บทที่ 4

ผลการทดลอง

การทดลองที่ 1 การศึกษาผลของโอโซนต่อการควบคุมโรคของลำไยหลังการเก็บเกี่ยว

จากการทดลองในครั้งนี้ พบว่าชุดที่รมด้วยก๊าซโอโซนและซัลเฟอร์ไดออกไซด์ทำให้สีของเปลือกของลำไยสว่างขึ้นในวันแรกหลังเก็บรักษา (ภาพ 8) ส่วนชุดที่รมด้วยโอโซนด้วยระยะเวลา 60 นาที สามารถลดการเกิดโรคระหว่างการเก็บรักษาเมื่อเทียบกับชุดควบคุมทั้งที่เก็บรักษาอุณหภูมิ 27 °C และ 5 °C โดยได้ผลดังนี้

1.1 เปอร์เซ็นต์การเกิดโรคของผลลำไยที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 27 °C

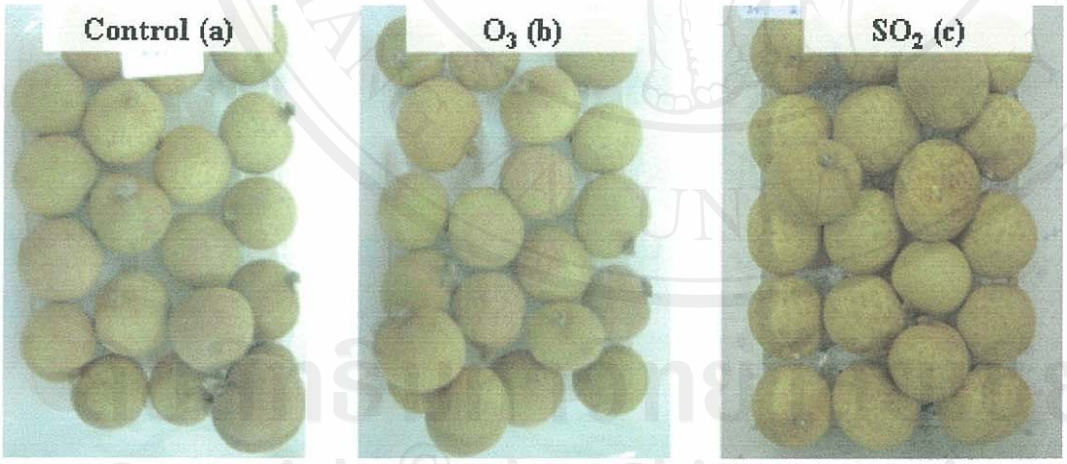
เปอร์เซ็นต์การเกิดโรคของผลลำไยที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 27 °C พบว่าทุกชุดการทดลองการเกิดโรคเพิ่มขึ้นมากตั้งแต่วันที่ 2 หลังการเก็บรักษา แต่ชุดที่รมด้วยซัลเฟอร์ไดออกไซด์มีการเพิ่มขึ้นของโรคเพียงเล็กน้อย และในวันที่ 3 ของอายุการเก็บรักษาทั้งชุดที่รมด้วยก๊าซโอโซนและซัลเฟอร์ไดออกไซด์มีคะแนนเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคได้ใกล้เคียงกันคือมีค่า 75% และ 55% ตามลำดับ และแตกต่างทางสถิติกับชุดควบคุมซึ่งมีค่าเท่ากับ 91.7% (ภาพ 9, 10 และตารางภาคผนวก 1)

1.2 การเกิดโรคของผลลำไยที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 °C

การให้คะแนนการเกิดโรคของผลลำไยที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 °C พบว่าทุกชุดการทดลองจะเริ่มเป็นโรคในสัปดาห์ที่ 3 หลังการเก็บรักษา ยกเว้นชุดที่รมด้วยซัลเฟอร์ไดออกไซด์ไม่พบการเป็นโรคเลย แต่ในช่วงสัปดาห์ที่ 4 ชุดควบคุมมีการเพิ่มขึ้นของการเกิดโรคมากโดยมีค่า 63% ในขณะที่ชุดที่รมด้วยก๊าซโอโซนและซัลเฟอร์ไดออกไซด์สามารถควบคุมโรคได้ไม่มีความต่างกันทางสถิติโดยมีค่า 37.7% และ 36.3% ตามลำดับ (ภาพ 11, 12 และตารางภาคผนวก 2)

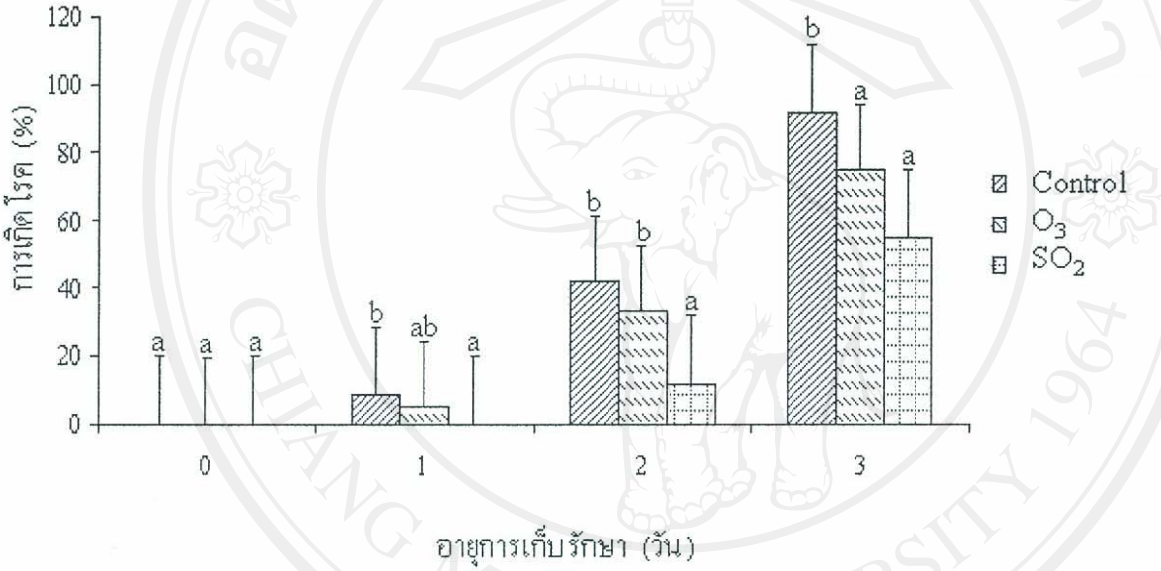
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาพ 8 ผลลำไยหลังทำการรมตามชุดการทดลองต่างๆ [ชุดควบคุม (a), ชุดที่รมด้วยก๊าซโอโซน (b), ชุดที่รมด้วยซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (c)] เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 27 °C เป็นเวลา 1 วัน



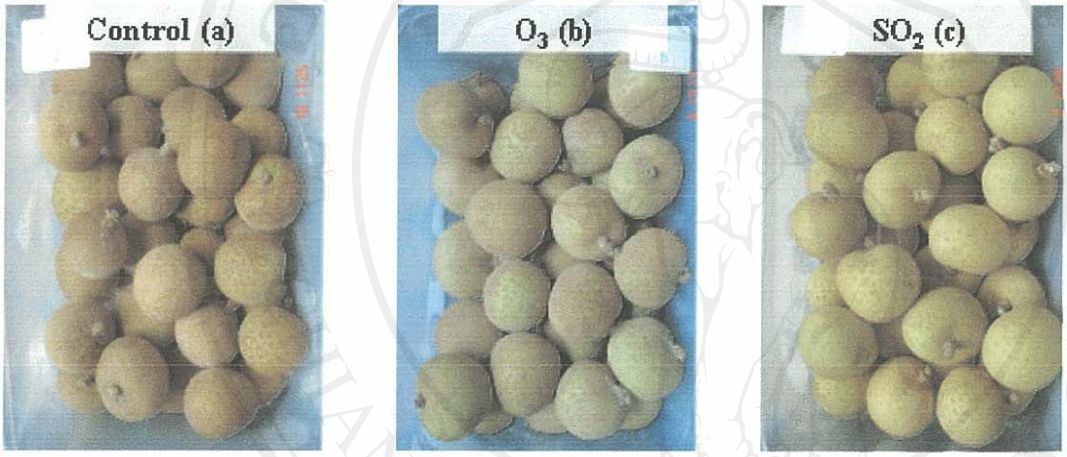
ภาพ 9 ผลลำไยหลังทำการรมตามชุดการทดลองต่างๆ [ชุดควบคุม (a), ชุดที่รมด้วยก๊าซโอโซน (b), ชุดที่รมด้วยซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (c)] เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 27 °C เป็นเวลา 3 วัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



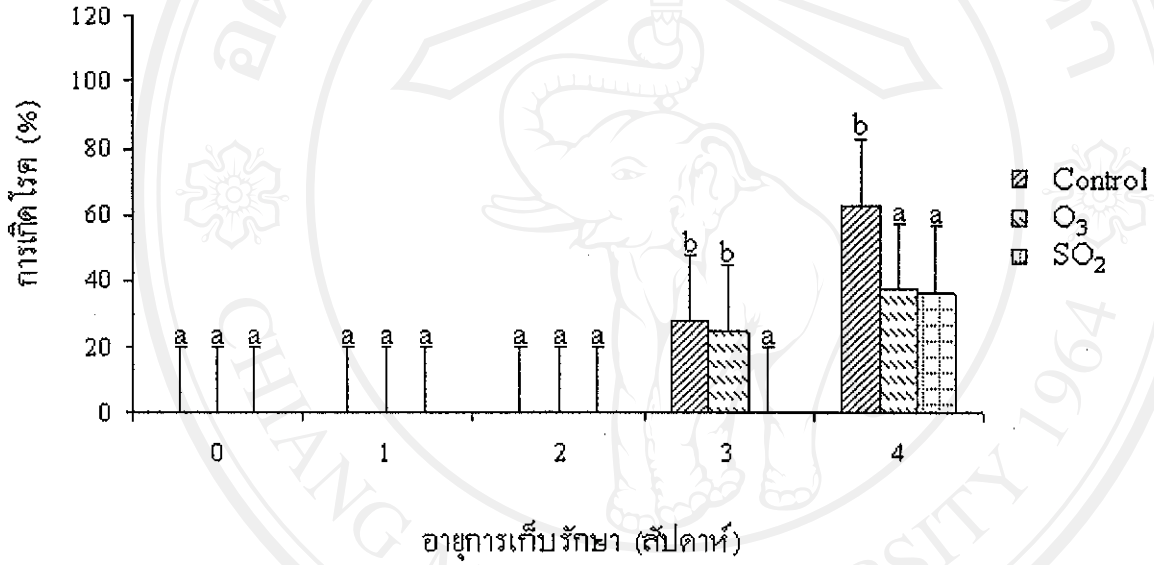
ภาพ 10 เปอร์เซ็นต์การเกิดโรคของผลลำไยที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 27 °C เป็นเวลา 3 วัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพ 11 ผลลำไยหลังทำการรมตามชุดการทดลองต่างๆ [ชุดควบคุม (a), ชุดที่รมด้วยก๊าซโอโซน(b), ชุดที่รมด้วยซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (c)] และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 °C เป็นเวลา 2 สัปดาห์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพ 12 เปอร์เซ็นต์การเกิดโรคของผลลำไยที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 °C เป็นเวลา 4 สัปดาห์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การทดลองที่ 2 การศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณโปรตีน และรูปแบบของโปรตีนของเปลือกและเนื้อลำไยหลังจากได้รับก๊าซโอโซน

2.1 การเปลี่ยนแปลงปริมาณโปรตีน โดยวิธี dye binding (Bradford, 1976)

2.1.1 การเปลี่ยนแปลงปริมาณโปรตีนเมื่อเก็บรักษาลำไยที่อุณหภูมิ 27 °C

ชุดการทดลองที่รมด้วยก๊าซโอโซนและซัลเฟอร์ไดออกไซด์หลังจากนำมาวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนทันทีพบว่ามีปริมาณโปรตีนมากกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยชุดควบคุมจะมีการเปลี่ยนแปลง และมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมากในวันที่ 3 หลังจากเก็บรักษา ในขณะที่เปลือกผลลำไยที่ได้รับโอโซนและซัลเฟอร์ไดออกไซด์ พบว่ามีปริมาณโปรตีนลดลง โดยชุดที่รมด้วยโอโซนมีค่าน้อยที่สุด (ตาราง 9)

ส่วนปริมาณโปรตีนทั้งหมดในเนื้อผลลำไยของทุกชุดการทดลองเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 3 วัน พบว่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยชุดควบคุมและชุดที่รมด้วยซัลเฟอร์ไดออกไซด์มีปริมาณโปรตีนทั้งหมดในเนื้อผลลำไยมีแนวโน้มลดลง ส่วนชุดที่รมด้วยก๊าซโอโซนพบว่าปริมาณโปรตีนทั้งหมดในเนื้อผลลำไยไม่มีการเปลี่ยนแปลงก่อนและหลังการเก็บรักษา (ตาราง 10)

2.1.2 การเปลี่ยนแปลงปริมาณโปรตีนเมื่อเก็บรักษาลำไยที่อุณหภูมิ 5 °C

เมื่อเก็บรักษาลำไยที่อุณหภูมิ 5 °C พบว่าชุดควบคุมมีปริมาณโปรตีนทั้งหมดในเปลือกผลลำไยเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ส่วนชุดที่รมด้วยก๊าซโอโซนการเปลี่ยนแปลงของปริมาณโปรตีนทั้งหมดมีแนวโน้มลดลง เช่นเดียวกับชุดที่รมด้วยซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (ตาราง 11)

สำหรับในเนื้อผลลำไย พบว่าทุกชุดการทดลองมีปริมาณโปรตีนทั้งหมดในเนื้อผลลำไยหลังจากเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 °C เป็นเวลา 2 สัปดาห์ ไม่พบความแตกต่างของปริมาณโปรตีนในทุกชุดการทดลอง (ตาราง 12)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 9 ปริมาณโปรตีน (ไมโครกรัม) ในเปลือกผลลำไยเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 27 °C

Treatment	อายุการเก็บรักษา (วัน)	
	0	3
Control	1.1 a	2.4 b
O_3	2.0 b	1.5 a
SO_2	2.5 c	2.3 b

หมายเหตุ : ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตาราง 10 ปริมาณโปรตีน (ไมโครกรัม) ในเนื้อผลลำไยเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 27 °C

Treatment	อายุการเก็บรักษา (วัน)	
	0	3
Control	1.5 b	0.8
O_3	0.9 a	0.9
SO_2	1.5 b	0.9

หมายเหตุ : ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 11 ปริมาณโปรตีน (ไมโครกรัม) ในเปลือกผลลำไยเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 °C

Treatment	อายุการเก็บรักษา (สัปดาห์)		
	0	**1**	**2**
Control	1.1 a	1.8 b	2.2 c
O_3	2.0 b	2.0 b	1.9 b
SO_2	2.5 c	1.4 a	1.5 a

หมายเหตุ : ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตาราง 12 ปริมาณโปรตีน (ไมโครกรัม) ในเนื้อผลลำไยเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 °C

Treatment	อายุการเก็บรักษา (สัปดาห์)		
	0	**1**	**2**
Control	1.5 b	0.8	1.0
O_3	0.9 a	0.8	0.9
SO_2	1.5 b	0.9	0.8

หมายเหตุ : ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

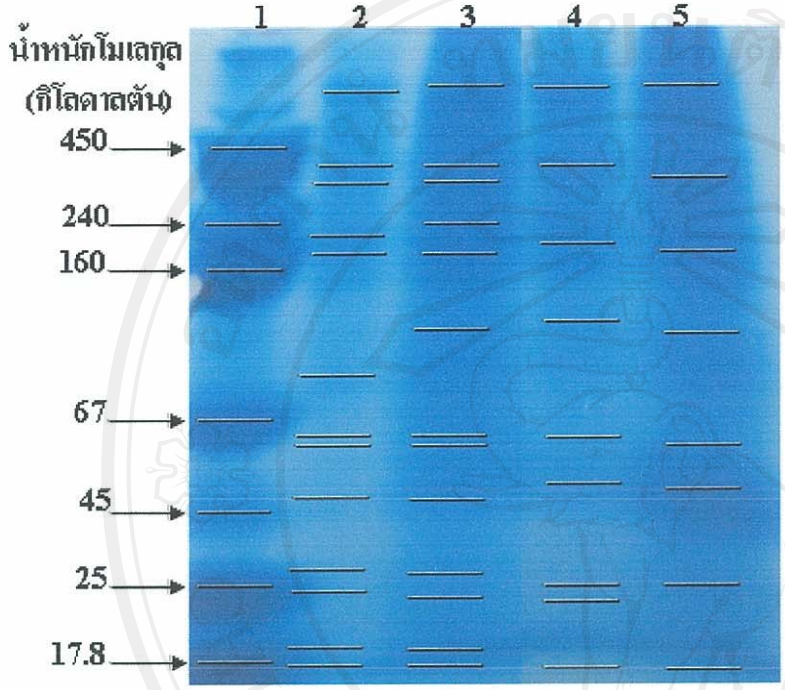
2.2 รูปแบบของโปรตีน โดยวิธี เอสดีเอส โพลีอะคริลาไมด์เจลอิเล็กโตรโฟรีซิส (SDS polyacrylamide gel electrophoresis ; SDS-PAGE) (Copeland, 1993)

2.2.1 การเปลี่ยนแปลงรูปแบบของแถบโปรตีนที่เปลือกและเนื้อเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 27 °C

เมื่อวิเคราะห์น้ำหนักโมเลกุลโปรตีนด้วยเครื่อง gel logic 100 imaging system พบว่ามีแถบโปรตีนหลักจำนวน 8 แถบเหมือนกันในทุกชุดการทดลอง ซึ่งมีน้ำหนักโมเลกุลประมาณ 16.2, 24.2, 47, 64.3, 109.9, 227.5, 394.3 และ 484.3 กิโลดาลตัน โดยมีแถบโปรตีนทั้งหมดก่อนการเก็บรักษาจำนวน 13 แถบ มีน้ำหนักโมเลกุลอยู่ในช่วงประมาณ 16.2 - 484.3 กิโลดาลตัน และเมื่อเก็บรักษานาน 3 วัน พบว่าชุดควบคุมมีจำนวนแถบและน้ำหนักโมเลกุลของโปรตีนใกล้เคียงกับชุดควบคุมในวันที่ 0 ส่วนชุดที่รมด้วยก๊าซโอโซนมีแถบโปรตีนน้อยกว่าชุดควบคุม 4 แถบ ซึ่งแถบโปรตีนที่ไม่ปรากฏมีน้ำหนักโมเลกุลประมาณ 29.9, 54.5, 177.5 และ 300 กิโลดาลตัน และซัลเฟอร์ไดออกไซด์นั้นมีแถบโปรตีนน้อยกว่าชุดควบคุม 5 แถบ ซึ่งแถบโปรตีนที่ไม่ปรากฏมีน้ำหนักโมเลกุลประมาณ 23.6, 29.9, 54.5, 177.5 และ 300 กิโลดาลตัน ตามลำดับ (ภาพ 13 และตาราง 13)

ส่วนปริมาณโปรตีนในเนื้อผลลำไย พบว่าแถบโปรตีนก่อนและหลังการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 27 °C มีค่าไม่แตกต่างกันมากนัก โดยก่อนการเก็บรักษามีจำนวนแถบโปรตีนหลัก 8 แถบ น้ำหนักโมเลกุลใกล้เคียงกันอยู่ในระหว่าง 18.6 - 405.8 กิโลดาลตัน ที่เหมือนกัน เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 3 วัน ชุดควบคุมและชุดที่รมด้วยก๊าซโอโซนไม่ปรากฏแถบที่ 1 ซึ่งมีน้ำหนักโมเลกุลโปรตีนประมาณ 405.8 กิโลดาลตัน ส่วนชุดที่รมด้วยซัลเฟอร์ไดออกไซด์ไม่ปรากฏแถบโปรตีนแถบที่ 3 และ5 (ภาพ 14 และตาราง 14)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพ 13 แถบของโปรตีนที่ได้จากเปลือกผลลำไยจากชุดที่รมด้วยก๊าซโอโซนเป็นเวลา 60 นาที เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม และชุดที่รมด้วยซัลเฟอร์ไดออกไซด์แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 27 °C เป็นเวลา 3 วัน

ช่องที่ 1 คือ รูปแบบของแถบโปรตีนมาตรฐาน

ช่องที่ 2 คือ รูปแบบของแถบโปรตีนในเปลือกผลลำไยของชุดควบคุม ในวันที่ 0

ช่องที่ 3 คือ รูปแบบของแถบโปรตีนในเปลือกผลลำไยของชุดควบคุม ในวันที่ 3

ช่องที่ 4 คือ รูปแบบของแถบโปรตีนในเปลือกผลลำไยที่รมด้วยก๊าซด้วยโอโซน ในวันที่ 3

ช่องที่ 5 คือ รูปแบบของแถบโปรตีนในเปลือกผลลำไยที่รมด้วยซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในวันที่ 3

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

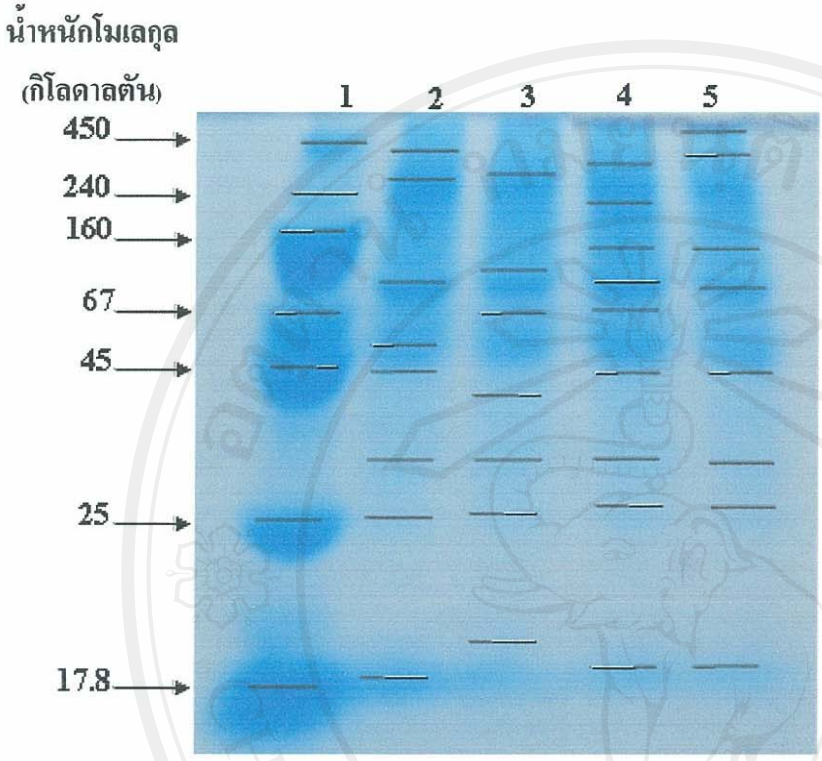
ตาราง 13 วิเคราะห์น้ำหนักโมเลกุลของโปรตีน (กิโลดาลตัน) โดยใช้เครื่อง gel logic 100 imaging system ที่วิเคราะห์แถบโปรตีนหลัก (major protein bands) ที่ปรากฏบนเจลจากเปลือกผลลำไยของชุดที่รมด้วยก๊าซโอโซนเป็นเวลา 60 นาที เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม และชุดที่รมด้วยซัลเฟอร์ไดออกไซด์แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 27 °C เป็นเวลา 3 วัน

แถบที่	โปรตีนมาตรฐาน	วันที่ 0	วันที่ 3		
			Control	O_3	SO_2
1	**450**	484.3	480	492.9	497.1
2		394.3	394.3	394.3	364.3
3		295.7	300	-	-
4		227.5	240	217.5	197.5
5		177.5	177.5	-	-
6		109.9	120.7	127.8	102.8
7	**67**	64.3	64.3	63.3	61.2
8		54.8	54.5	-	-
9	**45**	47.0	46.0	48.4	46.7
10		30.4	29.9	-	-
11	**25**	24.2	23.6	25.5	-
12	**17.8**	18.8	18.2	21.8	21
13		16.2	15.6	15.2	14.2

หมายเหตุ รูปแบบของโปรตีนในเปลือกผลลำไยเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 27 °C แต่ละแถบมีน้ำหนักโมเลกุล ดังนี้

แถบที่ 1 มีน้ำหนักโมเลกุล มากกว่า 400 กิโลดาลตัน
แถบที่ 2 มีน้ำหนักโมเลกุล ประมาณ 350 - 399 กิโลดาลตัน
แถบที่ 3 มีน้ำหนักโมเลกุล ประมาณ 250 - 349 กิโลดาลตัน
แถบที่ 4 มีน้ำหนักโมเลกุล ประมาณ 190 - 249 กิโลดาลตัน
แถบที่ 5 มีน้ำหนักโมเลกุล ประมาณ 130 - 189 กิโลดาลตัน
แถบที่ 6 มีน้ำหนักโมเลกุล ประมาณ 100 - 129 กิโลดาลตัน
แถบที่ 7 มีน้ำหนักโมเลกุล ประมาณ 60 - 70 กิโลดาลตัน
แถบที่ 8 มีน้ำหนักโมเลกุล ประมาณ 50 - 55 กิโลดาลตัน
แถบที่ 9 มีน้ำหนักโมเลกุล ประมาณ 45 - 49 กิโลดาลตัน
แถบที่ 10 มีน้ำหนักโมเลกุล ประมาณ 25 - 40 กิโลดาลตัน
แถบที่ 11 มีน้ำหนักโมเลกุล ประมาณ 23 - 25 กิโลดาลตัน
แถบที่ 12 มีน้ำหนักโมเลกุล ประมาณ 18 - 22 กิโลดาลตัน
แถบที่ 13 มีน้ำหนักโมเลกุล น้อยกว่า 17 กิโลดาลตัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพ 14 แถบของโปรตีนที่ได้จากเนื้อผลลำไยจากชุดที่รมด้วยโอโซนเป็นเวลา 60 นาที เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม และชุดที่รมด้วยซัลเฟอร์ไดออกไซด์แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 27 °C เป็นเวลา 3 วัน

ช่องที่ 1 คือ รูปแบบของแถบโปรตีนมาตรฐาน

ช่องที่ 2 คือ รูปแบบของแถบโปรตีนในเนื้อผลลำไยของชุดควบคุม ในวันที่ 0

ช่องที่ 3 คือ รูปแบบของแถบโปรตีนในเนื้อผลลำไยของชุดควบคุม ในวันที่ 3

ช่องที่ 4 คือ รูปแบบของแถบโปรตีนในเนื้อผลลำไยที่รมด้วยก๊าซโอโซน ในวันที่ 3

ช่องที่ 5 คือ รูปแบบของแถบโปรตีนในเนื้อผลลำไยที่รมด้วยซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ในวันที่ 3

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 14 วิเคราะห์น้ำหนักโมเลกุลของโปรตีน (กิโลดาลตัน) โดยใช้เครื่อง gel logic 100 imaging system ที่วิเคราะห์แถบโปรตีนหลัก (major protein bands) ที่ปรากฏบนเจลจากเนื้อผลลำไยของชุดที่รมด้วยก๊าซโอโซนเป็นเวลา 60 นาที เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม และชุดที่รมด้วยซัลเฟอร์ไดออกไซด์แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 27 °C เป็นเวลา 3 วัน

แถบที่	โปรตีนมาตรฐาน	วันที่ 0	วันที่ 3		
			Control	O_3	SO_2
1	**450**	405.8	-	-	494.2
2	**240**	273.2	284.2	306.3	328.4
3		-	-	204.8	-
4	**160**	122.8	135.2	141.4	141.4
5		-	-	88.7	-
6	**67**	64.7	67	65.8	70.1
7	**45**	42.9	42.9	43.6	43.6
8		33.9	35.3	35.7	34.7
9	**25**	26.7	27.8	28.8	28.1
10	**17.8**	18.6	19	19.4	19.4

หมายเหตุ รูปแบบของโปรตีนในเนื้อผลลำไยเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 27 °C แต่ละแถบมีน้ำหนักโมเลกุล ดังนี้

แถบที่ 1 มีน้ำหนักโมเลกุล มากกว่า 390 กิโลดาลตัน
แถบที่ 2 มีน้ำหนักโมเลกุล ประมาณ 270 - 330 กิโลดาลตัน
แถบที่ 3 มีน้ำหนักโมเลกุล ประมาณ 190 - 220 กิโลดาลตัน
แถบที่ 4 มีน้ำหนักโมเลกุล ประมาณ 100 - 170 กิโลดาลตัน
แถบที่ 5 มีน้ำหนักโมเลกุล ประมาณ 80 - 99 กิโลดาลตัน
แถบที่ 6 มีน้ำหนักโมเลกุล ประมาณ 49 - 75 กิโลดาลตัน
แถบที่ 7 มีน้ำหนักโมเลกุล ประมาณ 37 - 45 กิโลดาลตัน
แถบที่ 8 มีน้ำหนักโมเลกุล ประมาณ 30 - 36 กิโลดาลตัน
แถบที่ 9 มีน้ำหนักโมเลกุล ประมาณ 25 - 29.1 กิโลดาลตัน
แถบที่ 10 มีน้ำหนักโมเลกุล ประมาณ 18.6 - 23 กิโลดาลตัน

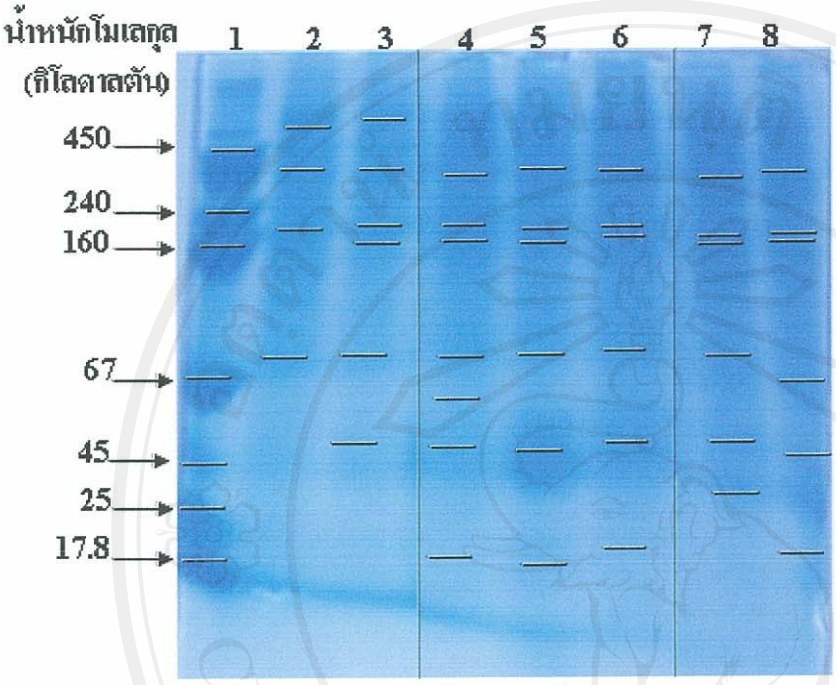
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.2.3 การเปลี่ยนแปลงรูปแบบของแถบโปรตีนที่เปลือกและเนื้อเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 °C

เมื่อวิเคราะห์น้ำหนักโมเลกุลของโปรตีนที่เปลือกผล โดยนำแผ่นเจลจากการทำอิเล็กโตร-โฟรีซิสของโปรตีนไปถ่ายภาพ และวิเคราะห์น้ำหนักโมเลกุลของโปรตีนโดยใช้เครื่อง gel logic 100 imaging system ที่วิเคราะห์แถบโปรตีนหลัก (major protein bands) ที่ปรากฏบนเจล พบว่ามีแถบของโปรตีนที่เห็นได้ชัดเจน 5 แถบเหมือนกันในทุกชุดการทดลองซึ่งมีน้ำหนักโมเลกุลประมาณ 57.9, 106.6, 165.9, 231.1 และ 389 กิโลดาลตัน โดยมีแถบโปรตีนทั้งหมดก่อนการเก็บรักษาจำนวน 4 แถบ มีน้ำหนักโมเลกุลอยู่ในช่วงประมาณ 102.6 - 463.5 กิโลดาลตัน ชุดที่รมก๊าซโอโซนและชุดที่รมด้วยซัลเฟอร์ไดออกไซด์ไม่ปรากฏแถบที่ 1 ซึ่งมีน้ำหนักโมเลกุลโปรตีนสูงประมาณ 470.3 กิโลดาลตัน หลังจากเก็บรักษา 1 สัปดาห์ (ภาพ 15 และตาราง 15)

ส่วนปริมาณโปรตีนในเนื้อผลลำไยทุกชุดการทดลอง พบว่าแถบโปรตีนก่อนและหลังการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 °C มีค่าไม่แตกต่างกันมากนัก โดยก่อนและหลังการเก็บรักษามีจำนวนแถบโปรตีนหลัก 11 แถบ และมีน้ำหนักโมเลกุลใกล้เคียงกันอยู่ในระหว่าง 18.9 - 482.8 กิโลดาลตัน ที่เหมือนกัน (ภาพ 16 และตาราง16)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพ 15 แถบของโปรตีนที่แยกได้แต่ละแถบจากแถบสีน้ำเงินที่เกิดจากการย้อมสีของโปรตีนโดยใช้สารละลาย coomassie brilliant blue R-250 จากเปลือกผลลำไยของชุดที่รมด้วยก๊าซโอโซนเป็นเวลา 60 นาที เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม และชุดที่รมด้วยซัลเฟอร์-ไดออกไซด์แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 °C เป็นเวลา 2 สัปดาห์

ช่องที่ 1 คือ รูปแบบของแถบโปรตีนมาตรฐาน

ช่องที่ 2 คือ รูปแบบของแถบโปรตีนในเปลือกผลลำไยของชุดควบคุม ในวันที่ 0

ช่องที่ 3 คือ รูปแบบของแถบโปรตีนในเปลือกผลลำไยของชุดควบคุม ในสัปดาห์ที่ 1

ช่องที่ 4 คือ รูปแบบของแถบโปรตีนในเปลือกผลลำไยที่รมด้วยก๊าซโอโซน ในสัปดาห์ที่ 1

ช่องที่ 5 คือ รูปแบบของแถบโปรตีนในเปลือกผลลำไยที่รมด้วยซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ในสัปดาห์ที่ 1

ช่องที่ 6 คือ รูปแบบของแถบโปรตีนในเปลือกผลลำไยของชุดควบคุม ในสัปดาห์ที่ 2

ช่องที่ 7 คือ รูปแบบของแถบโปรตีนในเปลือกผลลำไยที่รมด้วยก๊าซโอโซน ในสัปดาห์ที่ 2

ช่องที่ 8 คือ รูปแบบของแถบโปรตีนในเปลือกผลลำไยที่รมด้วยซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ในสัปดาห์ที่2

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

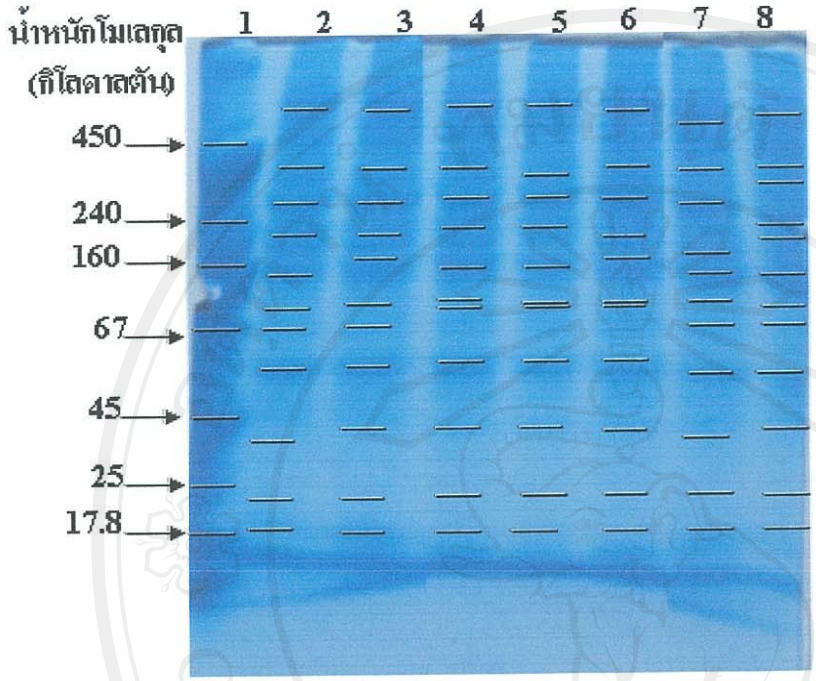
ตาราง 15 วิเคราะห์น้ำหนักโมเลกุลของโปรตีน (กิโลดาลตัน) โดยใช้เครื่อง gel logic 100 imaging system ที่วิเคราะห์แถบโปรตีนหลัก (major protein bands) ที่ปรากฏบนเจลจากเปลือกผลลำไยของชุดที่รมด้วยก๊าซโอโซนเป็นเวลา 60 นาที เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม และชุดที่รมด้วยซัลเฟอร์ไดออกไซด์แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 °C เป็นเวลา 2 สัปดาห์

แถบที่	โปรตีนมาตรฐาน	วันที่ 0	สัปดาห์ที่ 1			สัปดาห์ที่ 2		
			Cont.	O_3	SO_2	Cont.	O_3	SO_2
1	450	463.5	470.3	-	-	-	-	-
2		389.0	389.0	382.3	389	382.3	368.7	382.3
3	240	234.1	231.1	234.1	234.1	237.0	225.2	225.2
4	160	-	165.9	168.9	165.9	171.9	160	165.9
5		102.6	106.6	102.6	106.6	108.6	96.7	-
6	67	-	57.9	56.3	54.6	59.1	59.1	55.7
7	45	-	-	-	-	-	-	-
8	25	-	-	-	-	-	29	-
9	17.8	-	-	18	15	19	-	18

หมายเหตุ รูปแบบของโปรตีนในเปลือกผลลำไยเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 °C แต่ละแถบมีน้ำหนักโมเลกุล ดังนี้

แถบที่ 1 มีน้ำหนักโมเลกุล มากกว่า 450 กิโลดาลตัน
แถบที่ 2 มีน้ำหนักโมเลกุล ประมาณ 360 - 390 กิโลดาลตัน
แถบที่ 3 มีน้ำหนักโมเลกุล ประมาณ 220 - 240 กิโลดาลตัน
แถบที่ 4 มีน้ำหนักโมเลกุล ประมาณ 160 - 175 กิโลดาลตัน
แถบที่ 5 มีน้ำหนักโมเลกุล ประมาณ 90 - 110 กิโลดาลตัน
แถบที่ 6 มีน้ำหนักโมเลกุล ประมาณ 54 - 67 กิโลดาลตัน
แถบที่ 7 มีน้ำหนักโมเลกุล ประมาณ 26 - 45 กิโลดาลตัน
แถบที่ 8 มีน้ำหนักโมเลกุล ประมาณ 20 - 25 กิโลดาลตัน
แถบที่ 9 มีน้ำหนักโมเลกุล น้อยกว่า 17.8 กิโลดาลตัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพ 16 วิเคราะห์น้ำหนักโมเลกุลของโปรตีนโดยใช้เครื่อง gel logic 100 imaging system ที่วิเคราะห์แถบโปรตีนหลัก (major protein bands) ที่ปรากฏบนเจลจากเนื้อผลลำไยของชุดที่รมด้วยก๊าซโอโซนเป็นเวลา 60 นาที เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม และชุดที่รมด้วยก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 °C เป็นเวลา 2 สัปดาห์

ช่องที่ 1 คือ รูปแบบของแถบโปรตีนมาตรฐาน
ช่องที่ 2 คือ รูปแบบของแถบโปรตีนในเนื้อผลลำไยของชุดควบคุม ในวันที่ 0
ช่องที่ 3 คือ รูปแบบของแถบโปรตีนในเนื้อผลลำไยของชุดควบคุม ในสัปดาห์ที่ 1
ช่องที่ 4 คือ รูปแบบของแถบโปรตีนในเนื้อผลลำไยที่รมด้วยก๊าซโอโซน ในสัปดาห์ที่ 1
ช่องที่ 5 คือ รูปแบบของแถบโปรตีนในเนื้อผลลำไยที่รมด้วยซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ในสัปดาห์ที่ 1
ช่องที่ 6 คือ รูปแบบของแถบโปรตีนในเนื้อผลลำไยของชุดควบคุมในสัปดาห์ที่ 2
ช่องที่ 7 คือ รูปแบบของแถบโปรตีนในเนื้อผลลำไยที่รมด้วยก๊าซโอโซน ในสัปดาห์ที่ 2
ช่องที่ 8 คือ รูปแบบของแถบโปรตีนในเนื้อผลลำไยที่รมด้วยซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ในสัปดาห์ที่ 2

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 16 วิเคราะห์น้ำหนักโมเลกุลของโปรตีน (กิโลดาลตัน) โดยใช้เครื่อง gel logic 100 imaging system ที่วิเคราะห์แถบโปรตีนหลัก (major protein bands) ที่ปรากฏบนเจลจากเนื้อผลลำไยของชุดที่รมด้วยก๊าซโอโซนเป็นเวลา 60 นาที เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม และชุดที่รมด้วยซัลเฟอร์ไดออกไซด์แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 °C เป็นเวลา 2 สัปดาห์

แถบที่	โปรตีนมาตรฐาน	วันที่ 0	สัปดาห์ที่ 1			สัปดาห์ที่ 2		
			Cont.	O_3	SO_2	Cont.	O_3	SO_2
1	**450**	482.8	463.1	476.3	469.7	463.1	456.6	482.8
2		384.4	390.9	390.9	397.5	417.2	404.1	404.1
3	**240**	279.4	285.9	292.5	299.1	299.1	292.5	318.9
4		-	-	-	-	-	-	226.7
5		205.3	208	216	218.7	216	213.3	210.7
6	**160**	151.3	160	157.8	155.7	168	168	142.7
7		110.2	116.7	121.7	123.2	123.2	116.7	108.1
8	**67**	67	73.5	80	82.1	82.1	69.2	67
9	**45**	54	54.8	56.4	56.4	56.4	53.1	54.8
10		30.2	33.7	33.7	34.6	33. 7	31.1	35.4
11	**25**	22.2	22.7	23	23	22.9	22.2	22.5
12	**17.8**	18.9	18.9	18.4	18.3	18.1	18.1	18.3

หมายเหตุ รูปแบบของโปรตีนในเนื้อผลลำไยเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 °C แต่ละแถบมีน้ำหนักโมเลกุล ดังนี้

แถบที่ 1 มีน้ำหนักโมเลกุล มากกว่า 450 กิโลดาลตัน
แถบที่ 2 มีน้ำหนักโมเลกุล ประมาณ 380 - 420 กิโลดาลตัน
แถบที่ 3 มีน้ำหนักโมเลกุล ประมาณ 240 - 320 กิโลดาลตัน
แถบที่ 4 มีน้ำหนักโมเลกุล ประมาณ 225 - 230 กิโลดาลตัน
แถบที่ 5 มีน้ำหนักโมเลกุล ประมาณ 200 - 220 กิโลดาลตัน
แถบที่ 6 มีน้ำหนักโมเลกุล ประมาณ 140 - 170 กิโลดาลตัน
แถบที่ 7 มีน้ำหนักโมเลกุล ประมาณ 100 - 130 กิโลดาลตัน
แถบที่ 8 มีน้ำหนักโมเลกุล ประมาณ 67 - 85 กิโลดาลตัน
แถบที่ 9 มีน้ำหนักโมเลกุล ประมาณ 45 - 60 กิโลดาลตัน
แถบที่ 10 มีน้ำหนักโมเลกุล ประมาณ 30 - 40 กิโลดาลตัน
แถบที่ 11 มีน้ำหนักโมเลกุล ประมาณ 20 - 25 กิโลดาลตัน
แถบที่ 12 มีน้ำหนักโมเลกุล น้อยกว่า 19 กิโลดาลตัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การทดลองที่ 3 การศึกษาการเปลี่ยนแปลงของระบบแอนตีออกซิแดนซ์ของเปลือกและเนื้อลำไยหลังจากได้รับโอโซนระหว่างการเก็บรักษา

3.1 การเปลี่ยนแปลงปริมาณ peroxides ทั้งหมดในเปลือกและเนื้อผลลำไยโดยใช้วิธี titanium method (Brennan and Frenkel, 1977)

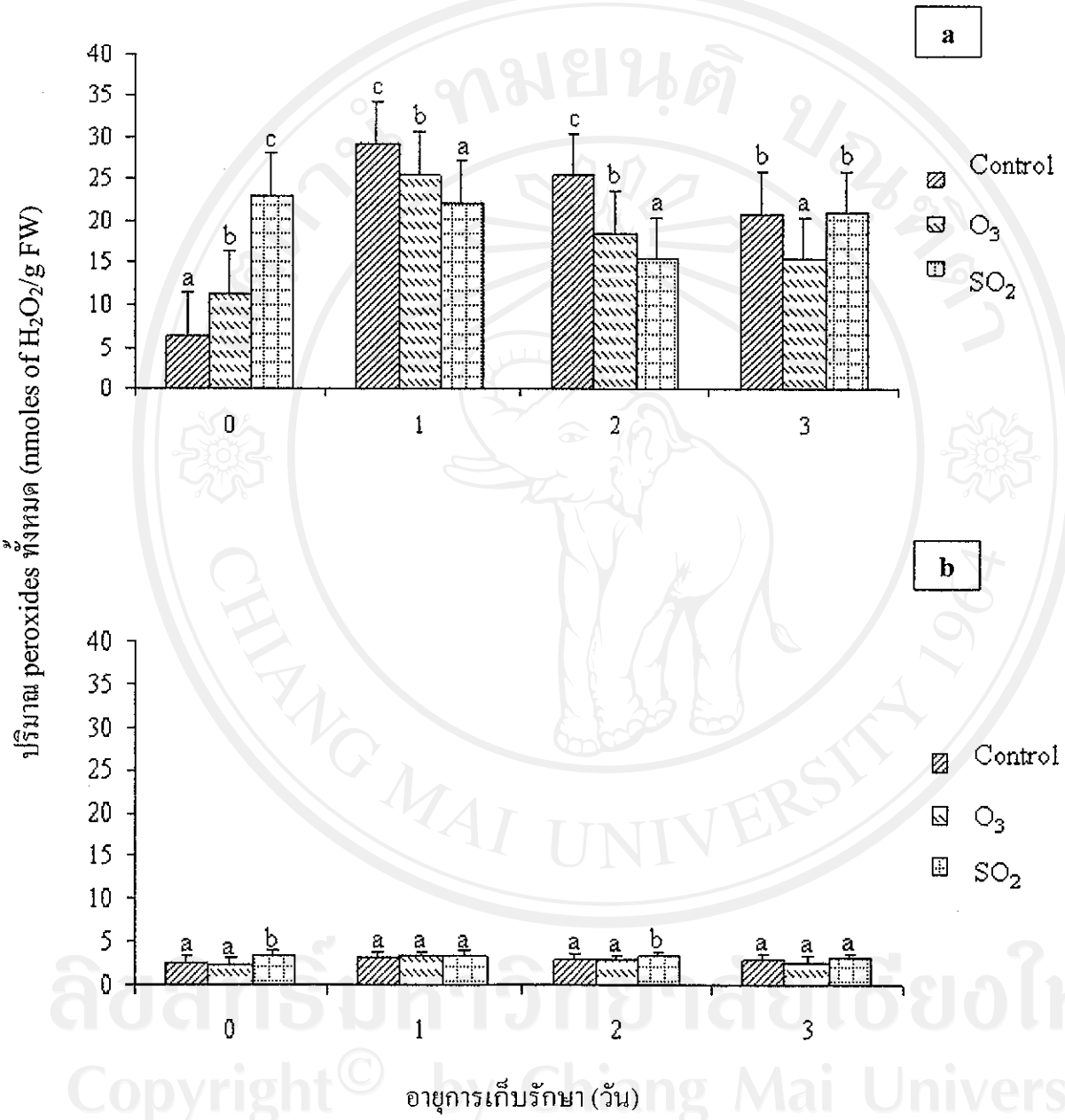
3.1.1 ปริมาณ peroxides ทั้งหมดในเปลือกและเนื้อผลลำไยเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 27 °C

จากการทดลอง พบว่าทุกชุดการทดลอง มีปริมาณ peroxides ทั้งหมดในเปลือกผลลำไยมีค่าตั้งแต่ 6.29 - 29.13 nmoles of H_2O_2/g FW มากกว่าในเนื้อผลซึ่งมีค่าตั้งแต่ 2.42 - 3.32 nmoles of H_2O_2/g FW โดยปริมาณ peroxides ทั้งหมดในเปลือกผลหลังจากรมด้วยก๊าซโอโซนและซัลเฟอร์ไดออกไซด์และนำไปวิเคราะห์ปริมาณ peroxides ทั้งหมดทันที พบว่ามีค่าสูงกว่าชุดควบคุมโดยแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งชุดที่รมด้วยซัลเฟอร์ไดออกไซด์มีค่ามากที่สุด เท่ากับ 22.97 nmoles of H_2O_2/g FW รองลงมาคือชุดที่รมด้วยก๊าซโอโซน เท่ากับ 11.22 nmoles of H_2O_2/g FW เทียบกับชุดควบคุม เท่ากับ 6.28 nmoles of H_2O_2/g FW (ภาพ 17a และตารางภาคผนวก 3) เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 1 วัน ปริมาณ peroxides ทั้งหมดของชุดควบคุมและชุดที่รมด้วยก๊าซโอโซนมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัด ในวันที่ 1 และค่อยๆ ลดลงในวันที่ 2 - 3 ของการเก็บรักษา ส่วนชุดที่รมด้วยซัลเฟอร์ไดออกไซด์ พบว่าไม่มีการเปลี่ยนแปลงมากนัก (ภาพ 17a) ส่วนการเปลี่ยนแปลงปริมาณ peroxides ทั้งหมดในเนื้อผลก่อนการเก็บรักษาพบว่าในชุดที่รมด้วยซัลเฟอร์ไดออกไซด์ มีค่ามากกว่าชุดอื่นๆ แต่หลังจากเก็บรักษามีค่าไม่แตกต่างกันมากนัก และมีการเปลี่ยนแปลงน้อยมากตลอดอายุการเก็บรักษา (ภาพ 17b และตารางภาคผนวก 4)

3.1.2 ปริมาณ peroxides ทั้งหมดเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 °C

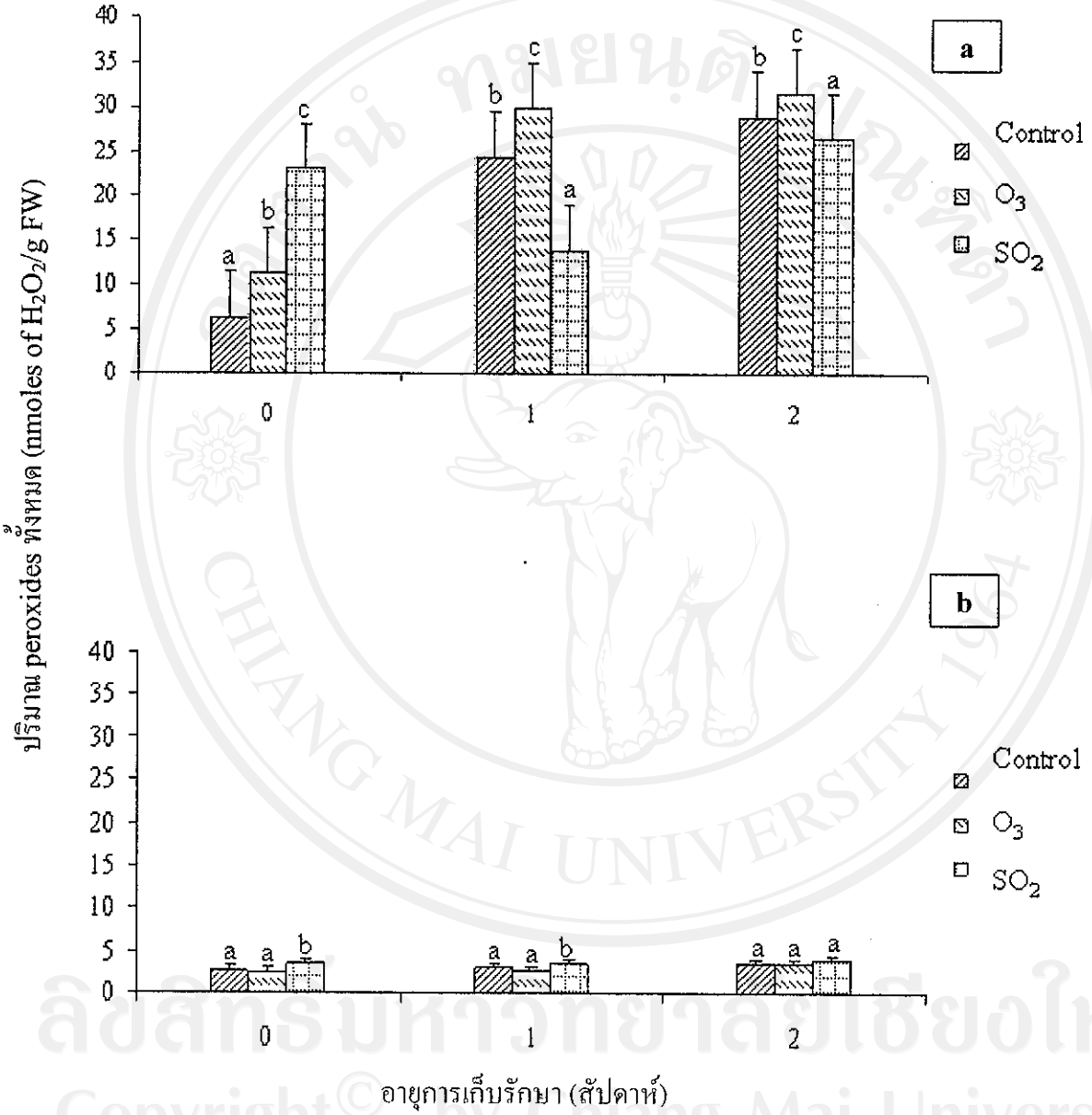
ปริมาณ peroxides ทั้งหมดในชุดควบคุมเปลือกผลลำไยเพิ่มขึ้นมากในสัปดาห์ที่ 1 จาก 6.29 nmoles of H_2O_2/g FW ไปเป็น 24.41 nmoles of H_2O_2/g FW และเพิ่มขึ้นเล็กน้อยในสัปดาห์ที่ 2 เช่นเดียวกับชุดที่รมด้วยก๊าซโอโซน จะพบปริมาณ peroxides ทั้งหมดเพิ่มขึ้นมากในสัปดาห์ที่ 2 (จาก 11.22 ไปเป็น 29.88 nmoles of H_2O_2/g FW) ส่วนชุดที่รมด้วยซัลเฟอร์-ไดออกไซด์จะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเช่นกันแต่พบการลดลงของปริมาณ peroxides ทั้งหมดในสัปดาห์ที่ 1 ก่อนจะเพิ่มขึ้นในสัปดาห์ที่ 2 (ภาพ 18a และตารางภาคผนวก 5) ส่วนเนื้อของลำไยมีค่าไม่เปลี่ยนแปลงมากนักตลอดอายุการเก็บรักษา และแต่ละชุดการทดลองมีปริมาณ peroxides ทั้งหมดแตกต่างเพียงเล็กน้อยเท่านั้น (ภาพ 18b และตารางภาคผนวก 6)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพ 17 ปริมาณ peroxides ทั้งหมดในเปลือก (a) และเนื้อ (b) ลำไยเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 27 °C เป็นเวลา 3 วัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพ 18 ปริมาณ peroxides ทั้งหมดในเปลือก (a) และเนื้อ (b) ลำไยที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 °C เป็นเวลา 2 สัปดาห์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3.2 การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดแอสคอร์บิกของเปลือกและเนื้อลำไยเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 27 °C

3.2.1 การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดแอสคอร์บิกของเปลือกและเนื้อลำไยที่เปลือกเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 27 °C

ปริมาณกรดแอสคอร์บิกในเปลือกผลลำไยที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 27 °C พบว่าชุดควบคุมมีแนวโน้มลดลงตลอดอายุการเก็บรักษา ในขณะที่ชุดที่รมด้วยก๊าซโอโซน พบการเพิ่มขึ้นของปริมาณกรดแอสคอร์บิกในวันแรกของการเก็บรักษาโดยมีค่ามากกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยชุดที่รมด้วยซัลเฟอร์ไดออกไซด์มีปริมาณกรดแอสคอร์บิกมากที่สุดมีค่าเท่ากับ 0.071 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร รองลงมาคือชุดที่รมด้วยก๊าซโอโซนมีค่าเท่ากับ 0.058 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร หลังจากนั้นทั้ง 2 ชุดการทดลองมีปริมาณกรดแอสคอร์บิกลดลงอย่างรวดเร็ว (ภาพ 19a และตารางภาคผนวก 7)

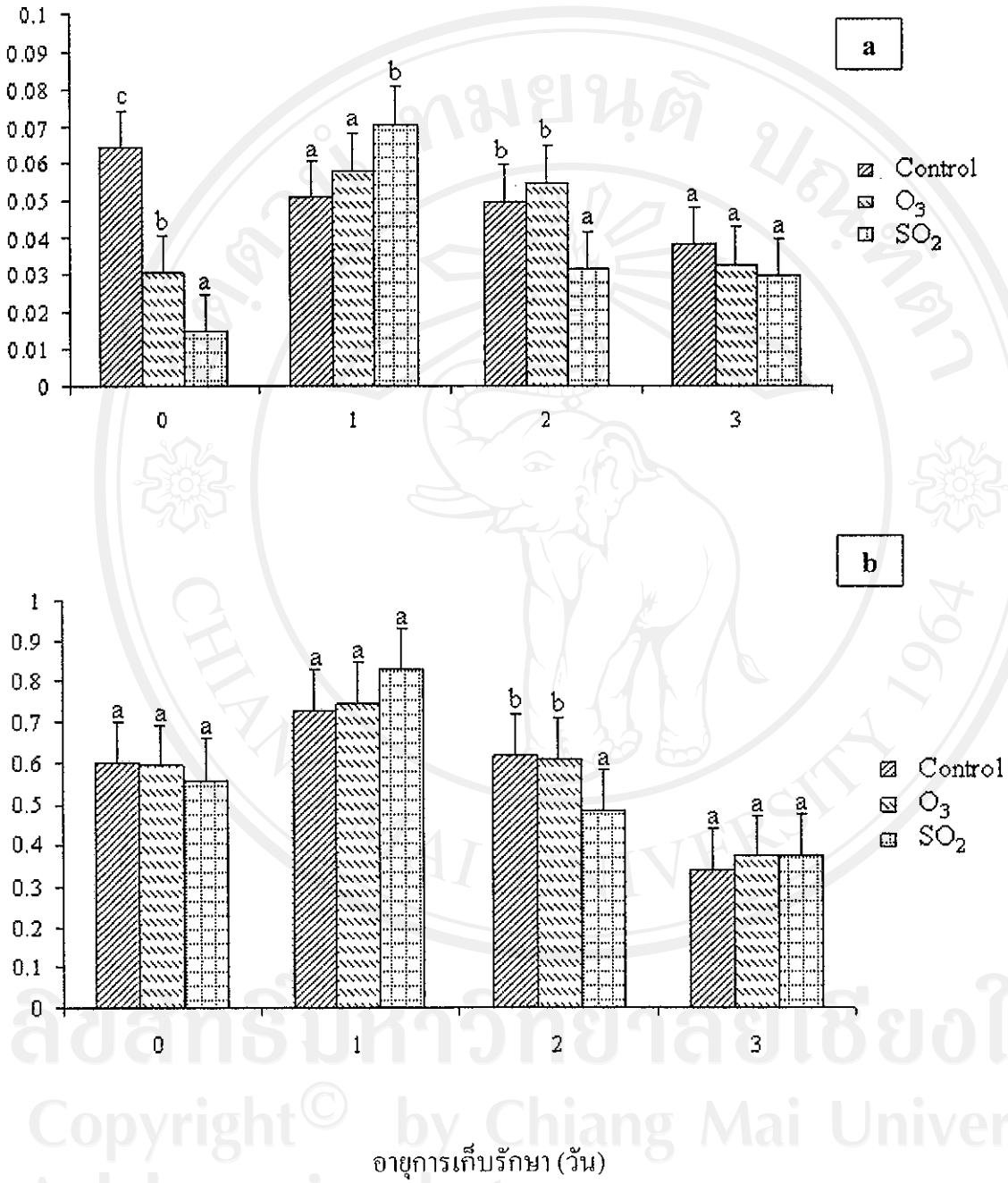
ปริมาณกรดแอสคอร์บิกในเนื้อผลลำไยของทุกชุดการทดลองที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 27 °C ทั้งก่อนการเก็บรักษา และหลังการเก็บรักษาเป็นเวลา 3 วัน มีปริมาณกรดแอสคอร์บิกไม่แตกต่างกันทางสถิติ นอกจากนี้ทุกชุดการทดลองยังมีแนวโน้มลดลงตลอดอายุการเก็บรักษา (ภาพ 19b และตารางภาคผนวก 8)

3.2.2 การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดแอสคอร์บิกของเปลือกและเนื้อลำไยที่เปลือกเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 °C

ชุดควบคุมมีปริมาณกรดแอสคอร์บิกในเปลือกผลลำไยที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 °C ลดลงหลังเก็บรักษา 1 สัปดาห์ ส่วนชุดที่รมด้วยก๊าซโอโซน ปริมาณกรดแอสคอร์บิกเพิ่มขึ้นมากในสัปดาห์ที่ 1 และค่อยๆ ลดลงในสัปดาห์ที่ 2 ส่วนชุดที่รมด้วยซัลเฟอร์ไดออกไซด์มีการเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดแอสคอร์บิกในเปลือกไม่มากนักตลอดอายุการเก็บรักษา (ภาพ 20a และตารางภาคผนวก 9)

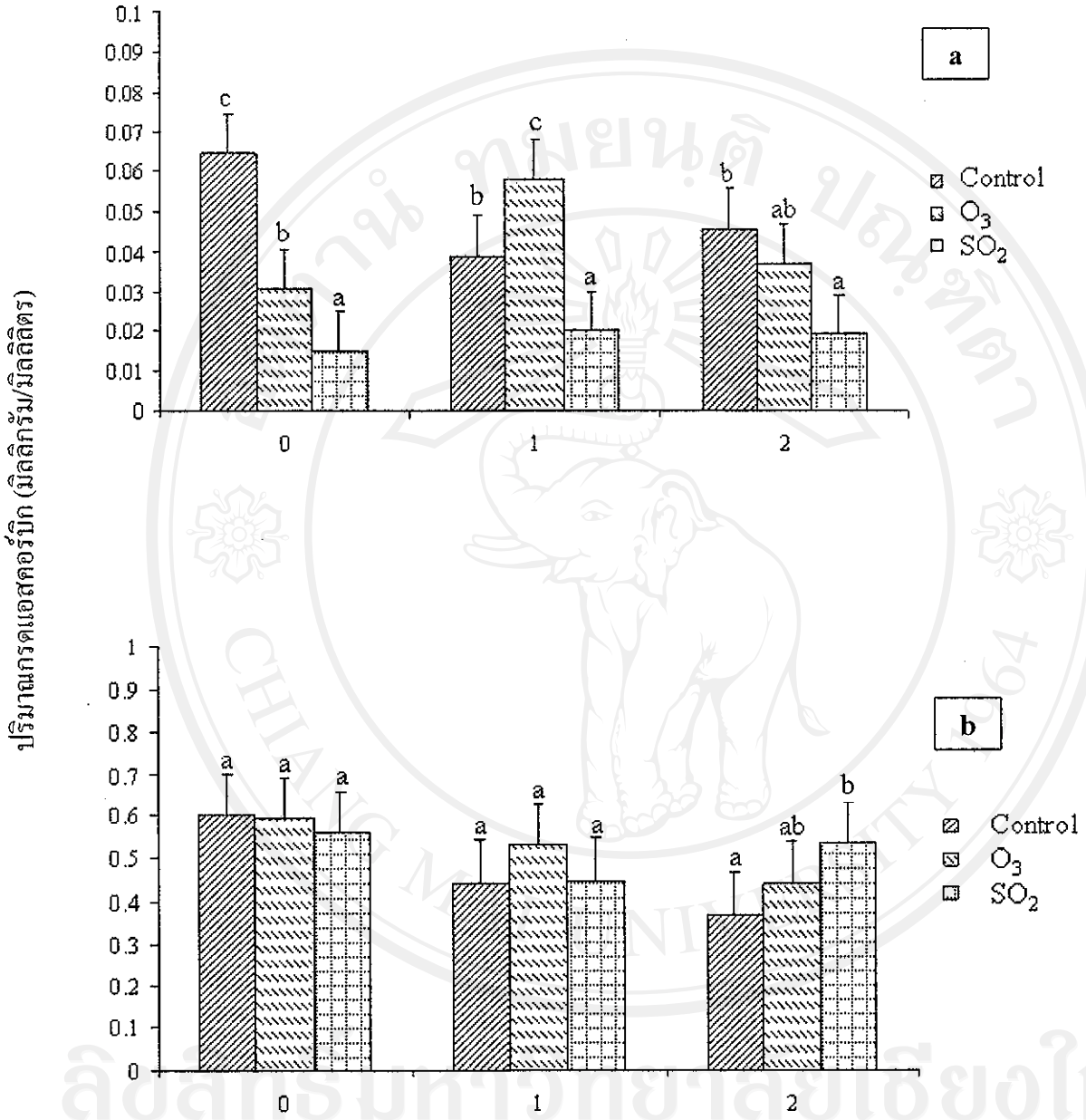
ส่วนปริมาณกรดแอสคอร์บิกในเนื้อผลลำไย พบว่าทุกชุดการทดลองมีปริมาณกรดแอสคอร์บิกไม่แตกต่างกันทางสถิติตลอดอายุการเก็บรักษา 2 สัปดาห์ โดยทุกชุดการทดลองมีแนวโน้มลดลงตลอดอายุการเก็บรักษา ยกเว้นชุดที่รมด้วยซัลเฟอร์ไดออกไซด์จะมีการเพิ่มขึ้นในสัปดาห์ที่ 2 (ภาพ 20b และตารางภาคผนวก 10)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพ 19 ปริมาณกรดแอสคอร์บิกในเปลือก (a) และเนื้อ (b) ลำไยที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 27 °C

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพ 20 ปริมาณกรดแอสคอร์บิกในเปลือก (a) และเนื้อ (b) ลำไยที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 °C เป็นเวลา 2 สัปดาห์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3.3 การเปลี่ยนแปลงกิจกรรมของเอนไซม์ catalase ในเปลือกและเนื้อผลลำไย

3.3.1 กิจกรรมของเอนไซม์ catalase ในเปลือกและเนื้อผลลำไยเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 27 °C

กิจกรรมของเอนไซม์ catalase ในเปลือกผลลำไยที่เป็นชุดควบคุมมีแนวโน้มลดลงตลอดอายุการเก็บรักษา 3 วัน แต่ที่รมด้วยก๊าซโอโซนมีการเปลี่ยนแปลงกิจกรรมของเอนไซม์ catalase ของเปลือกลำไยเพิ่มขึ้น เช่นเดียวกับชุดที่รมด้วยซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ที่มีการเพิ่มขึ้นของกิจกรรมของเอนไซม์ catalase เพียงเล็กน้อย (ภาพ 21a และตารางภาคผนวก 11)

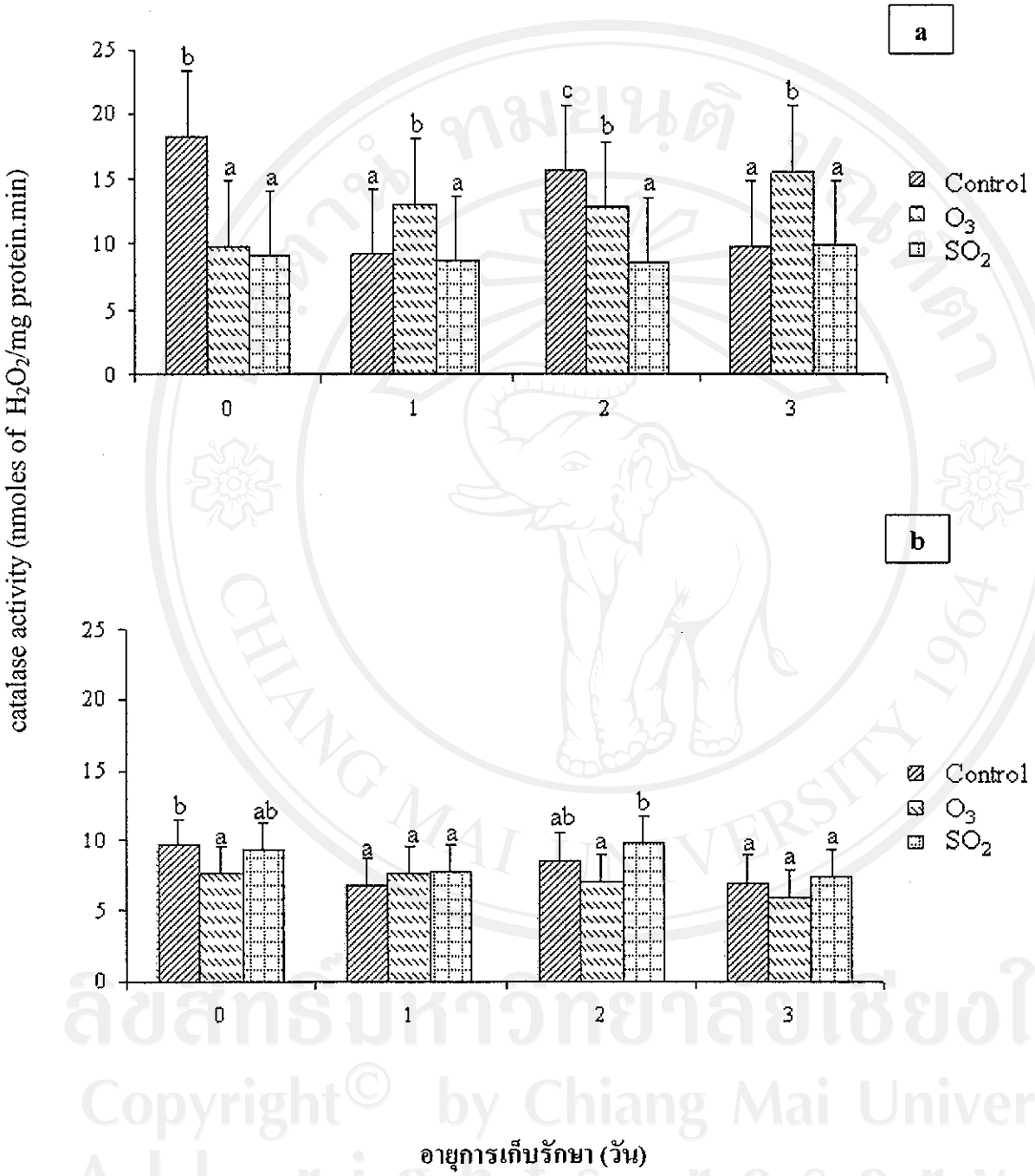
ส่วนในเนื้อผลลำไยก่อนการเก็บรักษาและหลังการเก็บรักษาเป็นเวลา 3 วัน ทุกชุดการทดลองมีค่ากิจกรรมของเอนไซม์ catalase ไม่แตกต่างกันทางสถิติและมีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยตลอดอายุการเก็บรักษา (ภาพ 21b และตารางภาคผนวก 12)

3.3.2 กิจกรรมของเอนไซม์ catalase เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 °C

จากการทดลอง พบว่ามีเปลี่ยนแปลงกิจกรรมของเอนไซม์ catalase ในเปลือกผลลำไยของชุดควบคุมโดยมีค่าลดลงตลอดการเก็บรักษา ส่วนชุดที่รมก๊าซโอโซนและซัลเฟอร์ไดออกไซด์มีกิจกรรมของเอนไซม์เพิ่มขึ้นสัปดาห์ที่ 1 ของการเก็บรักษาและเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยในสัปดาห์ที่ 2 (ภาพ 22a และตารางภาคผนวก 13)

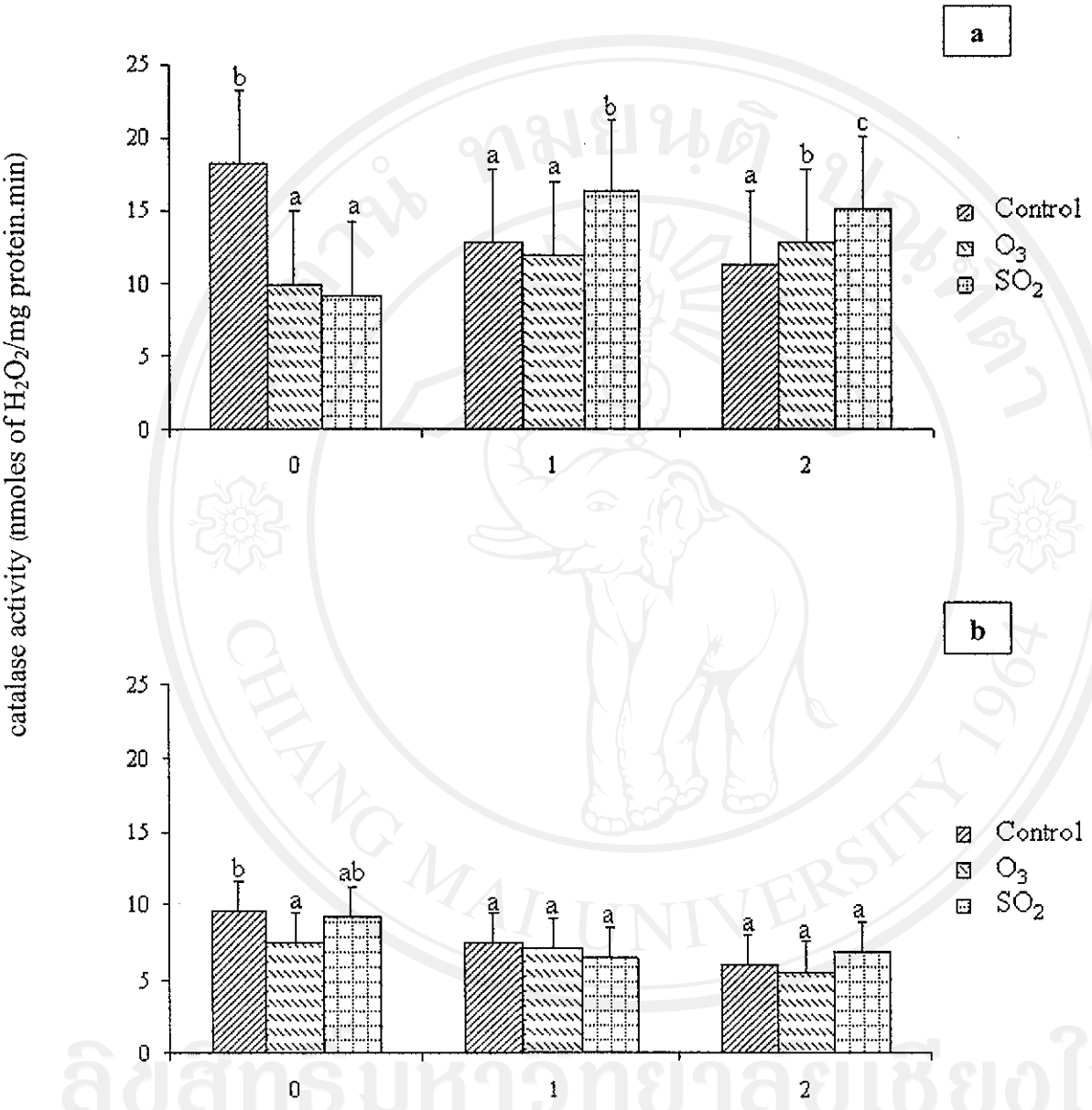
ส่วนกิจกรรมของเอนไซม์ catalase ในเนื้อผลลำไยของทุกชุดการทดลอง พบว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติทั้งก่อนและหลังการเก็บรักษาเป็นเวลา 2 สัปดาห์ โดยชุดควบคุมมีแนวโน้มลดลงเช่นเดียวกับชุดที่รมด้วยก๊าซโอโซนและซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (ภาพ 22b และตารางภาคผนวก 14)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพ 21 กิจกรรมของเอนไซม์ catalase ทั้งหมดในเปลือก (a) และเนื้อ (b) ลำไยที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 27 °C เป็นเวลา 3 วัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



อายุการเก็บรักษา (สัปดาห์)

ภาพ 22 กิจกรรมของเอนไซม์ catalase ในเปลือก (a) และเนื้อ (b) ของผลลำไยที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 °C เป็นเวลา 2 สัปดาห์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved