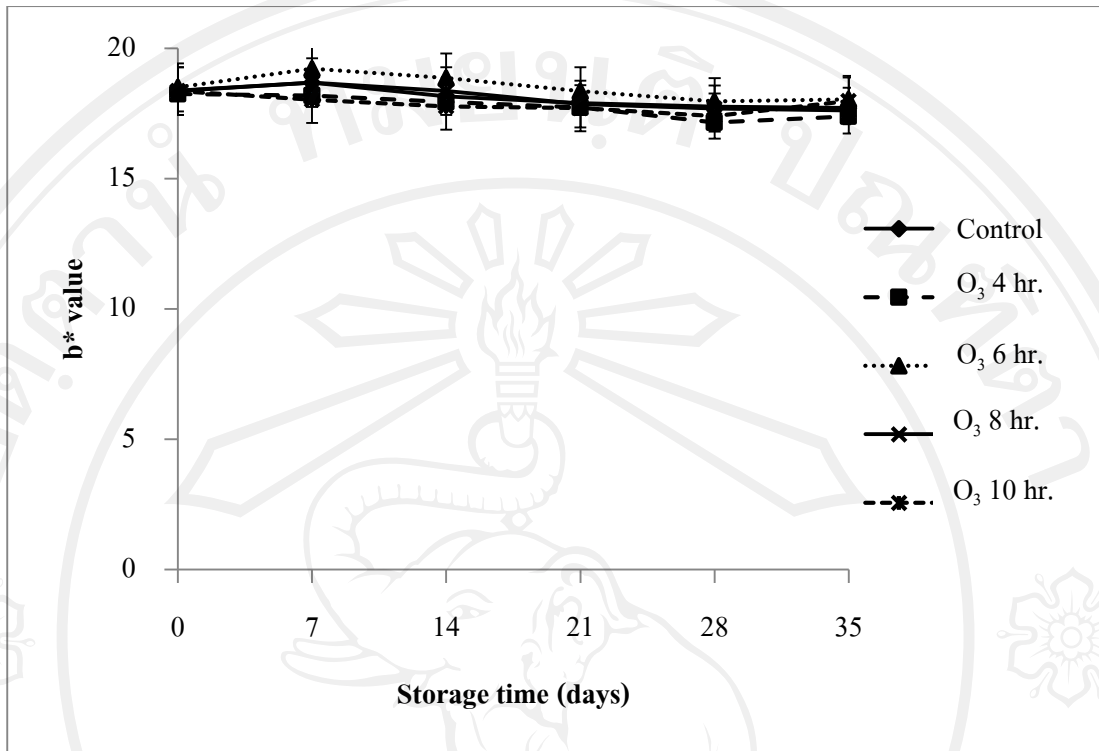
ภาพ 31 การเปลี่ยนแปลงค่า L^* ของสีเปลือกกล้วยที่ผ่านการรมด้วยโอโซน เป็นเวลา 4, 6, 8 และ 10 ชั่วโมง หลังจากได้รับซัลเฟอร์ไดออกไซด์ เปรียบเทียบกับชุดการทดลองที่ผ่านการรมซัลเฟอร์ไดออกไซด์เพียงอย่างเดียว และนำไปเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส นาน 35 วัน

หมายเหตุ : ข้อมูลแต่ละชุดการทดลอง คือ ค่าเฉลี่ย (Mean) \pm ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (Standard error) จากตัวอย่าง 5 ซ้ำ



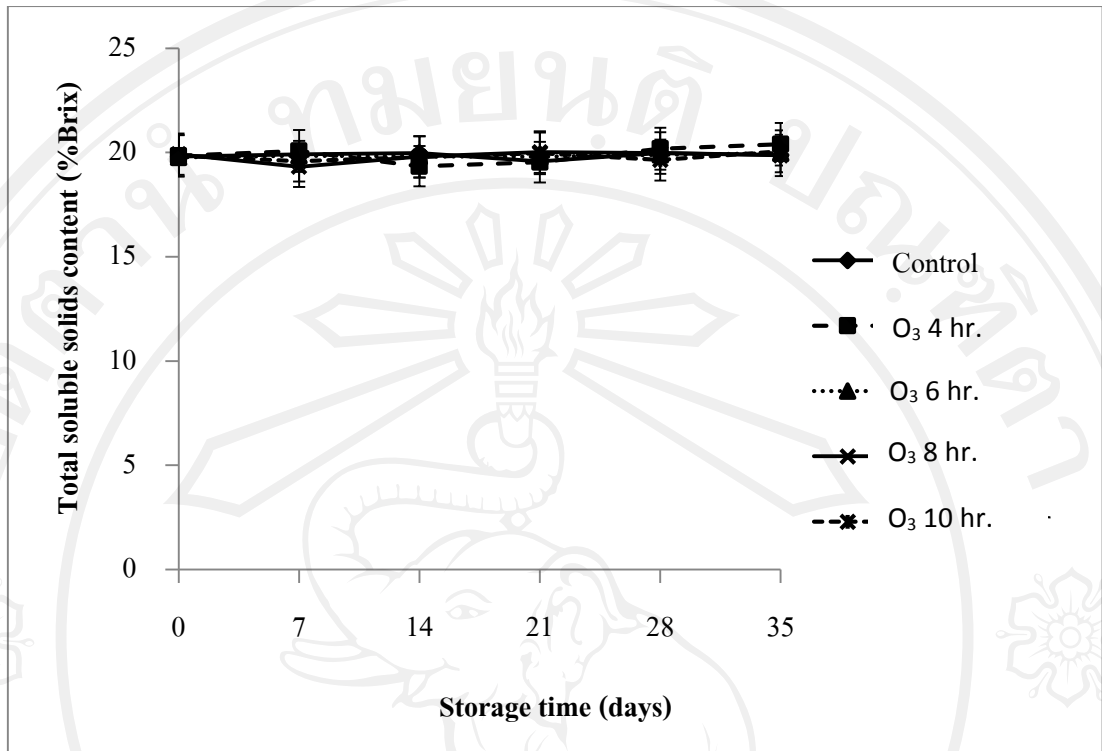
ภาพ 32 การเปลี่ยนแปลงค่า a^* ของสไล์กล้วยที่ผ่านการรมด้วยโอโซน เป็นเวลา 4, 6, 8 และ 10 ชั่วโมง หลังจากได้รับซัลเฟอร์ไดออกไซด์ เปรียบเทียบกับชุดการทดลองที่ผ่านการรมซัลเฟอร์ไดออกไซด์เพียงอย่างเดียว และนำไปเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส นาน 35 วัน

หมายเหตุ : ข้อมูลแต่ละชุดการทดลอง คือ ค่าเฉลี่ย (Mean) \pm ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (Standard error) จากตัวอย่าง 5 ซ้ำ



ภาพ 33 การเปลี่ยนแปลงค่า b^* ของสับเปลือกกล้วยที่ผ่านการรมด้วยโอโซน เป็นเวลา 4, 6, 8 และ 10 ชั่วโมง หลังจากได้รับซัลเฟอร์ไดออกไซด์ เปรียบเทียบกับชุดการทดลองที่ผ่านการรมซัลเฟอร์ไดออกไซด์เพียงอย่างเดียว และนำไปเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส นาน 35 วัน

หมายเหตุ : ข้อมูลแต่ละชุดการทดลอง คือ ค่าเฉลี่ย (Mean) \pm ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (Standard error) จากตัวอย่าง 5 ซ้ำ



ภาพ 34 ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ ของผลลำไยที่ผ่านการรมด้วยโอโซน เป็นเวลา 4, 6, 8 และ 10 ชั่วโมง หลังจากได้รับซัลเฟอร์ไดออกไซด์ เปรียบเทียบกับชุดการทดลองที่ผ่านการรมซัลเฟอร์ไดออกไซด์เพียงอย่างเดียว และนำไปเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส นาน 35 วัน

หมายเหตุ : ข้อมูลแต่ละชุดการทดลอง คือ ค่าเฉลี่ย (Mean) \pm ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (Standard error) จากตัวอย่าง 5 ซ้ำ

การประเมินคุณภาพผลทางด้านประสาทสัมผัส

รสชาติ

เนื่องจากตัวอย่างลำไยที่นำมาวิเคราะห์ เป็นลำไยที่ถูกนำออกจากห้องรมซัลเฟอร์ได้เพียง 2 ชั่วโมง ก่อนนำมาวิเคราะห์ในห้องทดลอง ดังนั้นในการวิเคราะห์ครั้งแรก จึงไม่ให้ผู้ทดสอบประเมินรสชาติของลำไยที่เป็นชุดควบคุม แต่จะให้ผู้ทำการทดสอบเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 7 วัน เป็นต้นไป จากการประเมินโดยผู้ทดสอบ พบว่า ลำไยในทุกชุดการทดลองมีรสชาติไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (ตารางผนวก 8) โดยมีคะแนนเฉลี่ยจากการประเมินรสชาติอยู่ในช่วง 3.4 – 3.7 คะแนน แต่คะแนนรสชาติของทุกชุดการทดลองจะมีคะแนนลดลงเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น (ภาพ 35)

กลิ่น

จากการศึกษากลิ่นของลำไยที่ผ่านการรมด้วยซัลเฟอร์ไดออกไซด์ หลังการรมด้วยโอโซนเป็นเวลา 4, 6, 8 และ 10 ชั่วโมง เปรียบเทียบกับชุดควบคุม (ภาพ 36) โดยการให้คะแนนจากผู้ทดสอบพบว่า คะแนนกลิ่นของชุดควบคุม(ผ่านการรมด้วยซัลเฟอร์ไดออกไซด์เพียงอย่างเดียว) ในวันแรกของการวิเคราะห์จะมีค่าต่ำ เนื่องจากมีกลิ่นของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ตกค้างมาก จึงทำให้คุณภาพผลทางด้านกลิ่น มีคะแนนการยอมรับที่ต่ำ และจากกราฟไม่ได้แสดงว่าลำไยมีกลิ่นที่ดีขึ้นเมื่อเก็บรักษา แต่หลังจากการเก็บรักษาที่ 7 วัน ผลลำไยมีกลิ่นซัลเฟอร์ไดออกไซด์ลดลงแต่มีกลิ่นที่คล้ายลำไยปกติ จึงทำให้มีคะแนนสูงขึ้น นอกจากนี้ชุดการทดลองที่ผ่านการรมด้วยโอโซน ยังมีคะแนนกลิ่นสูงกว่าชุดควบคุม และแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยการรมด้วยโอโซน 10 ชั่วโมง มีคะแนนเฉลี่ยสูงกว่าชุดการทดลองอื่นๆ คือ 3.9 คะแนน และจากการวิเคราะห์ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา พบว่า ค่าคะแนนกลิ่นในแต่ละชุดการทดลองมีค่าคะแนนลดลงเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น โดยคะแนนกลิ่นจะเริ่มลดลงหลังจากการเก็บรักษาที่ 14 วัน และมีค่ากลิ่นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (ตารางผนวก 9)

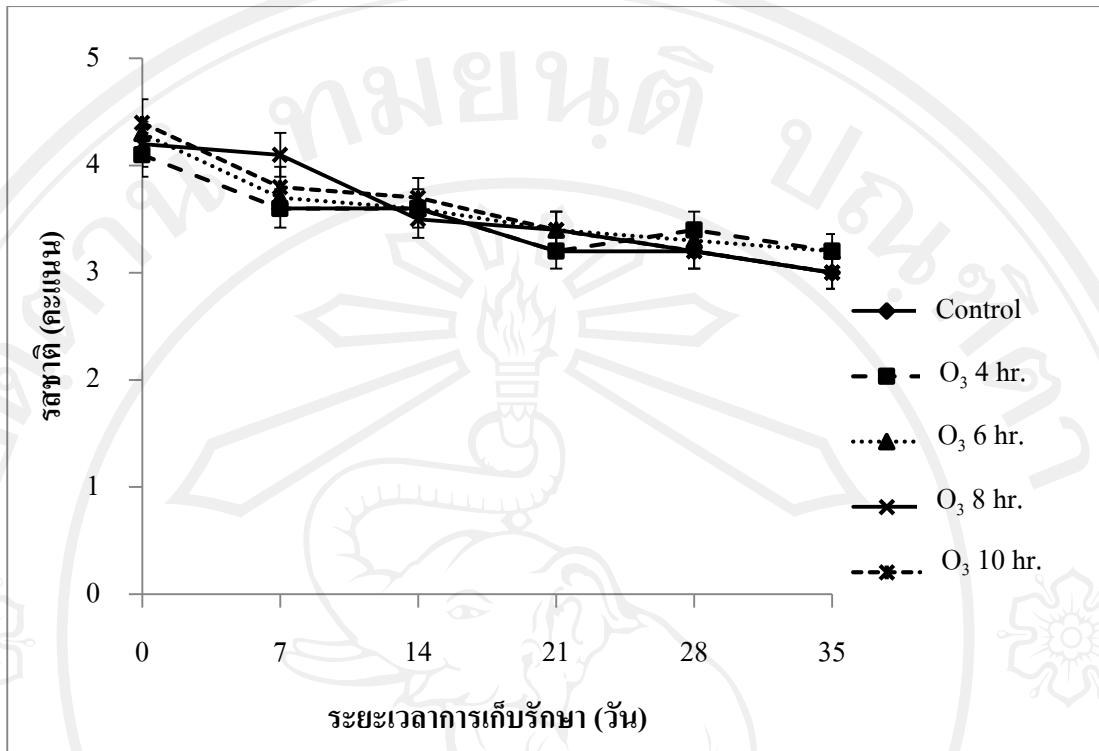
ความกรอบ

ความกรอบของเนื้อลำไยเป็นการประเมินโดยผู้ทดสอบ พบว่า ทุกชุดการมีค่าความกรอบไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ และจากการวิเคราะห์ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา พบว่า คะแนนความกรอบของทุกชุดการทดลอง มีค่าลดลงเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น โดยจะเริ่มลดลงหลังจากระยะเวลาการเก็บรักษาที่ 7 วัน (ภาพ 37) และค่าความ

กรอบที่ลดลงในแต่ละสัปดาห์มีค่าที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (ตารางผนวก 10)

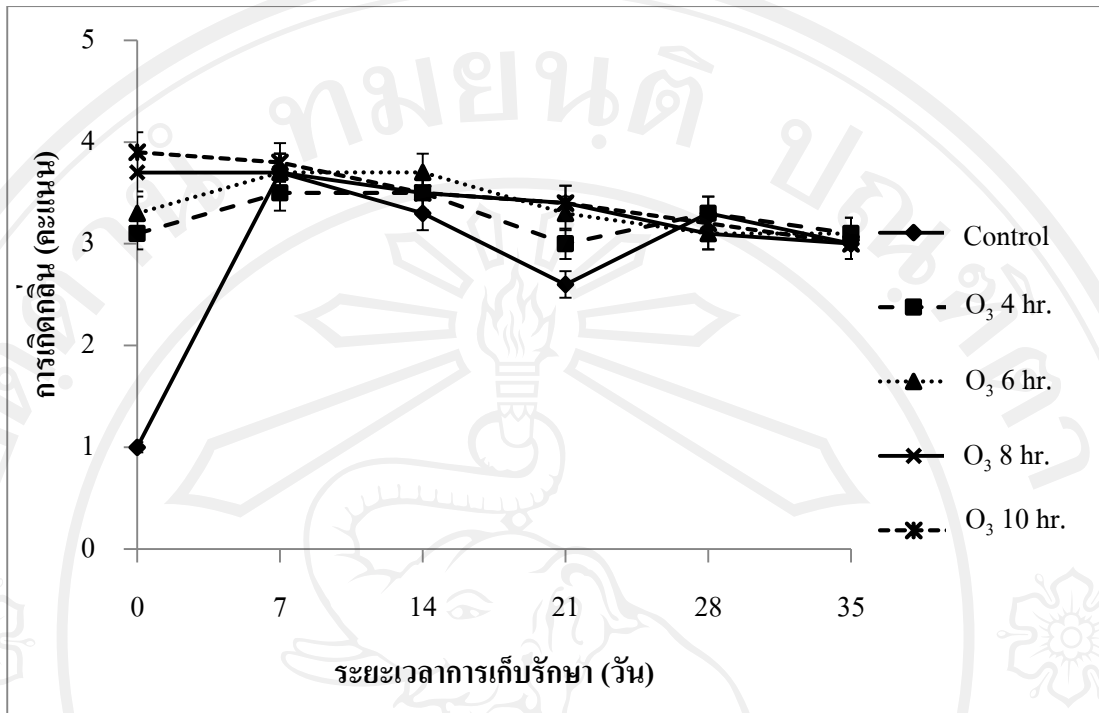
คุณภาพการยอมรับโดยรวม

จากการศึกษาคุณภาพการยอมรับโดยรวมของผู้ทดสอบต่อลำไยในทุกชุดการทดลอง พบว่า ลำไยชุดการทดลองที่รมด้วยโอโซนเวลา 6, 8 และ 10 ชั่วโมง มีคะแนนการยอมรับโดยรวมแตกต่างจากชุดควบคุม (ผ่านการรมด้วยซัลเฟอร์ไดออกไซด์เพียงอย่างเดียว) ในวันแรกของการเก็บรักษาที่ 5 องศาเซลเซียส เนื่องจากมีการให้คะแนนรสชาติของชุดควบคุมในวันแรกของการเก็บรักษาเท่ากับ 1 และจากการวิเคราะห์ผลตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา พบว่า ค่าคะแนนการยอมรับโดยรวมในแต่ละชุดการทดลองมีค่าคะแนนลดลงเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น โดยคะแนนการยอมรับโดยรวมจะเริ่มลดลงหลังจากการเก็บรักษาที่ 14 วัน (ภาพ 38) และมีค่าการยอมรับโดยรวมแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (ตารางผนวก 11)



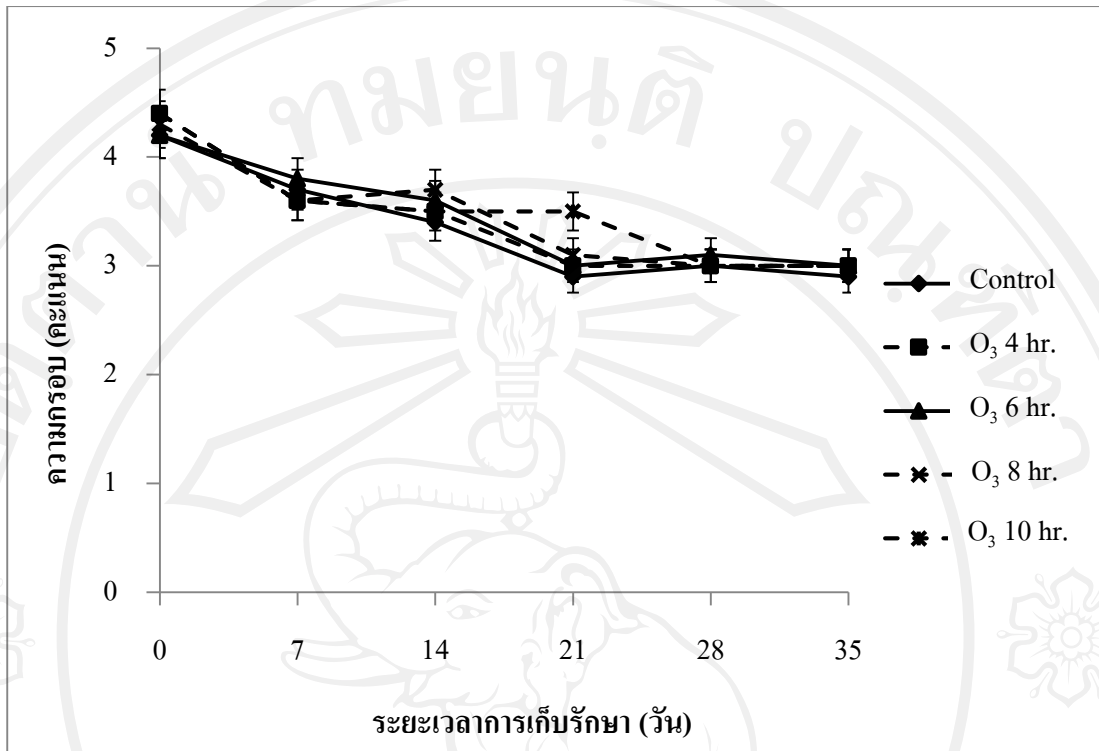
ภาพ 35 รสชาติของผลลำไยที่ผ่านการรมด้วยโอโซน เป็นเวลา 4, 6, 8 และ 10 ชั่วโมง หลังจากได้รับซัลเฟอร์ไดออกไซด์ เปรียบเทียบกับชุดการทดลองที่ผ่านการรมซัลเฟอร์ไดออกไซด์เพียงอย่างเดียว และนำไปเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส นาน 35 วัน

หมายเหตุ : ข้อมูลแต่ละชุดการทดลอง คือ ค่าเฉลี่ย (Mean) \pm ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (Standard error) จากตัวอย่าง 5 ซ้ำ



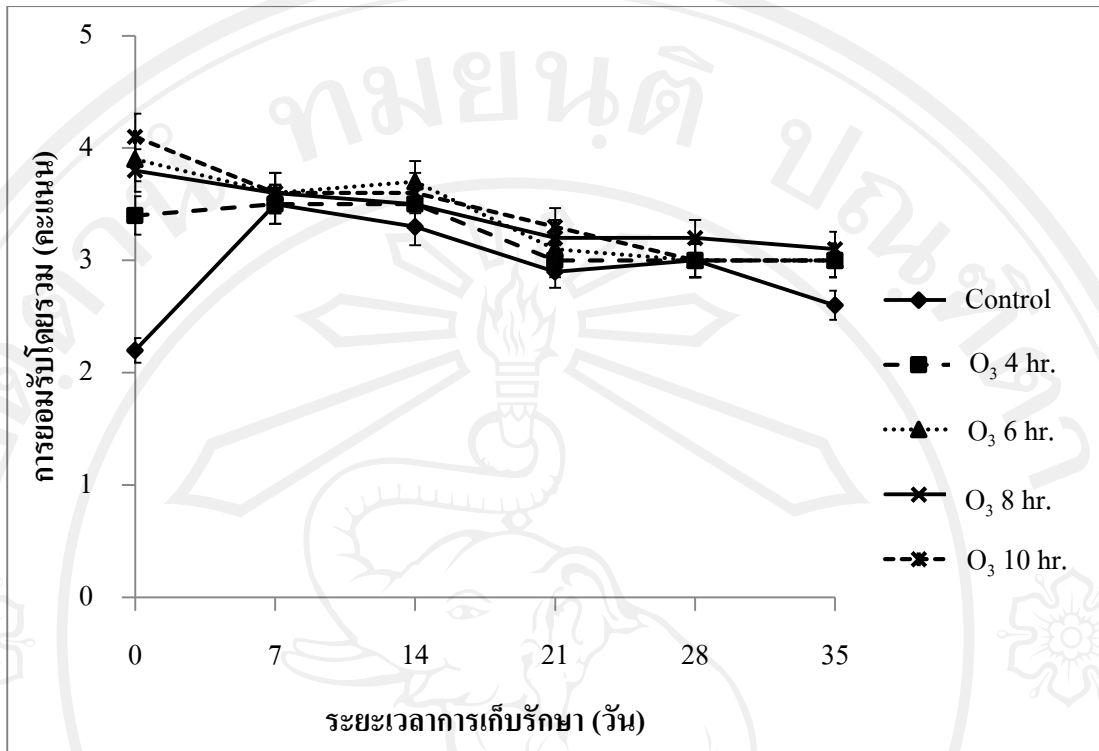
ภาพ 36 การเกิดกล้าของผลตำไยที่ผ่านการรมด้วยโอโซน เป็นเวลา 4, 6, 8 และ 10 ชั่วโมง หลังจากได้รับซัลเฟอร์ไดออกไซด์ เปรียบเทียบกับชุดการทดลองที่ผ่านการรมซัลเฟอร์ไดออกไซด์เพียงอย่างเดียว และนำไปเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส นาน 35 วัน

หมายเหตุ : ข้อมูลแต่ละชุดการทดลอง คือ ค่าเฉลี่ย (Mean) \pm ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (Standard error) จากตัวอย่าง 5 ซ้ำ



ภาพ 37 ความกรอบของเนื้อลำไยที่ผ่านการรมด้วยโอโซน เป็นเวลา 4, 6, 8 และ 10 ชั่วโมง หลังจากได้รับซัลเฟอร์ไดออกไซด์ เปรียบเทียบกับชุดการทดลองที่ผ่านการรมซัลเฟอร์ไดออกไซด์ เพียงอย่างเดียว และนำไปเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส นาน 35 วัน

หมายเหตุ : ข้อมูลแต่ละชุดการทดลอง คือ ค่าเฉลี่ย (Mean) \pm ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (Standard error) จากตัวอย่าง 5 ซ้ำ



ภาพ 38 การยอมรับโดยรวมของผลลำไยที่ผ่านการรมด้วยโอโซน เป็นเวลา 4, 6, 8 และ 10 หลังจากได้รับซัลเฟอร์ไดออกไซด์ เปรียบเทียบกับชุดการทดลองที่ผ่านการรมซัลเฟอร์ไดออกไซด์เพียงอย่างเดียว และนำไปเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส นาน 35 วัน

หมายเหตุ : คะแนนการยอมรับโดยรวมของชุดควบคุม ในวันแรกของการวิเคราะห์จะมีค่าต่ำ เนื่องจากไม่มีการประเมินคุณภาพผลทางด้านรสชาติ และมีการให้คะแนนรสชาติของชุดควบคุมในวันแรกของการเก็บรักษาเท่ากับ 0

: ข้อมูลแต่ละชุดการทดลอง คือ ค่าเฉลี่ย (Mean) \pm ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (Standard error) จากตัวอย่าง 5 ซ้ำ

วิเคราะห์การปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด (total plate count) ยีสต์ รา และ *E. coli*

ผลการวิเคราะห์การปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดและ *E. coli*

จากการสุ่มตัวอย่างลำไยในทุกชุดการทดลอง มาวิเคราะห์การปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด (total plate count) ทุกๆ 7 วัน พบว่า ทั้งชุดการทดลองที่ผ่านการรมด้วยโอโซน เป็นเวลา 4, 6, 8 และ 10 ชั่วโมง และชุดควบคุม ไม่พบการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ และ *E. coli* ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 35 วัน (ตาราง 15)

ผลการวิเคราะห์การปนเปื้อนยีสต์และรา

จากการวิเคราะห์การปนเปื้อนของยีสต์และรา ทุกๆ 7 วัน ของการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 35 วัน พบว่า ชุดการทดลองที่ผ่านการรมด้วยโอโซนเป็นเวลา 4, 6, 8 และ 10 ชั่วโมง และชุดควบคุม ไม่พบการปนเปื้อนของยีสต์และรา (ตาราง 16)

การเกิดโรค

จากการพิจารณาการเกิดโรค โดยพิจารณาผลที่เป็น โรคและคิดเทียบเป็นคะแนนจากพื้นที่เกิดโรคทั้งหมด พบว่า สภาพและสีของผลลำไยสดที่รมซัลเฟอร์ไดออกไซด์ แล้วรมด้วยโอโซนเป็นเวลา 4, 6, 8 และ 10 ชั่วโมง เปรียบเทียบกับชุดควบคุมมีค่าไม่แตกต่างกัน (ภาพ 39) และยังพบว่า ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 35 วัน ไม่พบผลลำไยที่เกิดโรค ในทุกชุดการทดลอง ดังนั้นจึงมีคะแนนการเกิดโรคเท่ากับ 1 (เกิดโรค 0 – 20 %) (ภาพ 40)

ดัชนีการเกิดสีน้ำตาล (browning index)

จากการพิจารณาดัชนีการเกิดสีน้ำตาล พบว่า ผลลำไยสดที่รมซัลเฟอร์ไดออกไซด์ และผ่านการรมโอโซน เปรียบเทียบกับชุดทดลองที่รมซัลเฟอร์ไดออกไซด์เพียงอย่างเดียว ที่เวลา 10 ชั่วโมง และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 35 วัน พบว่าผลลำไยสดที่รมซัลเฟอร์ไดออกไซด์ และผ่านการรมโอโซน มีดัชนีการเกิดสีน้ำตาลเท่ากับผลลำไยที่ผ่านการรมซัลเฟอร์เพียงอย่างเดียว คือมีระดับคะแนนดัชนีการเกิดสีน้ำตาลเท่ากับ 1 (เกิดสีน้ำตาล 0 – 20 %) (ภาพ 41)

ตาราง 15 จำนวนโคโลนีของเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด ที่พบปนเปื้อนในตัวอย่างลำไยที่ผ่านการรมซัลเฟอร์ไดออกไซด์ แล้วผ่านการรมด้วยไอโซนที่ระยะเวลาต่างๆ เปรียบเทียบกับชุดการทดลองที่ผ่านการรมซัลเฟอร์ไดออกไซด์เพียงอย่างเดียว ตลอดจนการเก็บที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส นาน 35 วัน

กรรมวิธี	การปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด (จำนวนโคโลนี)					
	วันที่เก็บรักษา					
	0	7	14	21	28	35
รมซัลเฟอร์ไดออกไซด์เพียงอย่างเดียว	0	0	0	0	0	0
ผ่านการรมด้วยไอโซนที่ระยะเวลา 4 ชั่วโมง	0	0	0	0	0	0
ผ่านการรมด้วยไอโซนที่ระยะเวลา 6 ชั่วโมง	0	0	0	0	0	0
ผ่านการรมด้วยไอโซนที่ระยะเวลา 8 ชั่วโมง	0	0	0	0	0	0
ผ่านการรมด้วยไอโซนที่ระยะเวลา 10 ชั่วโมง	0	0	0	0	0	0

หมายเหตุ : 0 หมายถึง ไม่พบโคโลนี (ไม่พบการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด)

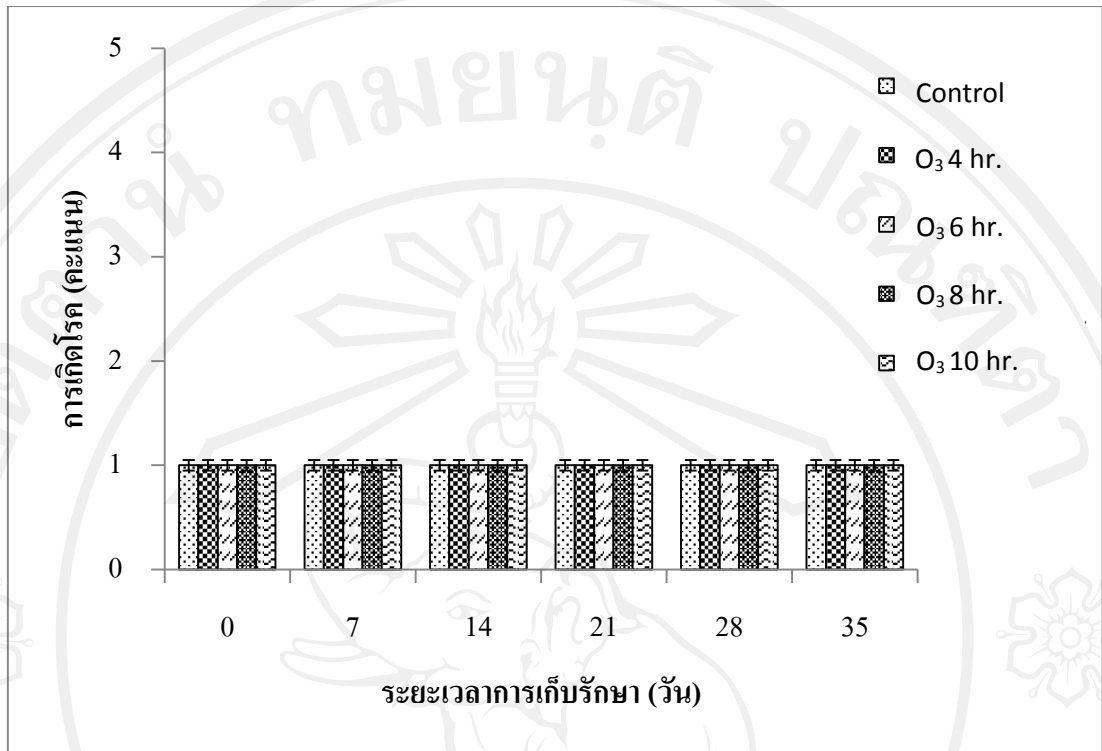
ตาราง 16 จำนวนโคโลนีของยีสต์และรา ที่พบปนเปื้อนในตัวอย่างลำไยที่ผ่านการรมซัลเฟอร์ไดออกไซด์ แล้วผ่านการรมด้วยไอโซนที่ระยะเวลาต่างๆ เปรียบเทียบกับชุดการทดลองที่ผ่านการรมซัลเฟอร์ไดออกไซด์เพียงอย่างเดียว ตลอดการเก็บที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส นาน 35 วัน

กรรมวิธี	จำนวนโคโลนีของยีสต์และรา					
	วันที่เก็บรักษา					
	0	7	14	21	28	35
รมซัลเฟอร์ไดออกไซด์เพียงอย่างเดียว	0	0	0	0	0	0
ผ่านการรมด้วยไอโซนที่ระยะเวลา 4 ชั่วโมง	0	0	0	0	0	0
ผ่านการรมด้วยไอโซนที่ระยะเวลา 6 ชั่วโมง	0	0	0	0	0	0
ผ่านการรมด้วยไอโซนที่ระยะเวลา 8 ชั่วโมง	0	0	0	0	0	0
ผ่านการรมด้วยไอโซนที่ระยะเวลา 10 ชั่วโมง	0	0	0	0	0	0

หมายเหตุ : 0 หมายถึง ไม่พบโคโลนี (ไม่พบการปนเปื้อนของยีสต์และรา)

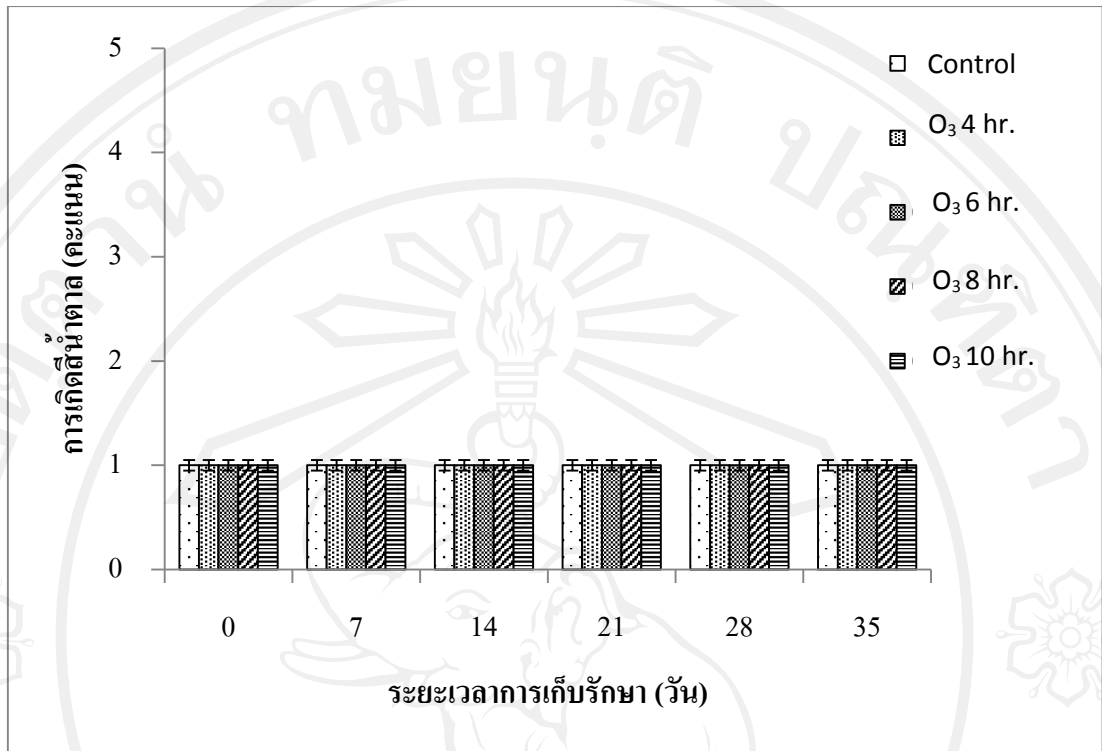


ภาพ 39 ลักษณะผลลำไยผ่านการรมด้วยโอโซน เป็นเวลา 4, 6, 8 และ 10 ชั่วโมง หลังจากได้รับซัลเฟอร์ไดออกไซด์ เปรียบเทียบกับชุดการทดลองที่ผ่านการรมซัลเฟอร์ไดออกไซด์เพียงอย่างเดียว ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส นาน 35 วัน



ภาพ 40 การเกิดโรคของผลลำไยผ่านการรมด้วยโอโซน เป็นเวลา 4, 6, 8, และ 10 ชั่วโมง หลังจากได้รับซัลเฟอร์ไดออกไซด์ เปรียบเทียบกับชุดการทดลองที่ผ่านการรมซัลเฟอร์ไดออกไซด์ เพียงอย่างเดียว ระหว่างการเก็บที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส นาน 35 วัน

หมายเหตุ : ข้อมูลแต่ละชุดการทดลอง คือ ค่าเฉลี่ย (Mean) \pm ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (Standard error) จากตัวอย่าง 5 ซ้ำ



ภาพ 41 การเกิดสีน้ำตาล ของผลลำไยที่ผ่านการรมด้วยโอโซน เป็นเวลา 4, 6, 8 และ 10 ชั่วโมง หลังจากได้รับซัลเฟอร์ไดออกไซด์ เปรียบเทียบกับชุดการทดลองที่ผ่านการรมซัลเฟอร์ไดออกไซด์เพียงอย่างเดียว ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส นาน 35 วัน

หมายเหตุ : ข้อมูลแต่ละชุดการทดลอง คือ ค่าเฉลี่ย (Mean) \pm ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (Standard error) จากตัวอย่าง 5 ซ้ำ