บทที่ 4

ผลการทดลอง

การทดลองที่ 1 ผลของน้ำอิเล็กโทรไลต์ (EO) ในการยับยั้งเชื้อ *Penicillium digitatum* ในหลอดทดลอง

1.1 การผลิตน้ำ EO

จากการผลิตน้ำ EO โดยผ่านกระแสไฟฟ้าเป็นเวลา 20, 40 และ 60 นาที และใช้ NaCl ที่ความเข้มข้นต่างๆ พบว่าที่ เวลา 60 นาทีให้ผลดีที่สุดโดยจะมีแนวโน้มของค่า pH ต่ำที่สุดและเมื่อเปรียบเทียบความเข้มข้นของเกลือจะพบว่า สารละลายเกลืออิ่มตัวจะมีค่า pH ที่ต่ำที่สุด คือ 3.9 ซึ่งเป็นสภาวะที่ไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ นอกจากนี้ยังมีค่า available free chlorine สูงที่สุด คือ 102 ppm และมีค่าความสามารถในการแตกตัว ดีที่สุดซึ่งวัดจากค่า EC (electrolyte conductivity) คือ 259 mS/cm รองลงมา คือการใช้ NaCl 50% จะมีค่า pH เท่ากับ 4.03 และมีค่า available free chlorine เท่ากับ 96.4 ppm ส่วน NaCl 25% และ 5% จะมีค่า pH เพิ่มมากขึ้นซึ่งเท่ากับ 4.12 และ 6.87 ตามลำดับ (ตาราง 4)

1.2 ผลของน้ำอิเล็กโทรไลต์ (EO) ต่อการเจริญเติบโตของเชื้อ *Penicillium digitatum*

น้ำ EO ที่ผลิตจาก สารละลายเกลืออิ่มตัว มีผลทำให้โคโลนีของเชื้อ *Penicillium digitatum* ลดลงต่ำมากตั้งแต่ 1 นาทีแรกของเวลาที่ใช้ในการให้น้ำ EO โดยสารละลายเกลืออิ่มตัวสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อราได้สมบูรณ์ใน 1 นาที โดยมีค่าเท่ากับ 0 cfu/ml รองลงมาได้แก่ โดยที่ NaCl ความเข้มข้น 50% สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อราได้สมบูรณ์ที่ 8 นาที เช่นเดียวกับ NaCl 25 และ 5 % จะยับยั้งเชื้อราได้สมบูรณ์ที่เวลา 16 นาที โดยน้ำ EO จะเริ่มยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราทำให้จำนวนโคโลนีลดลงอย่างรวดเร็วในเวลาที่ 1 นาที (ภาพ 7 และ 8)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

1.3 ผลของน้ำ EO ต่อการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของเชื้อ *Penicillium digitatum* ภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบเลนส์ประกอบ (light compound microscopy)

หลังจากนำเชื้อราไปตรวจสอบใต้กล้อง light compound microscope จากความเข้มข้นของ สารละลายเกลืออิ่มตัวผ่านกระแสไฟฟ้านาน 60 นาที พบว่าเชื้อรามีลักษณะที่ผิดปกติ มีการหงิกงอของ mycelial cell และสปอร์มีลักษณะโป่งบวม (ภาพ 9)

การทดลองที่ 2 การศึกษาผลของน้ำอิเล็กโทรไลต์ (EO) ต่อการควบคุมโรคและคุณภาพของส้มสายน้ำผึ้งหลังการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ

เปอร์เซ็นต์การเกิดโรค

จากการทดลองที่ 1.2 น้ำอิเล็กโทรไลต์ที่ความเข้มข้นของ NaCl อิ่มตัวสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อ *P. digitatum* ในอาหารเลี้ยงเชื้อในระยะเวลาสัมผัสตั้งแต่ 1-4 นาที ดังนั้นในการทดลองที่ 2 นี้ จึงนำน้ำ EO มาแช่ผลส้มเพื่อควบคุมโรค โดยได้เพิ่มระยะเวลาสัมผัสตั้งเป็น 4-16 นาที เพื่อให้การกำจัดเชื้อมีประสิทธิภาพมากขึ้น จากการทดลอง พบว่า ทุกกรรมวิธีไม่พบการเกิดโรคในช่วง 6 วันแรก เมื่อทำการเก็บรักษานานขึ้นหลังจาก 6 วัน พบว่าในวันที่ 9 ผลส้มที่เก็บรักษาไว้จะเริ่มมีจุดฉ่ำน้ำหรือรอยช้ำและมีการเจริญของเชื้อราเกิดขึ้นเล็กน้อยบริเวณรอบๆ ของบาดแผลที่ทำไว้ ซึ่งผลส้มที่แช่น้ำ EO ทุกกรรมวิธีจะมีเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคต่ำกว่า 10% แต่ชุดควบคุมจะมีเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคถึง 12.5% โดยในวันที่ 12 จะพบการเพิ่มขึ้นของโรคในชุดควบคุมอย่างรวดเร็ว มีค่าเท่ากับ 66.7% ขณะที่ชุดการทดลองอื่นๆ ยังพบการเกิดโรคค่อนข้างคงที่ คือ ไม่เกิน 10% จนกระทั่งวันที่ 18 ผลส้มในทุกกรรมวิธีจะมีเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว โดยผลส้มชุดควบคุมมีเปอร์เซ็นต์การเกิดโรค 83.3% ส่วนผลส้มที่แช่น้ำ EO นาน 4 และ 16 นาที มีเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคเท่ากับ 16.7% และผลส้มที่แช่น้ำ EO นาน 8 นาที มีเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคต่ำที่สุดเท่ากับ 8.3%

นอกจากนี้ในวันที่ 21ชุดที่ได้รับน้ำ EO ทุกชุดมีเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคเพิ่มขึ้น และผลส้มในชุดควบคุมจะมีการเกิดโรคมากที่สุดเท่ากับ 100% รองลงมาคือ ผลส้มที่แช่น้ำ EO นาน 4 นาที มีการเกิดโรค 77.8% ตามด้วยผลส้มที่แช่น้ำ EO นาน 16 นาที มีการเกิดโรค 42.9% แต่ผลส้มที่แช่น้ำ EO นาน 8 นาที มีการเกิดโรคเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเป็น 28.6% ซึ่งทุกๆ กรรมวิธีจะมีการเกิดโรคไม่เกิน 80% (ภาพ 10 - 16)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก

เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้น เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5°Cเป็นเวลานานขึ้น โดยผลส้มชุดควบคุมมีการสูญเสียน้ำหนักมากที่สุดเท่ากับ 4.4% รองลงมาคือ ผลส้มที่แช่น้ำ EO นาน 4 นาที มีค่าเท่ากับ 4.21% ตามลำดับผลส้มที่แช่ด้วยน้ำ นาน 16 นาที มีค่าเท่ากับ 4.16% และผลส้มที่แช่น้ำ EO นาน 8 นาที มีค่าการสูญเสียน้ำหนักน้อยที่สุดคือ 4.13% ทั้งนี้ส้มในทุกกรรมวิธีมีการสูญเสียน้ำหนักไม่เกิน 5% ซึ่งทุกกรรมวิธีไม่มีความแตกต่างทางด้านสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (ภาพ 17 และตารางภาคผนวก 1)

ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้

ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ทุกกรรมวิธีมีค่าเพิ่มขึ้นและลดลงเพียงเล็กน้อยตลอดระยะเวลาที่การเก็บรักษา 21 วัน โดยผลส้มที่มีการเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้มากที่สุด คือ ผลที่แช่ด้วยน้ำ EO นาน 8 นาที เท่ากับ 12.47% รองลงมา คือ ผลส้มที่แช่ด้วยน้ำ EO นาน 16 นาที, ชุดควบคุม และผลส้มที่แช่ด้วยน้ำ EO นาน 4 นาที มีค่าเท่ากับ 12.37%, 11.98% และ 11.76% ตามลำดับ ทั้งนี้ทุกกรรมวิธีไม่มีความแตกต่างทางด้านสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (ภาพ 18 และตารางภาคผนวก 1)

ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้

การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ทุกกรรมวิธีมีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย โดยมีแนวโน้มลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษา ผลส้มที่แช่ด้วยน้ำ EO นาน 8 นาที มีการเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดสูงที่สุด คือ 0.72 % รองลงมา คือ ผลส้มที่แช่ด้วยน้ำ EO นาน 16 นาที และชุดควบคุม มีค่าเท่ากับ 0.7 % และ 0.68 % ตามลำดับ และผลส้มที่แช่ด้วยน้ำ EO นาน 4 นาที มีค่าการเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดที่ไทเทรตได้น้อยที่สุด คือ 0.57 % ทั้งนี้ทุกกรรมวิธีไม่มีความแตกต่างทางด้านสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % (ภาพ 19 และตารางภาคผนวก 1)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การเปลี่ยนแปลงสีเปลือกด้านนอก

การเปลี่ยนแปลงสีเปลือกด้านนอก โดยการวัดค่าความสว่างจากค่า L* (L*= 100) ของเปลือกผลส้มตลอดระยะเวลาที่เก็บรักษา พบว่าทุกกรรมวิธีมีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย และเมื่อเปรียบเทียบผลการศึกษาในวันที่ 15 พบว่าผลส้ม ที่แช่ด้วยน้ำ EO นาน 16 นาที มีค่าความสว่างของสีเปลือกมากที่สุด เท่ากับ 62.18 รองลงมา คือ ผลส้มที่แช่ด้วยน้ำ EO นาน 4 นาทีและ 8 นาที มี

ค่าเท่ากับ 60.14 และ 60.05 ตามลำดับ และผลส้มชุดควบคุมมีค่าความสว่างของสีน้อยที่สุด คือ 58.32 แต่ทุกกรรมวิธีมีค่า L* ไม่แตกต่างทางด้านสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % (ภาพ 20)

ค่า a* ของส้มในทุกกรรมวิธีเมื่อเก็บรักษาไว้นาน 21 วันพบว่าในทุกกรรมวิธีมีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย และเมื่อเปรียบเทียบผลการศึกษาในวันที่ 15 พบว่าผลส้มที่แช่ด้วยน้ำ EO นาน 8 นาทีมีค่ามากที่สุด เท่ากับ 15.56 รองลงมาคือผลส้มที่แช่ด้วยน้ำ EO นาน 4 นาทีและ 16 นาที มีค่าเท่ากับ 14.34 และ 13.92 ตามลำดับ และผลส้มชุดควบคุมมีค่า a* น้อยที่สุด คือ 13.08 แต่ทุกกรรมวิธีมีค่า a* ไม่แตกต่างทางด้านสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % (ภาพ 21)

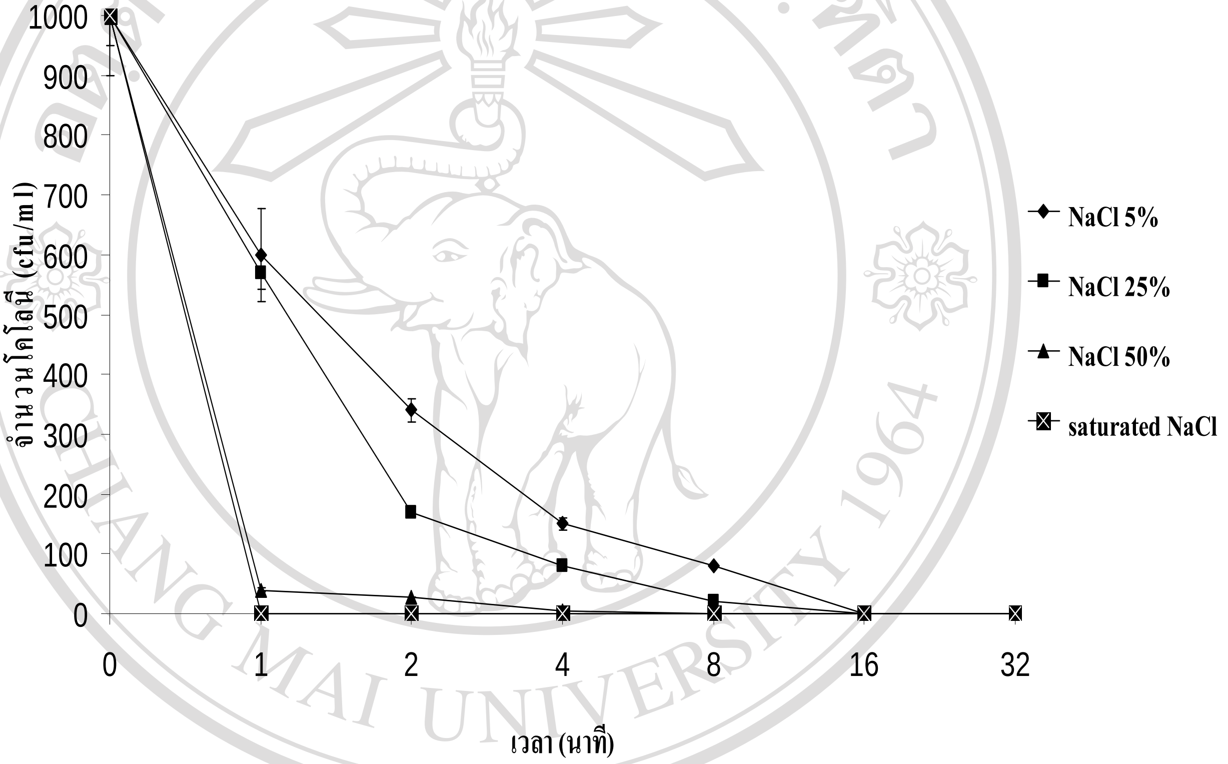
ค่า b* ของส้มในทุกกรรมวิธีเมื่อเก็บรักษาไว้นาน 21 วันพบว่าในทุกกรรมวิธีมีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย และเมื่อเปรียบเทียบผลการศึกษาในวันที่ 15 พบว่าผลส้มที่แช่ด้วยน้ำ EO นาน 16 นาทีมีค่ามากที่สุด เท่ากับ 50.09 รองลงมาคือผลส้มที่แช่ด้วยน้ำ EO นาน 4 นาทีและชุดควบคุม มีค่าเท่ากับ 47.04 และ 45.98 ตามลำดับ และผลส้มชุดที่แช่น้ำ EO นาน 8 นาทีมีค่า b* น้อยที่สุด คือ 44.55 แต่ทุกกรรมวิธีมีค่า b* ไม่แตกต่างทางด้านสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % (ภาพ 22)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4 ค่าจากการวิเคราะห์ pH, electrolyte conductivity (EC) และความเข้มข้นของ คลอรีนอิสระ (free chlorine) หลังจากการผลิตน้ำ EO ที่เวลาการผ่านกระแสไฟฟ้าและความเข้มข้นของ NaCl ต่างกัน

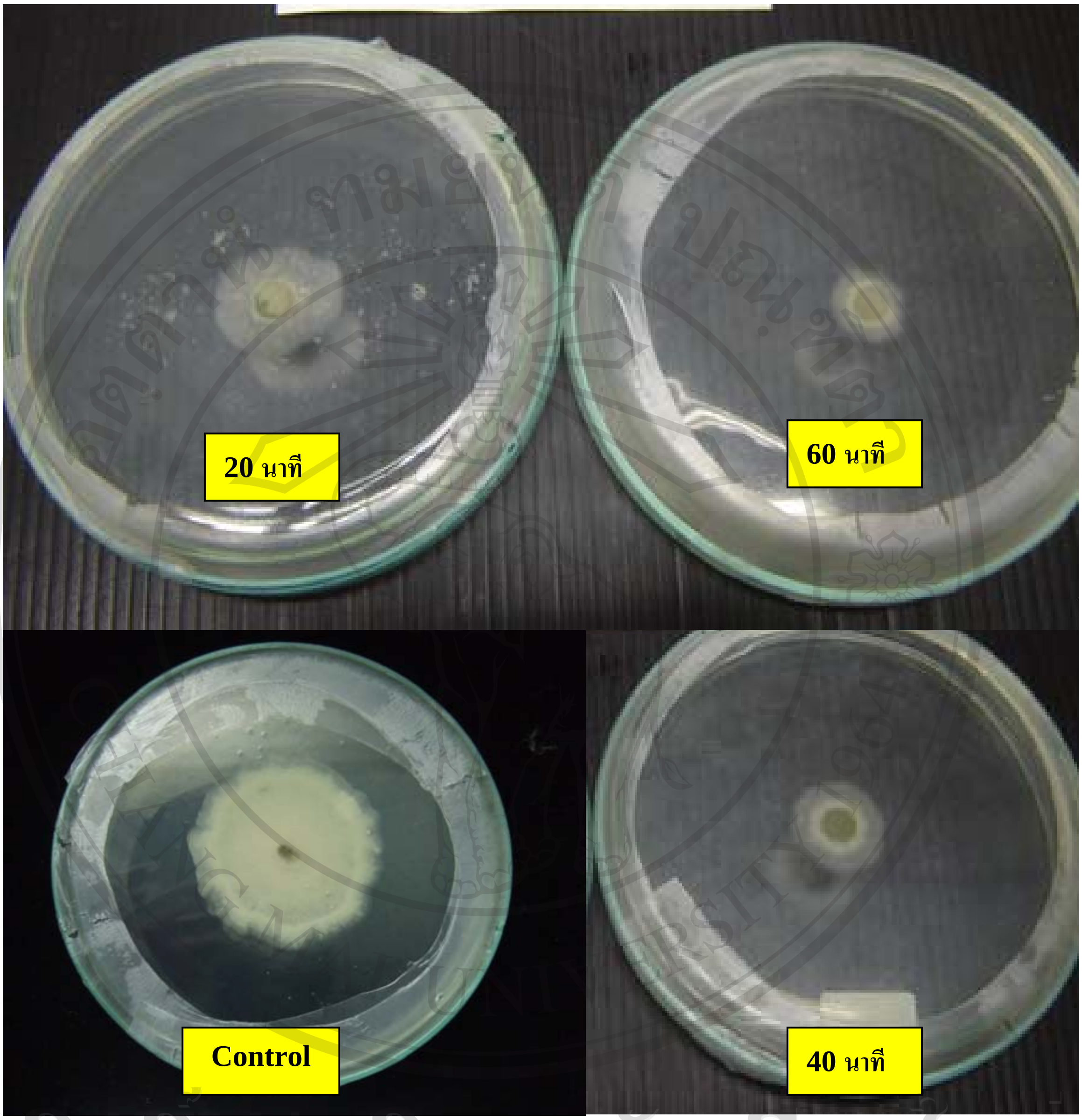
เวลาที่ผ่านกระแสไฟ	ชุดการทดลอง	pH	EC (mS/cm)	Free chlorine (ppm)
20 นาที	control	7.11	71.9	0.8
	NaCl 5%	6.97	97	49.8
	NaCl 25%	5.67	214	78.8
	NaCl 50%	5.08	232	87.8
	Saturated NaCl	4.56	250	97.8
40 นาที	control	7.11	71.9	0.8
	NaCl 5%	6.91	100	50.6
	NaCl 25%	4.57	220	82.4
	NaCl 50%	4.14	244	92.5
	Saturated NaCl	4.04	255	100
60 นาที	control	7.11	71.9	0.8
	NaCl 5%	6.87	103.9	52.2
	NaCl 25%	4.12	239	87.5
	NaCl 50%	4.03	251	96.4
	Saturated NaCl	3.9	259	102

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



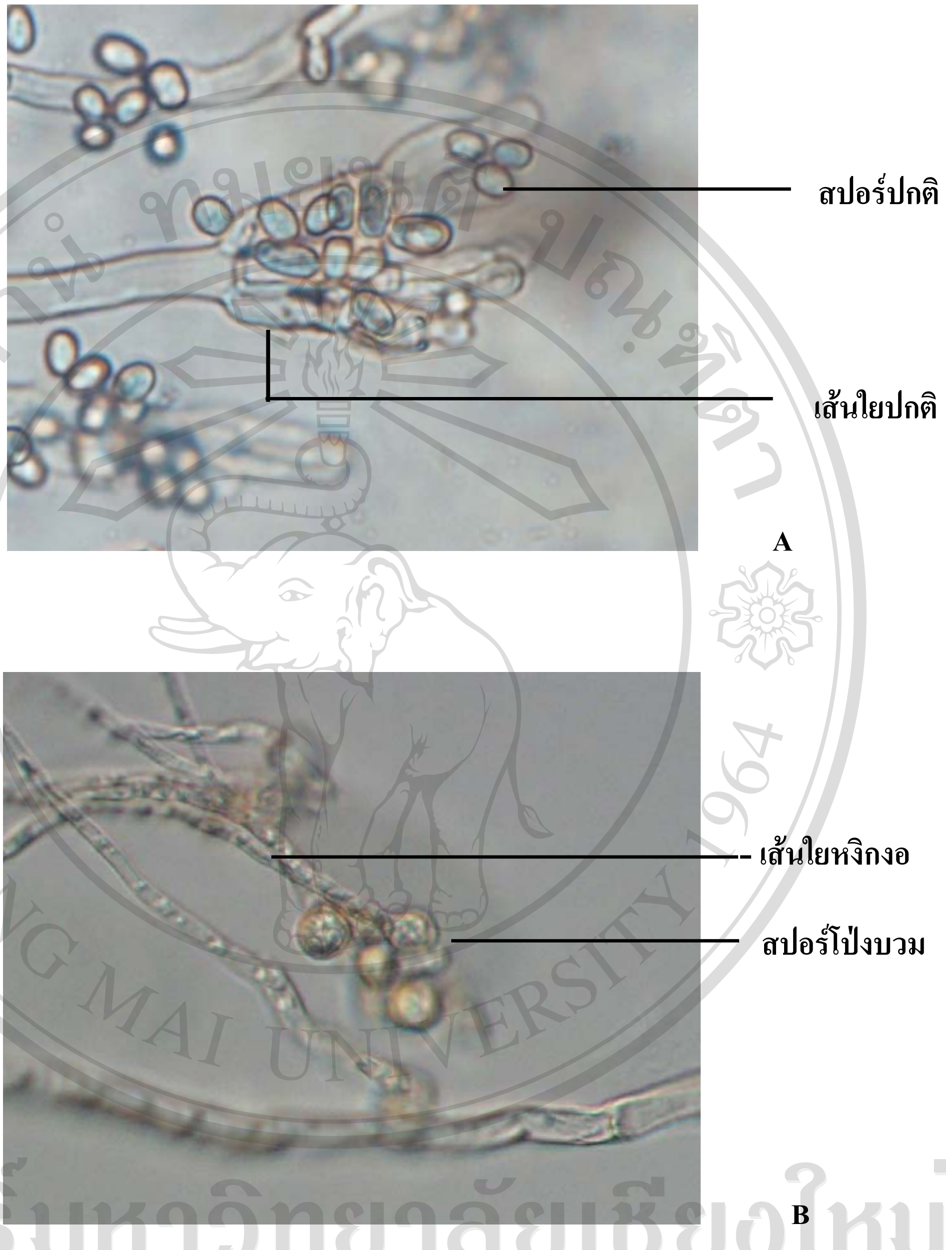
ภาพ 7 จำนวนโคโลนีของเชื้อ *Penicillium digitatum* เมื่อได้รับน้ำ EO ที่ผลิตโดยใช้ความต่างศักย์ไฟฟ้า 8 โวลต์ เป็นเวลา 60 นาที ที่ความเข้มข้นของ NaCl ที่ระดับต่างๆ (5%, 25%, 50%, สารละลายเกลืออิ่มตัว) เป็นเวลา 32 นาที

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved



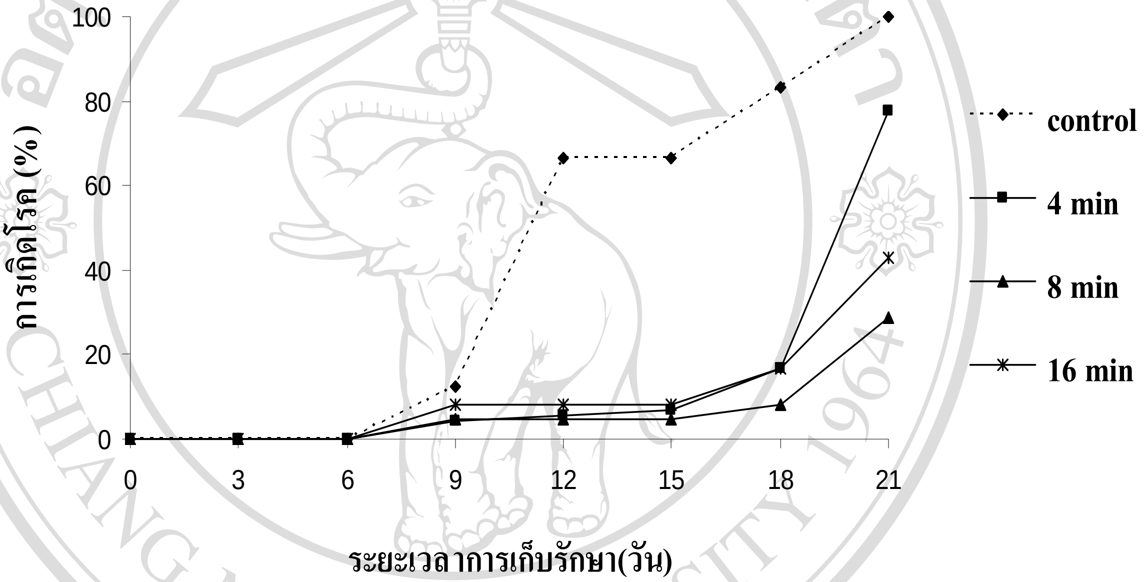
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาพ 8 การเจริญของเชื้อ *Penicillium digitatum* เมื่อได้รับน้ำอิเล็กโทรไลต์ (EO) ที่ผลิตโดยใช้ความต่างศักย์ไฟฟ้า 8 โวลต์ โดยผ่านกระแสไฟฟ้าเป็นเวลา 20, 40 และ 60 นาที



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาพ 9 ลักษณะของเชื้อรา *Penicillium digitatum* ปกติ (A) และเชื้อราที่ได้รับน้ำอิเล็กโทรไลต์ (EO) นาน 60 นาที (B) ที่กำลังขยาย 40 X



ภาพ 10 เปอร์เซ็นต์การเกิดโรค ของผลส้มหลังจากแช่น้ำอิเล็กโทรไลต์ (EO) เป็นเวลา 4, 8, 16 นาที แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 °C นาน 21 วัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

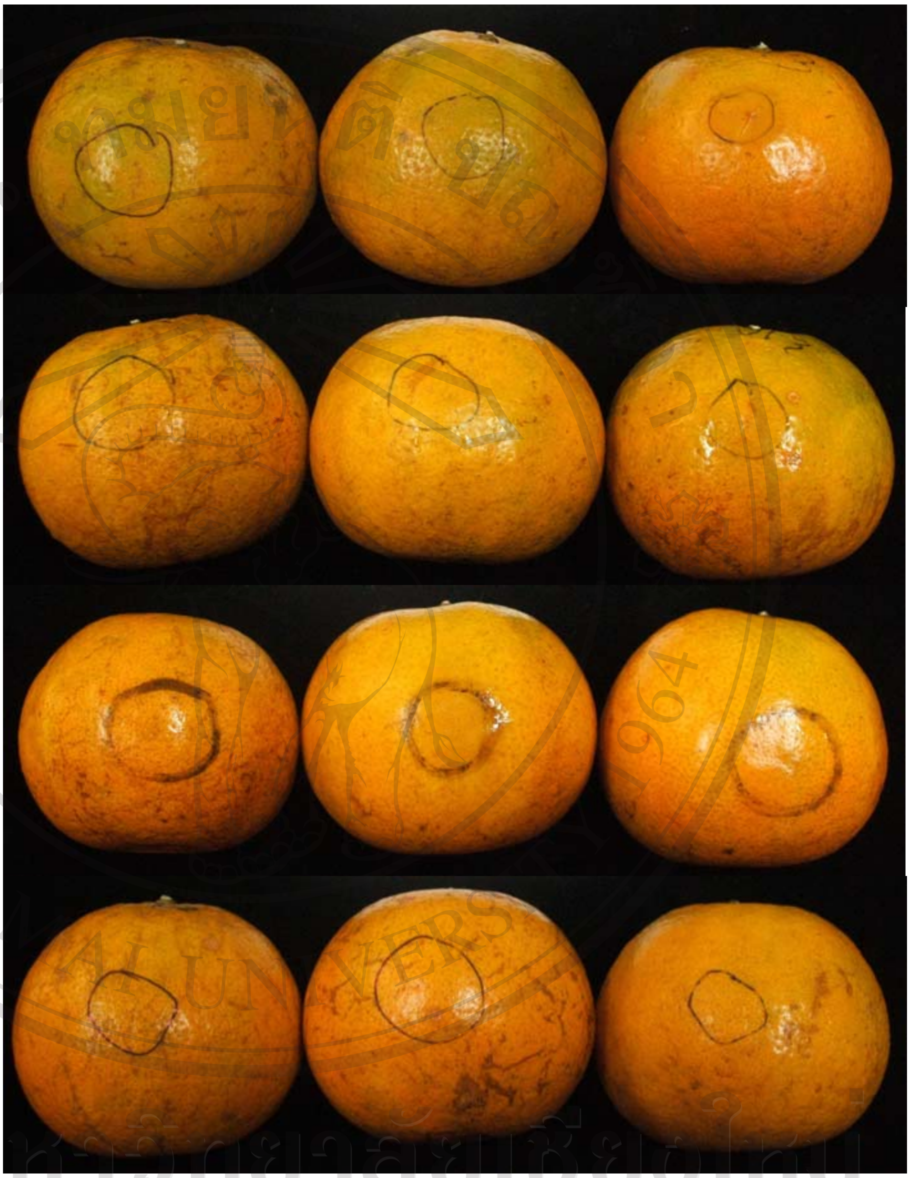
ภาพ 11 การเกิดโรคของผลส้มที่แช่ด้วยน้ำ EO เป็นเวลา 0, 4, 8 และ 16 นาที และ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 °C เป็นเวลา 6 วัน

ชุดควบคุมแช่น้ำกลั่น

แช่ ผลส้มในน้ำ EO 4 นาที

แช่ผลส้มในน้ำ EO 8 นาที

แช่ผลส้มในน้ำ EO 16 นาที



ภาพ 12 การเกิดโรคของผลส้มที่แช่ด้วยน้ำ EO เป็นเวลา 0, 4, 8 และ 16 นาที และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 °C เป็นเวลา 9 วัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาพ 13 การเกิดโรคของผลส้มที่แช่ด้วยน้ำ EO เป็นเวลา 0, 4, 8 และ 16 นาที และ
เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 °C เป็นเวลา 12 วัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาพ 14 การเกิดโรคของผลส้มที่แช่ด้วยน้ำ EO เป็นเวลา 0, 4, 8 และ 16 นาที และ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 °C เป็นเวลา 18 วัน

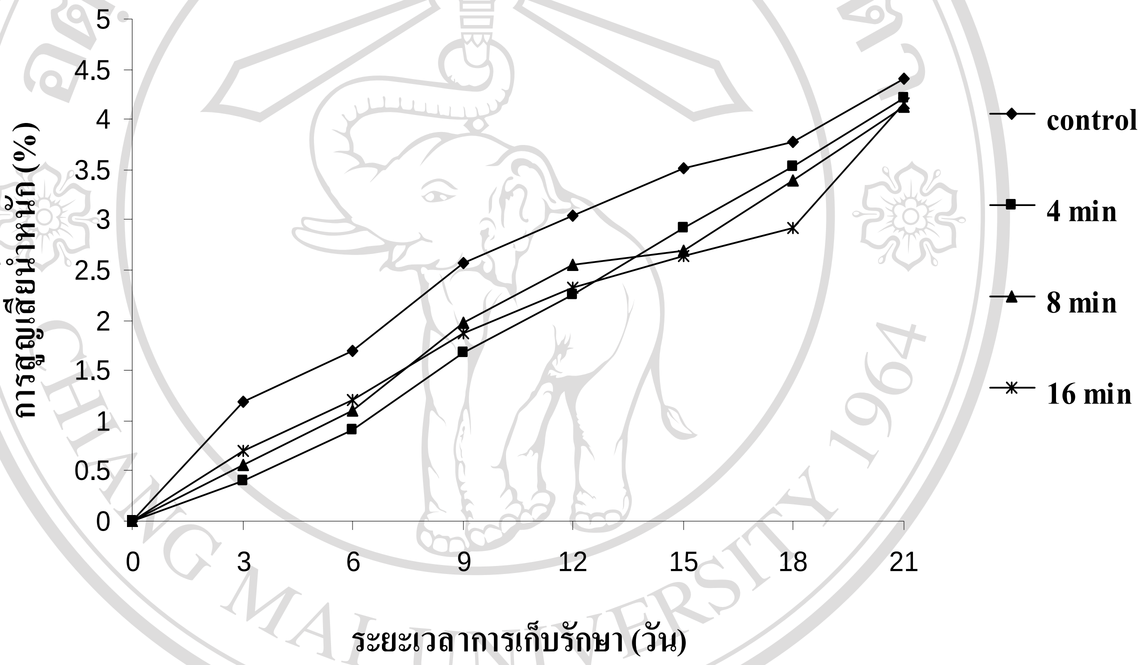
ภาพ 15 การเกิดโรคของผลส้มที่แช่ด้วยน้ำ EO เป็นเวลา 0, 4, 8 และ 16 นาที และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 °C เป็นเวลา 21 วัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

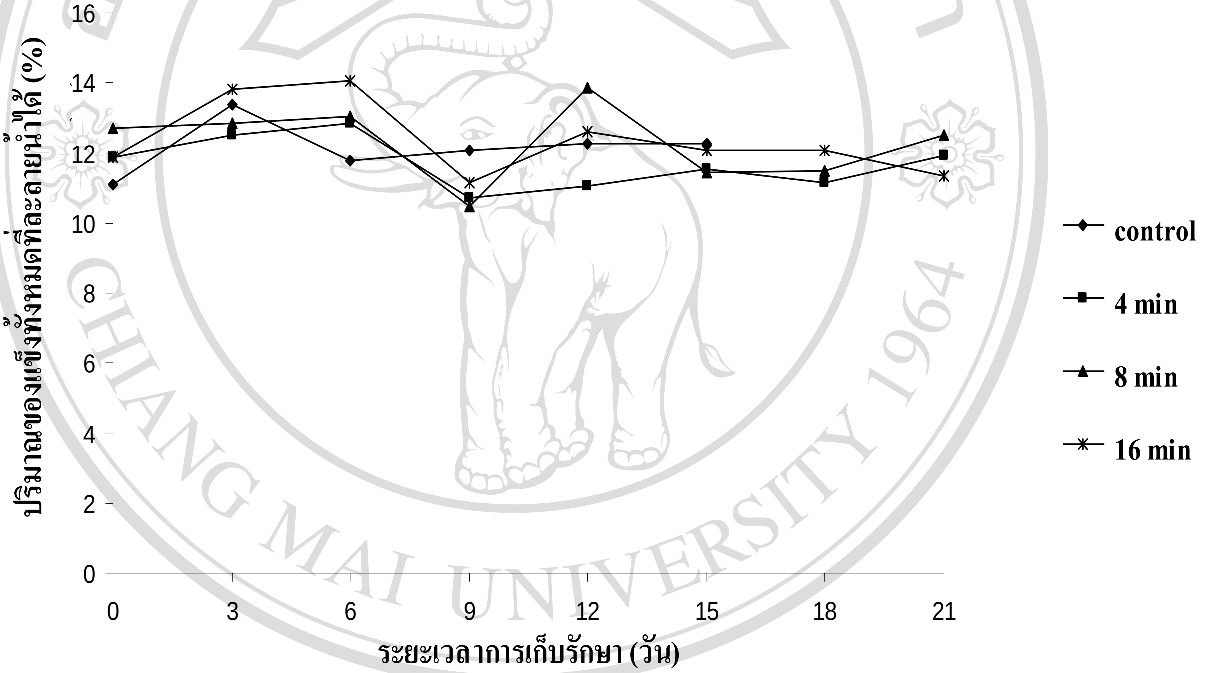
ภาพ 16 อาการฉ่ำน้ำและผลช้ำของผลส้มที่แช่น้ำ EO เป็นเวลา 16 นาที

Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



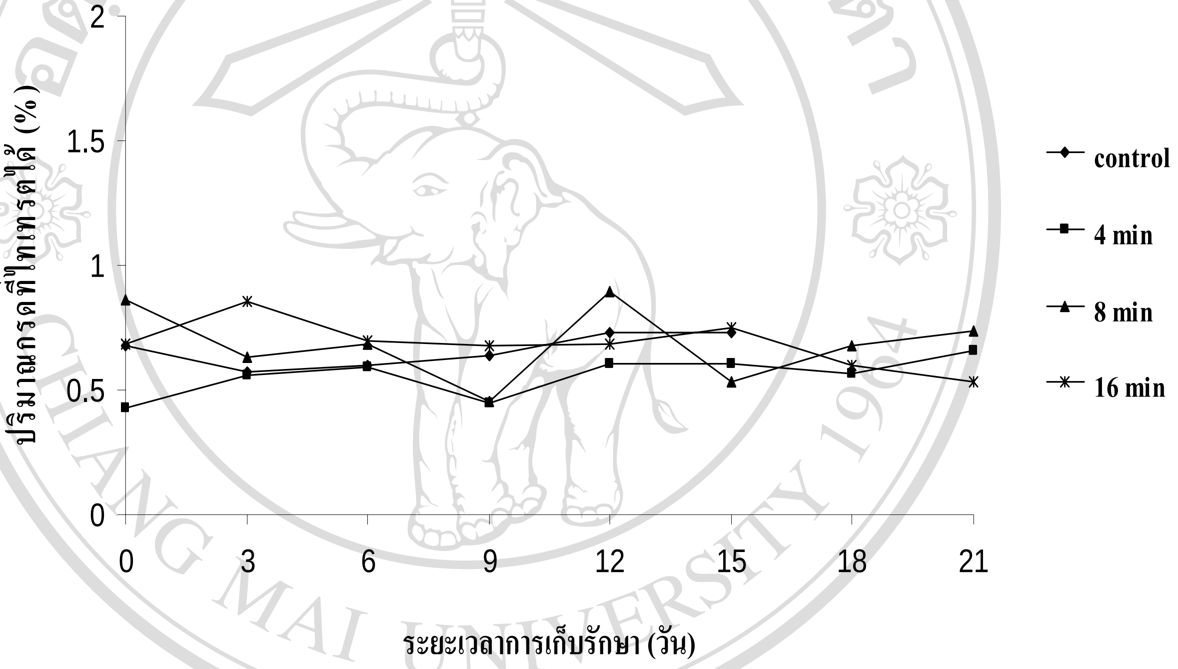
ภาพ 17 เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก ของผลส้มหลังจากแช่น้ำอิเล็กโทรไลต์ (EO) เป็นเวลา 4, 8, 16 นาที แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5°C เป็นเวลา 21 วัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



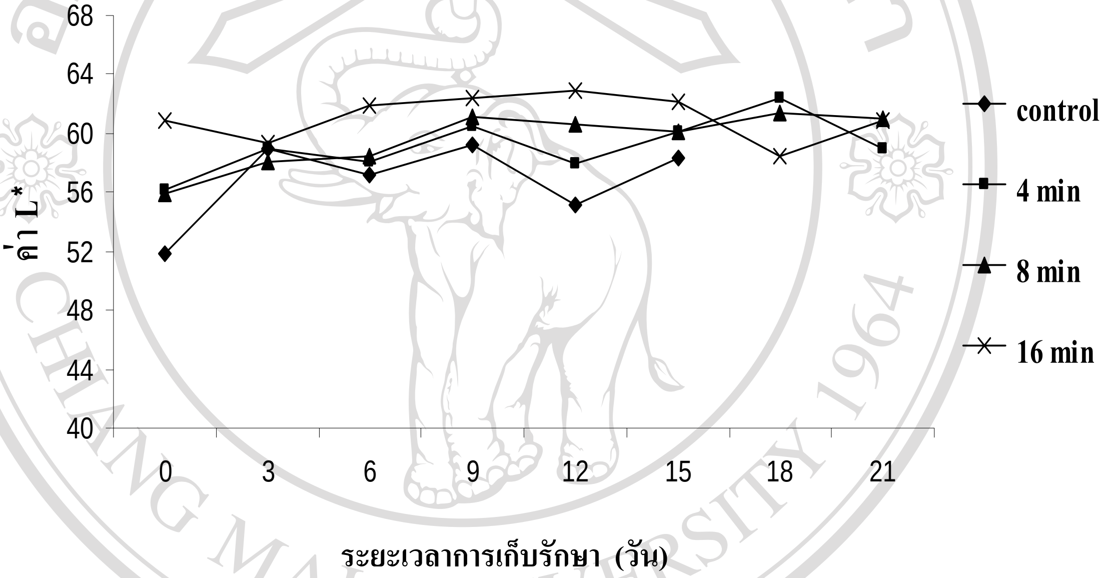
ภาพ 18 ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ (%) ของผลส้มหลังจากแช่น้ำอิเล็กโทรไลต์ (EO) เป็นเวลา 0, 4, 8, 16 นาที แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5°C เป็นเวลา 21 วัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved



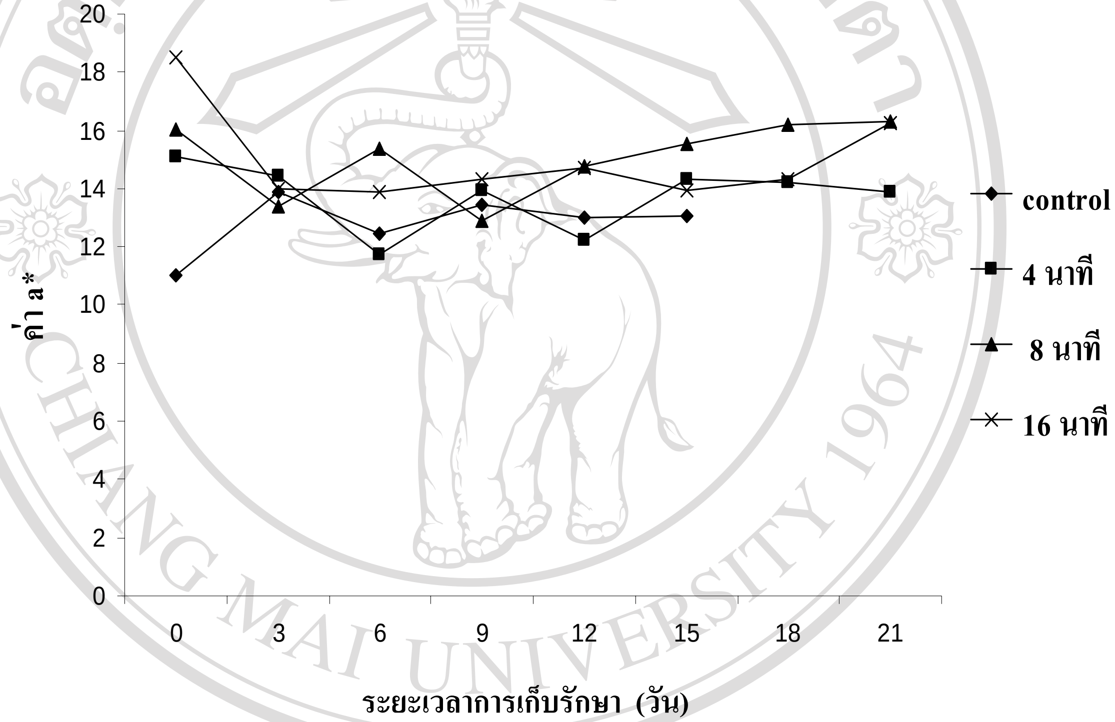
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาพ 19 ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (%) ของผลส้มหลังจากแช่น้ำอิเล็กโทรไลต์ (EO) เป็นเวลา 4, 8, 16 นาที แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5°C เป็นเวลา 21 วัน



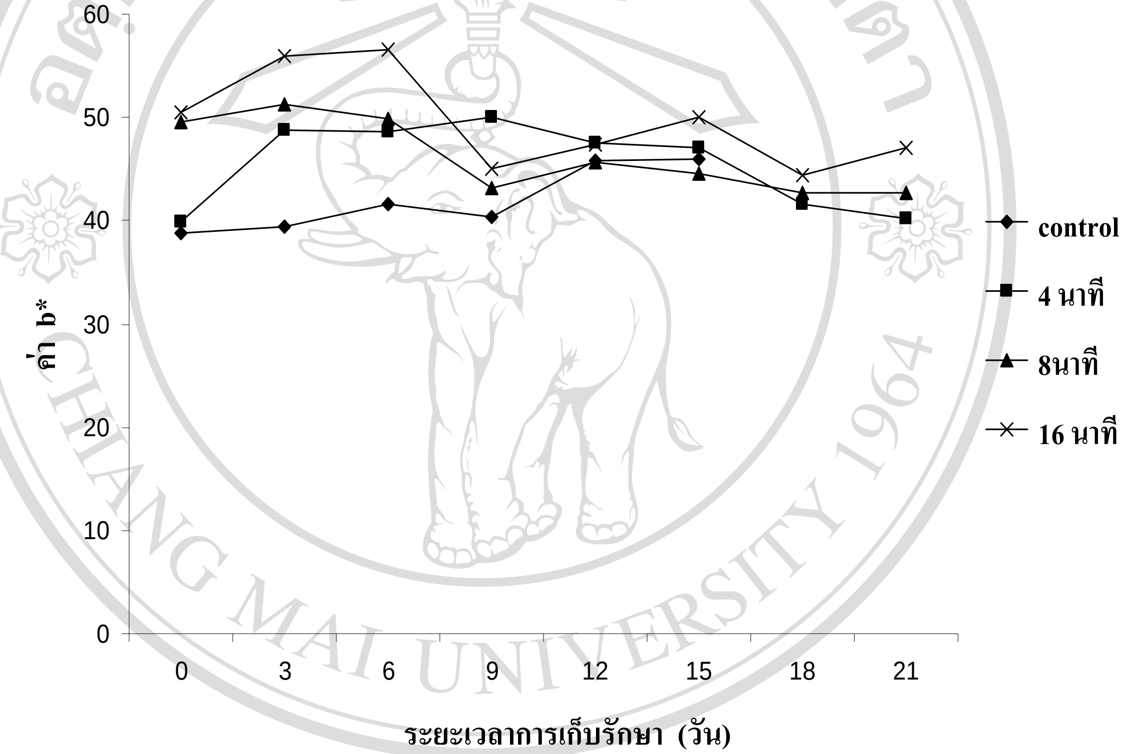
ภาพ 20 ค่าความสว่างของสีเปลือกด้านนอก (L*) ของผลส้มหลังจากแช่น้ำอิเล็กโทรไลต์ (EO) เป็นเวลา 4, 8, 16 นาที แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5°C เป็นเวลา 21 วัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพ 21 ค่า a* ของเปลือกส้มหลังจากแช่น้ำอิเล็กโทรไลต์ (EO) เป็นเวลา 4, 8, 16 นาที แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5°C เป็นเวลา 21 วัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ภาพ 22 ค่า b* ของเปลือกส้มหลังจากแช่น้ำอิเล็กโทรไลต์ (EO) เป็นเวลา 4, 8, 16 นาที แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5°C เป็นเวลา 21 วัน

Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การทดลองที่ 3 ศึกษาประสิทธิภาพของโอโซนในการควบคุมโรคของส้มพันธุ์สายน้ำผึ้ง

3.1 ผลของก๊าซโอโซนต่อการเจริญเติบโตของเชื้อ *Penicillium digitatum*

หลังจากที่ทำการรมก๊าซโอโซนให้แก่เชื้อ *Penicillium digitatum* ในจานอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA และบ่มที่อุณหภูมิ 27 °C เป็นเวลา 5 วัน พบว่าการรมก๊าซโอโซนเป็นเวลา 2 ชั่วโมงให้ผลดีที่สุด ซึ่งวัดเส้นผ่านศูนย์กลางเชื้อราได้ 2.72 เซนติเมตร รองลงมาได้แก่ 4 ชั่วโมง, 30 นาที และ 1 ชั่วโมง โดยสามารถวัดเส้นผ่านศูนย์กลางเชื้อราได้ 2.8, 3.0 และ 3.1 เซนติเมตร ตามลำดับและชุดควบคุมมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 4.3 เซนติเมตร ซึ่งมีค่ามากที่สุดและในทุกกรรมวิธีไม่มีความแตกต่างทางด้านสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % (ภาพ 23 และตารางภาคผนวก 2)

3.2 ผลของก๊าซโอโซนต่อการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของเชื้อ *Penicillium digitatum* ภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบเลนส์ประกอบ (light compound microscopy)

หลังจากนำเชื้อราไปตรวจสอบใต้กล้องจุลทรรศน์แบบเลนส์ประกอบพบว่าเชื้อรามีลักษณะที่ผิดปกติโดยเส้นใยมีลักษณะลีบเล็ก หงิกงอและสปอร์มีลักษณะเล็กลง (ภาพ 24)

3.3 ศึกษาผลของโอโซนต่อการควบคุมการเกิดโรคและคุณภาพของผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้ง หลังการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ

เปอร์เซ็นต์การเกิดโรค

เปอร์เซ็นต์การเกิดโรคเมื่อเก็บรักษาผลส้มที่อุณหภูมิ 5°C ทุกกรรมวิธีไม่พบการเกิดโรคในช่วง 6 วันแรก เมื่อทำการเก็บรักษานานขึ้นหลังจาก 6 วัน ผลส้มที่เก็บรักษาไว้จะเริ่มมีจุดฉ่ำน้ำหรือรอยช้ำและมีการเจริญของเชื้อราเกิดขึ้นบริเวณรอบๆ ของบาดแผลที่ทำไว้ คือชุดควบคุมและชุดที่ปลูกเชื้อโดยทำบาดแผลและรมโอโซนมีเปอร์เซ็นต์เกิดโรคเพิ่มขึ้น โดยหลังจากวันที่ 12 จะพบการเพิ่มขึ้นของโรคในชุดปลูกเชื้อแบบทำบาดแผลอย่างรวดเร็ว และมีการเพิ่มขึ้นของโรคมากขึ้นจนถึงวันที่ 21 โดยผลส้มปลูกเชื้อแบบทำบาดแผลและรมด้วยโอโซนจะมีการเกิดโรคเท่ากับ 16.67 % โดยทุกกรรมวิธีจะมีการเกิดโรคไม่เกิน 30 % (ภาพ 25 และ 26)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก

เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้น เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น โดยผลส้มชุดที่ปลูกเชื้อแบบทำบาดแผล มีการสูญเสียน้ำหนักมากที่สุดเท่ากับ 5.76 % รองลงมาคือ ผลส้มที่ปลูกเชื้อแบบทำบาดแผลและรมก๊าซโอโซนมีค่าการสูญเสียน้ำหนักเท่ากับ 5.44 % อย่างไรก็ตามทุกชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ทั้งนี้ส้มในทุกกรรมวิธีมีการสูญเสียน้ำหนักไม่เกิน 6 % (ภาพ 27 และตารางภาคผนวก 3)

ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้

ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ทุกกรรมวิธีมีค่าเพิ่มขึ้นและลดลงเพียงเล็กน้อย ตลอดระยะเวลาที่การเก็บรักษา 21 วัน โดยผลส้มมีการเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้มีค่าอยู่ระหว่าง 11.06 – 11.87 % ทั้งนี้ผลส้มในทุกกรรมวิธีไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 21 วัน (ภาพ 28 และตารางภาคผนวก 3)

ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้

การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดที่ไทเทรตได้มีแนวโน้มเพิ่มสูงในวันที่ 3 ของการเก็บรักษา และมีแนวโน้มลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษา โดยผลส้มมีการเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ มีค่าอยู่ระหว่าง 0.62 - 0.55 % ทั้งนี้ทุกกรรมวิธีไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % (ภาพ 29 และตารางภาคผนวก 3)

การเปลี่ยนแปลงสีเปลือกด้านนอก

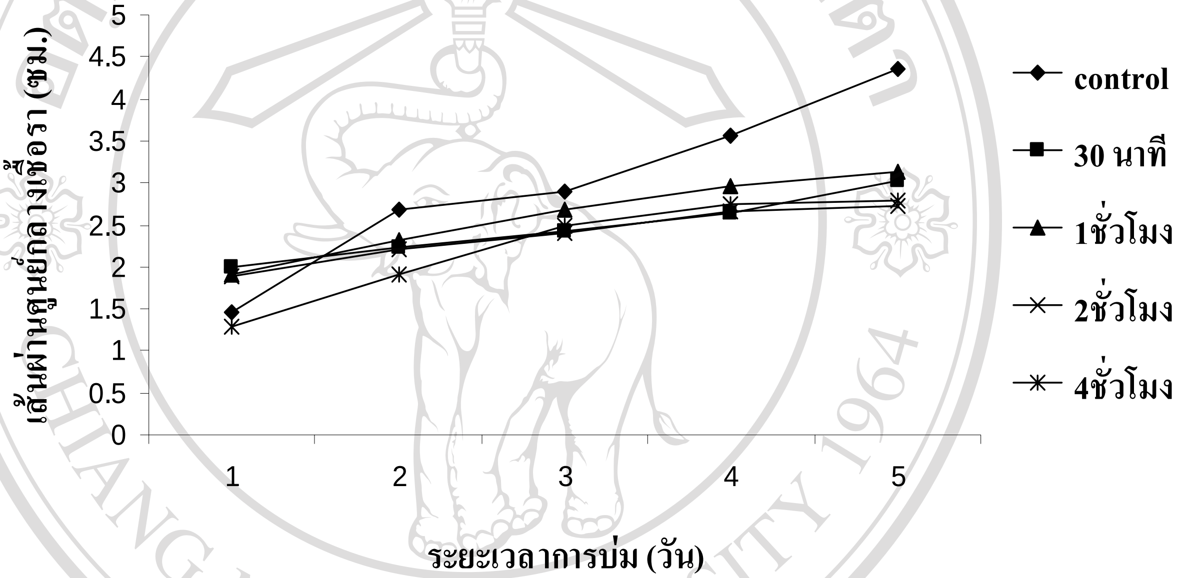
การเปลี่ยนแปลงสีเปลือกด้านนอก โดยการวัดค่าความสว่างจากค่า L* (L*=100) ของเปลือกผลส้มตลอดระยะเวลาที่เก็บรักษา พบว่าทุกกรรมวิธีมีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยและมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น โดยพบว่า ผลส้มชุดที่ปลูกเชื้อแบบทำบาดแผลและรมก๊าซโอโซน มีค่าความสว่างของสีเปลือกมากที่สุด เท่ากับ 63.55 ส่วนผลส้มชุดควบคุมมีค่าความสว่างของสีน้อย เท่ากับ 61.18 อย่างไรก็ตามทุกกรรมวิธีมีค่า L* ไม่แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % (ภาพ 30 และตารางภาคผนวก 3)

ค่า a* ของส้มในทุกกรรมวิธีเมื่อเก็บรักษาไว้นาน 21 วันพบว่าในทุกกรรมวิธีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาพบว่าผลส้มชุดควบคุมมีค่ามากที่สุด เท่ากับ 16.61 และผลส้มชุดที่ปลูกเชื้อแบบทำบาดแผลร่วมกับการรมก๊าซโอโซนมีค่า a* น้อยที่สุด คือ 13.29 แต่ทุกกรรมวิธีมีค่า a* ไม่แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %(ภาพ 31 และตารางภาคผนวก 3)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

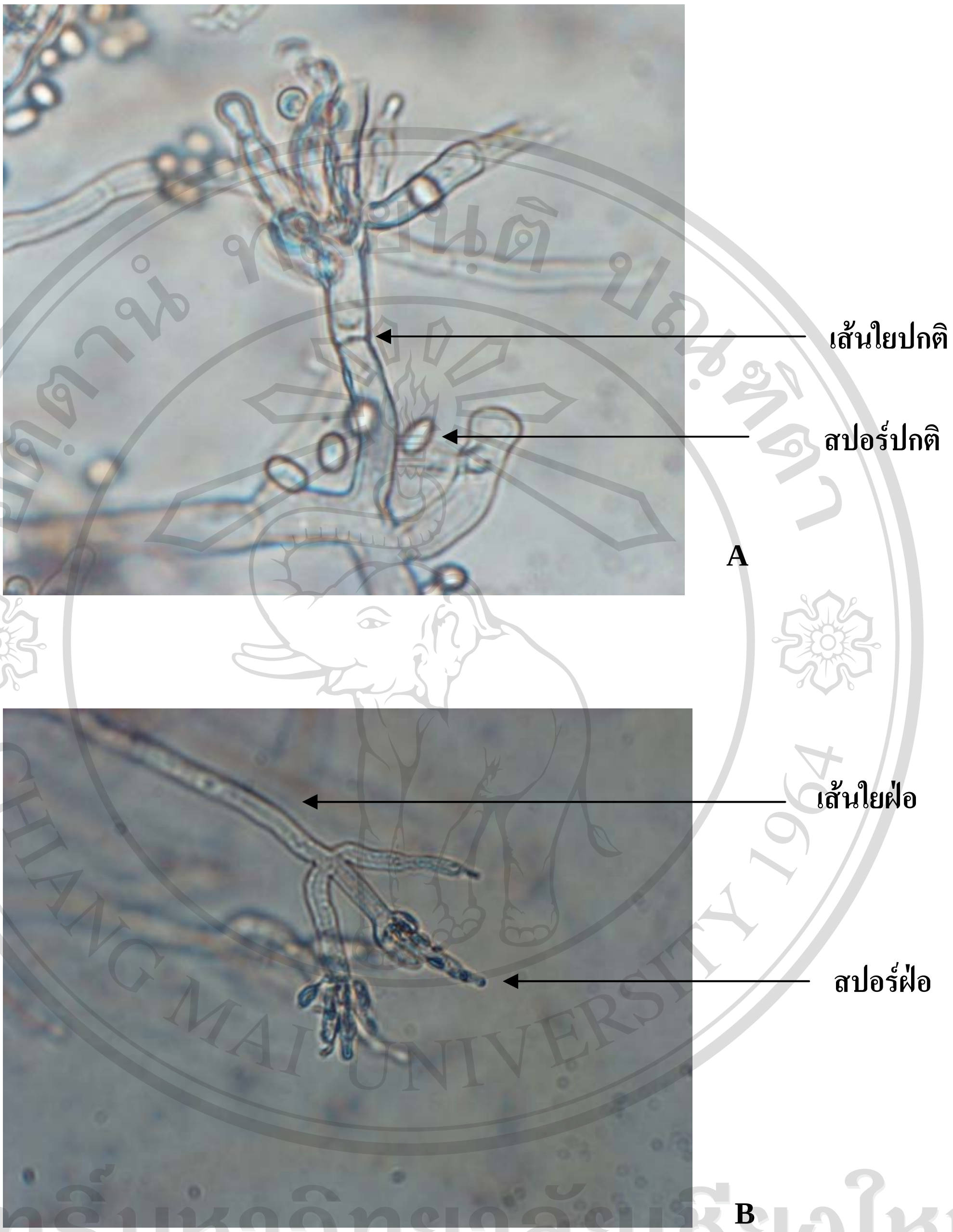
ค่า b* ของส้มในทุกกรรมวิธีเมื่อเก็บรักษาไว้นาน 21 วันพบว่าในทุกกรรมวิธีมี แนวโน้มลดลง พบว่าผลส้มปลูกเชื้อแบบทำบาดแผลร่วมกับการรมก๊าซโอโซนมีค่ามากที่สุด เท่ากับ 45.51 และชุดควบคุม มีค่าเท่ากับ 44.05 แต่ทุกกรรมวิธีมีค่า b* ไม่แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % (ภาพ 32 และตารางภาคผนวก 3)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพ 23 เส้นผ่านศูนย์กลางเชื้อ *Penicillium digitatum* เมื่อได้รับก๊าซโอโซน เป็นเวลา 30 นาที 1, 2 และ 4 ชั่วโมง เปรียบเทียบกับชุดควบคุมหลังจากบ่มที่อุณหภูมิ 27 °C เป็นเวลา 5 วัน

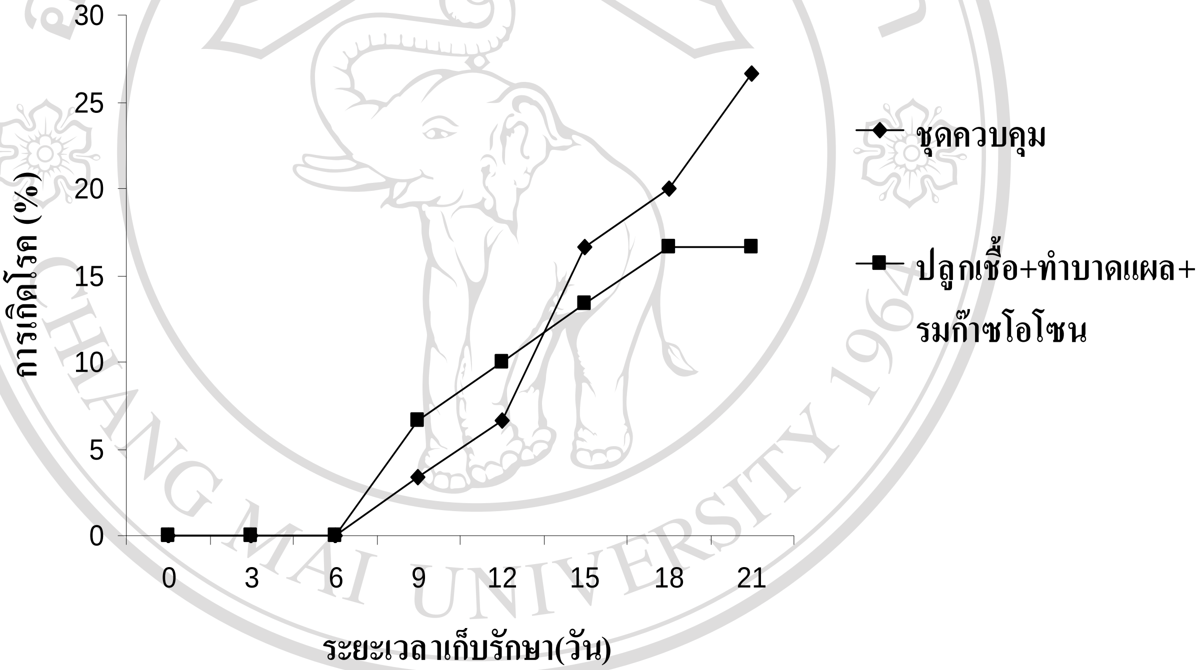
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University

ภาพ24 ลักษณะของเชื้อรา *Penicillium digitatum* ปกติ (A) และเชื้อราที่ผ่านการรมก๊าซโอโซน นาน 2 ชั่วโมง (B) ที่กำลังขยาย 40 X

All rights reserved



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University

ภาพ 25 เปอร์เซ็นต์การเกิดโรคของผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่ผ่านกรรมวิธีการรมด้วยโอโซนแล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5°C เป็นเวลา 21 วัน

All rights reserved

ปลูกเชื้อแบบทำบาดแผล
(ชุดควบคุม)

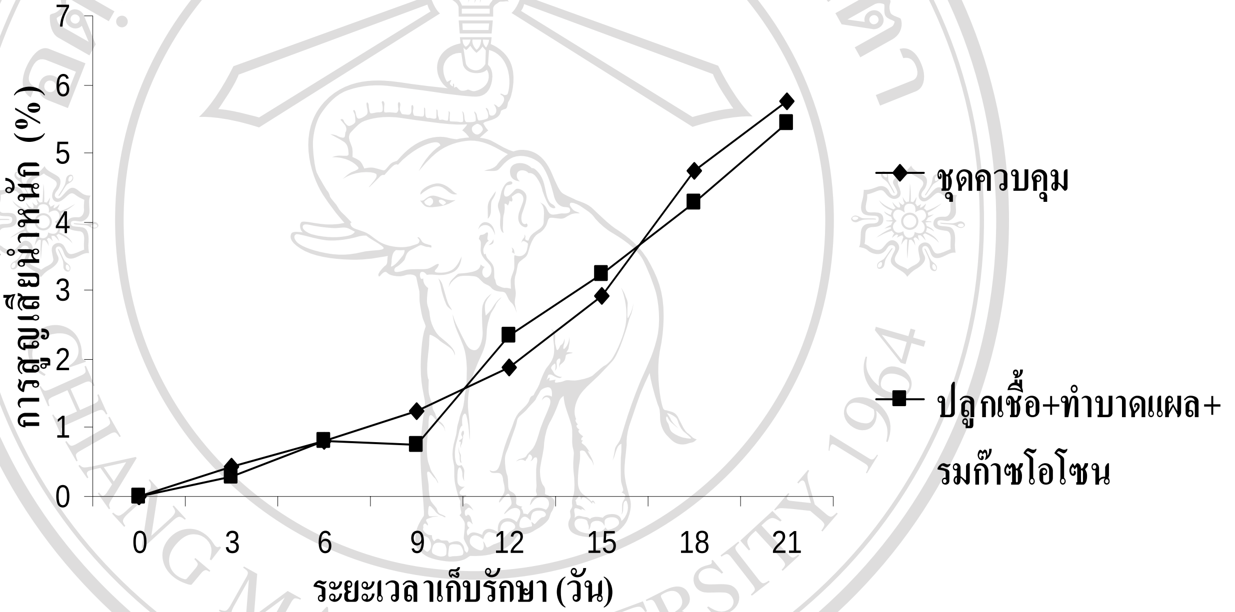
ปลูกเชื้อแบบทำบาดแผล และรมก๊าซโอโซน

ปลูกเชื้อแบบไม่ทำบาดแผล

ปลูกเชื้อแบบไม่ทำบาดแผล
และรมก๊าซโอโซน

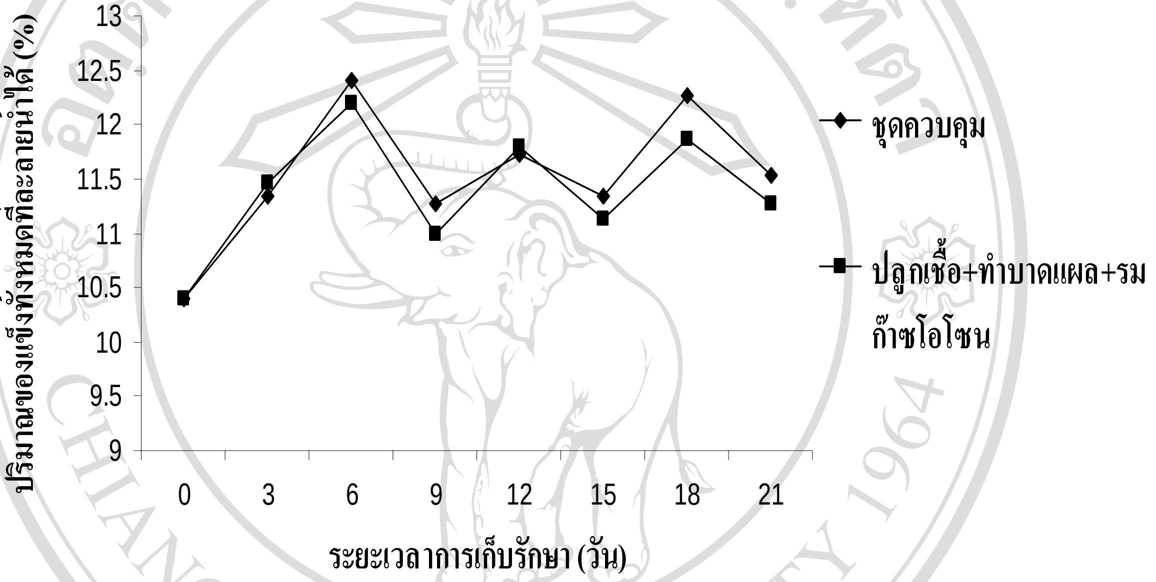
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาพ 26 แสดงอาการเกิดโรคของผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่ผ่านการรมด้วยโอโซนและเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5°C เป็นเวลา 21 วัน



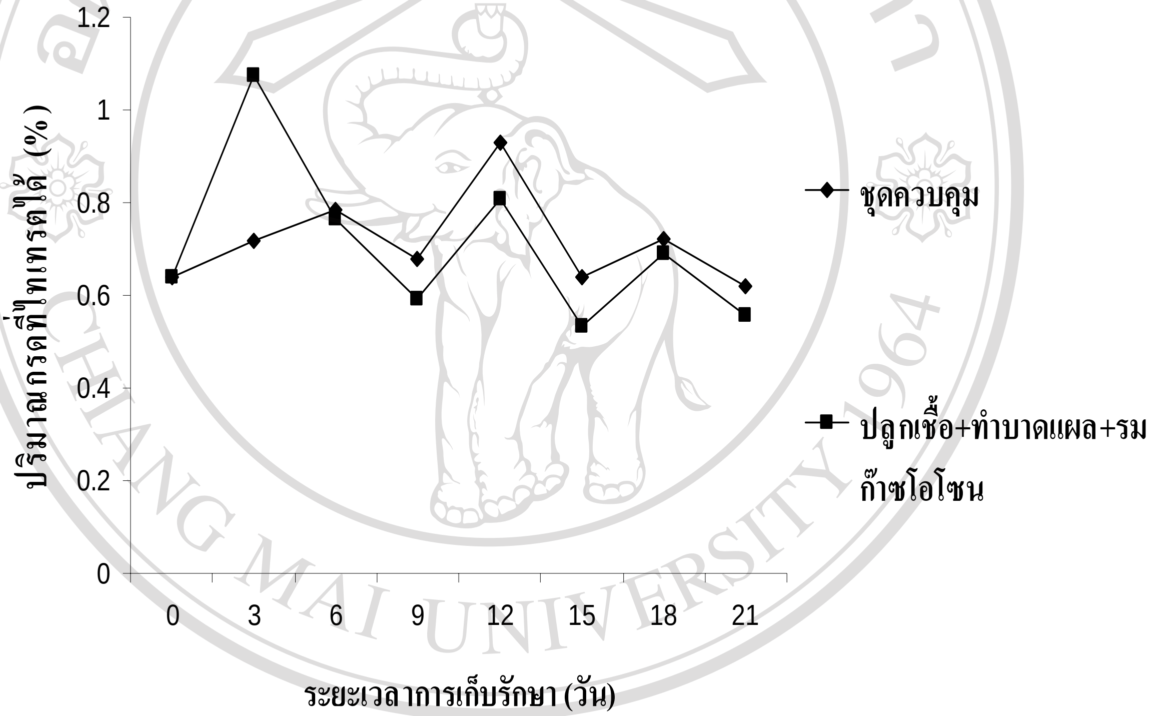
ภาพ 27 เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่ผ่านการรมด้วยโอโซนแล้วเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5°C เป็นเวลา 21 วัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved



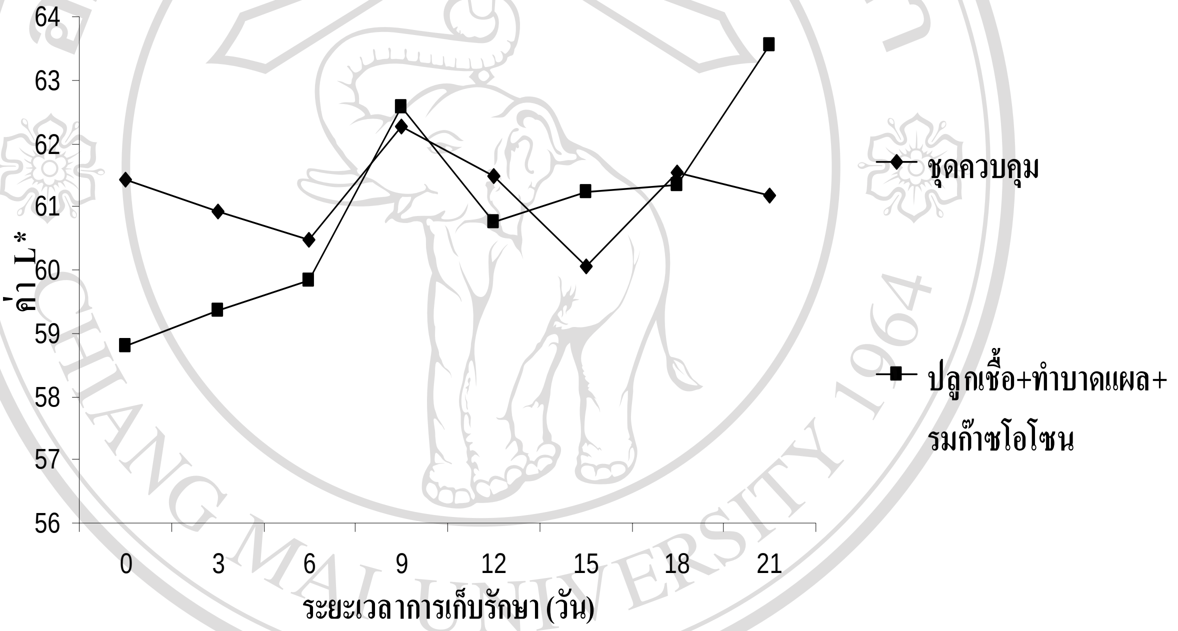
ภาพ 28 ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ (%) ของผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่ผ่านกรรมวิธี การรมด้วย โอโซนและเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5°C เป็นเวลา 21 วัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



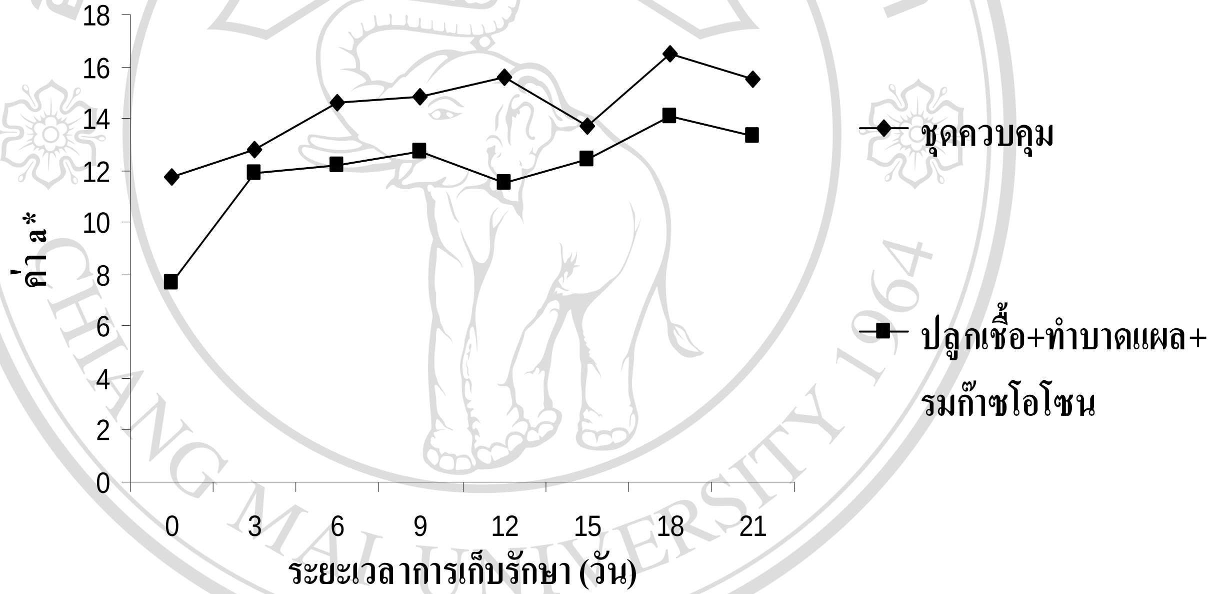
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาพ 29 ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ของผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่ผ่านกรรมวิธีการรมด้วยโอโซนและเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5°C เป็นเวลา 21 วัน



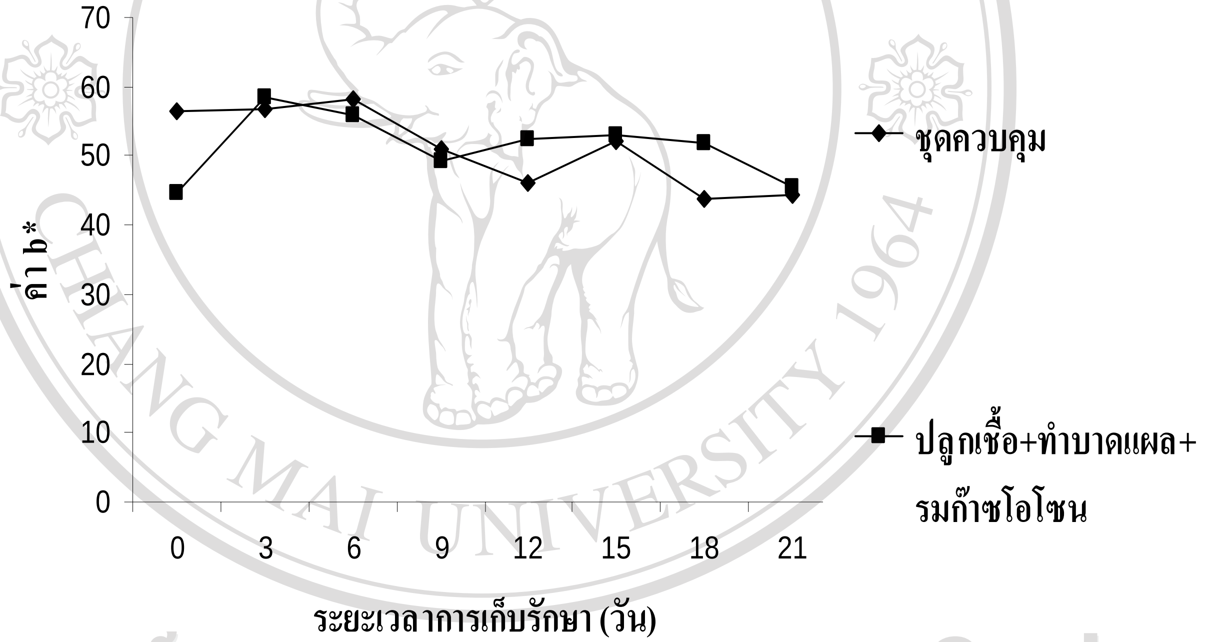
ภาพ 30 ค่า *L ของเปลือกส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่ผ่านการรมด้วยโอโซนและเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5°C เป็นเวลา 21 วัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพ 31 ค่า a* ของเปลือกส้มส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่ผ่านกรรมวิธีการรมด้วยโอโซนแล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5°C เป็นเวลา 21 วัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาพ 32 ค่า b* ของเปลือกส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่ผ่านกรรมวิธีการรมด้วยโอโซนแล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5°C เป็นเวลา 21 วัน

การทดลองที่ 4 การศึกษาผลของน้ำ EO ร่วมกับโอโซนต่อการควบคุมการเกิดโรคและคุณภาพของผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งหลังการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ

เปอร์เซ็นต์การเกิดโรค

เปอร์เซ็นต์การเกิดโรคเมื่อเก็บรักษาผลส้มที่อุณหภูมิ 5°C ในวันที่ 7 ของการเก็บรักษาพบการเกิดโรคในชุดควบคุมมีค่าเท่ากับ 3.33 % ซึ่งเริ่มมีการเจริญของเชื้อราเกิดขึ้นบริเวณรอบๆ ของบาดแผลที่ทำไว้ ในขณะที่ชุดที่แช่น้ำ EO ร่วมกับโอโซนทุกชุดการทดลองยังไม่พบการเกิดโรค เมื่อทำการเก็บรักษานานขึ้นในวันที่ 14 ชุดที่ได้รับน้ำ EO ร่วมกับโอโซนยังไม่พบการเกิดโรคในส้มเช่นเดียวกัน แต่ในวันที่ 21 พบการเพิ่มขึ้นของโรคในชุดควบคุม มีค่าเท่ากับ 6.66 % ส่วนชุดที่แช่น้ำ EO นาน 4 นาที มีการเกิดโรคเพิ่มเป็น 3.33 % ส่วนชุดการทดลองอื่นไม่พบการเกิดโรคเลย และเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 28 วัน มีการเกิดโรคเพิ่มขึ้นทั้งในชุดควบคุมและชุดทำบาดแผลร่วมกับแช่น้ำ EO ร่วมกับโอโซนนาน 4 นาทีซึ่งมีค่าเท่ากับ 10 % และ 6.66 % ตามลำดับ ส่วนกรรมวิธีอื่นๆ ไม่พบการเกิดโรคตลอดระยะเวลาเก็บรักษา ซึ่งทุกๆ กรรมวิธีจะมีการเกิดโรคไม่เกิน 10 % (ภาพ 33)

เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก

ผลส้มในทุกกรรมวิธีมีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้นเมื่อเก็บรักษานานขึ้น โดยผลส้มชุดควบคุมมีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักตลอดระยะเวลาเก็บรักษา 28 วัน มากที่สุดมีค่าเท่ากับ 15.8 % และชุดที่แช่น้ำ EO นาน 8 นาทีร่วมกับโอโซนมีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักตลอดระยะเวลาเก็บรักษา 28 วัน น้อยที่สุดมีค่าเท่ากับ 10.03 % ส่วนผลส้มในชุดกรรมวิธีอื่นๆ มีการสูญเสียน้ำหนักใกล้เคียงกันและไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % (ภาพ 34 และตารางภาคผนวก 4)

ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้

ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ทุกกรรมวิธีมีค่าเพิ่มขึ้นและลดลงเพียงเล็กน้อยตลอดระยะเวลาที่การเก็บรักษา 28 วัน โดยในช่วงแรกของการเก็บรักษาผลส้มชุดควบคุมมีการแนวโน้มเพิ่มขึ้นในขณะที่ผลส้มหลังจากแช่น้ำนาน 16 นาที ก่อนนำไปรมโอโซนมีแนวโน้มลดลงในวันที่ 14 ของการเก็บรักษา ผลส้มในทุกกรรมวิธีมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นและคงที่ในช่วงวันที่ 21 นอกจากนี้ในช่วงสุดท้ายของการเก็บรักษาจะเห็นได้ว่าปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้มีการ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

เปลี่ยนแปลงไม่มากนัก คือ จะอยู่ในช่วงระหว่าง 0.44 – 0.90 % ทั้งนี้ทุกกรรมวิธีไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % (ภาพ 35 และตารางภาคผนวก 4)

ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้

ปริมาณกรดที่ไทเทรตของผลส้มในทุกชุดการทดลองได้มีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยในช่วง 14 วันแรกของการเก็บรักษา แต่หลังจากนั้นค่าปริมาณกรดที่ไทเทรตได้มีแนวโน้มลดลงเรื่อยๆ จนถึงวันที่ 28 ของการเก็บรักษา แต่มีเพียงชุดที่แช่ผลส้มในน้ำ EO นาน 8 นาที ก่อนรมโอโซน ที่มีค่าปริมาณกรดที่ไทเทรตได้เพิ่มขึ้นในช่วงสุดท้ายของการเก็บรักษาอย่างไรก็ตามในทุกกรรมวิธีปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (ภาพ 36 และตารางภาคผนวก 4)

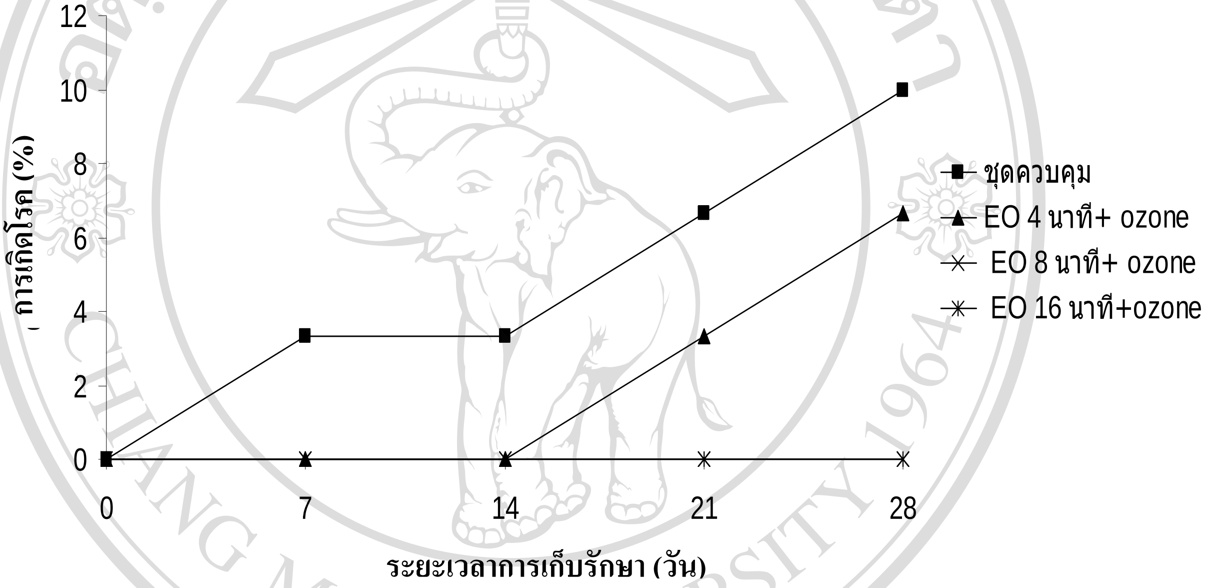
การเปลี่ยนแปลงสีเปลือกด้านนอก

การเปลี่ยนแปลงสีเปลือกด้านนอก โดยการวัดค่าความสว่างจากค่า L* ของเปลือกผลส้มตลอดระยะเวลาที่เก็บรักษา พบว่า ทุกกรรมวิธีมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นและลดลงในสัปดาห์สุดท้ายของการเก็บรักษาโดยชุดที่แช่น้ำ EO 8 นาทีก่อนรมโอโซนจะมีค่า L* มากที่สุด รองลงมาคือชุดที่แช่น้ำ EO 4 และ 16 นาที ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วงเดียวกัน ส่วนชุดควบคุมมีค่า L* น้อยที่สุด (ภาพ 37 และตารางภาคผนวก 4)

ค่า a* ของส้มในทุกกรรมวิธีมีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่องและเพิ่มขึ้นในสัปดาห์สุดท้ายของการเก็บรักษาซึ่งค่าที่วัดได้จะเป็นค่าลบแสดงว่าเปลือกผลส้มมีสีเขียวพบว่าผลส้มทุกชุดกรรมวิธีมีค่าไม่แตกต่างกันมากคือ 11.47 – 13.59 (ภาพ 38 และตารางภาคผนวก 4)

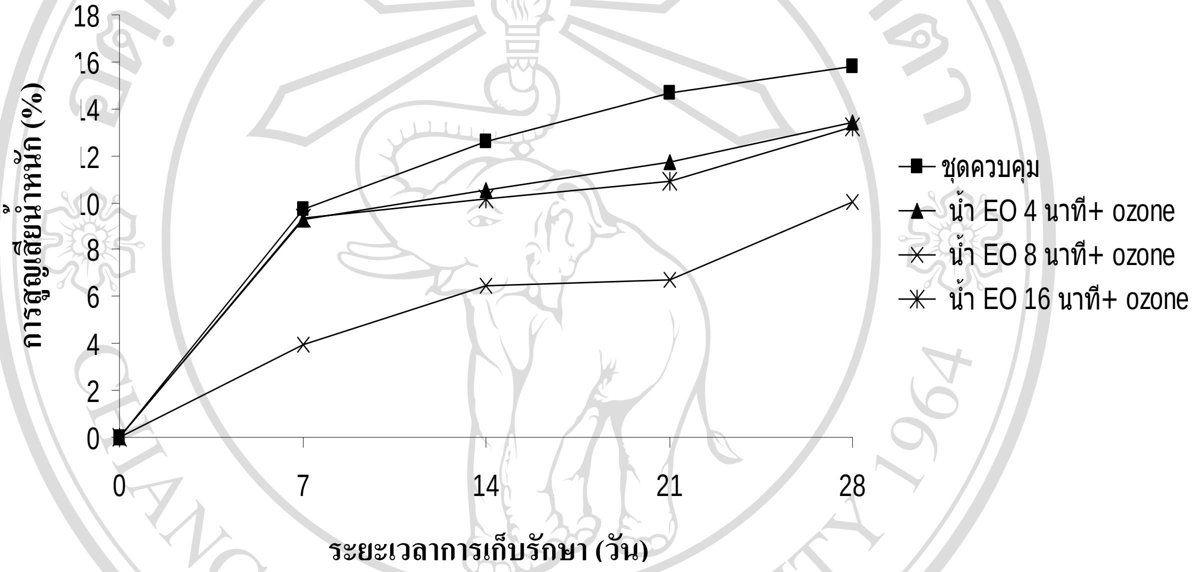
ค่า b* ของส้มในทุกกรรมวิธี มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นสูงในสัปดาห์สุดท้ายของการเก็บรักษาพบว่าผลส้มชุดแช่น้ำ EO นาน 8 นาที ก่อนรมโอโซนมีค่ามากที่สุด เท่ากับ 46.47 รองลงมาคือชุดควบคุม และแช่น้ำ EO นาน 4 นาที และแช่น้ำEO นาน 16 นาที ตามลำดับ (ภาพ 39 และตารางภาคผนวก 4)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



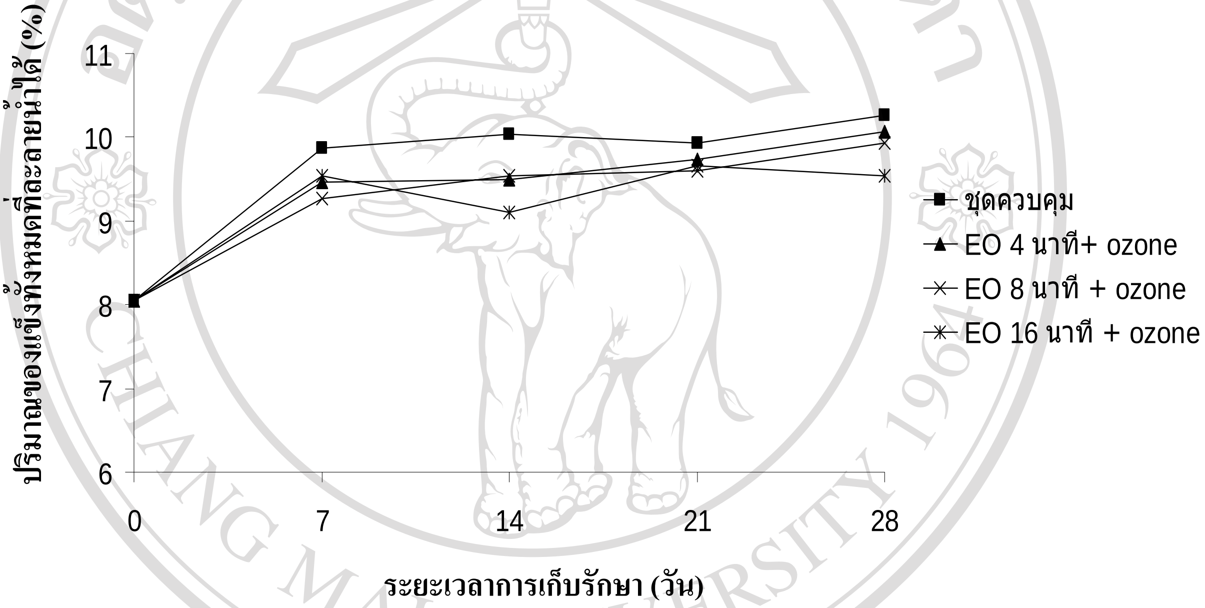
ภาพ 33 เปอร์เซ็นต์การเกิดโรคในผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งเมื่อแช่น้ำ EO ก่อนรมด้วยโอโซนแบบต่อเนื่อง ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 °C เป็นเวลา 28 วัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



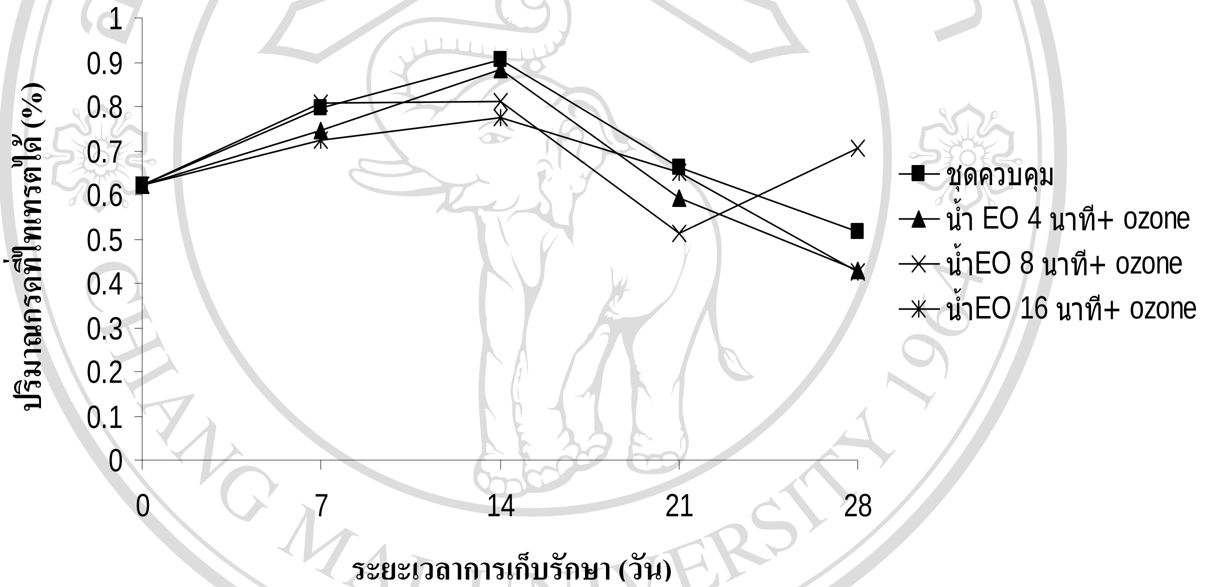
ภาพ 34 เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักในผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งเมื่อแช่น้ำ EO ก่อนรมด้วยโอโซนแบบต่อเนื่อง ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 °C เป็นเวลา 28 วัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



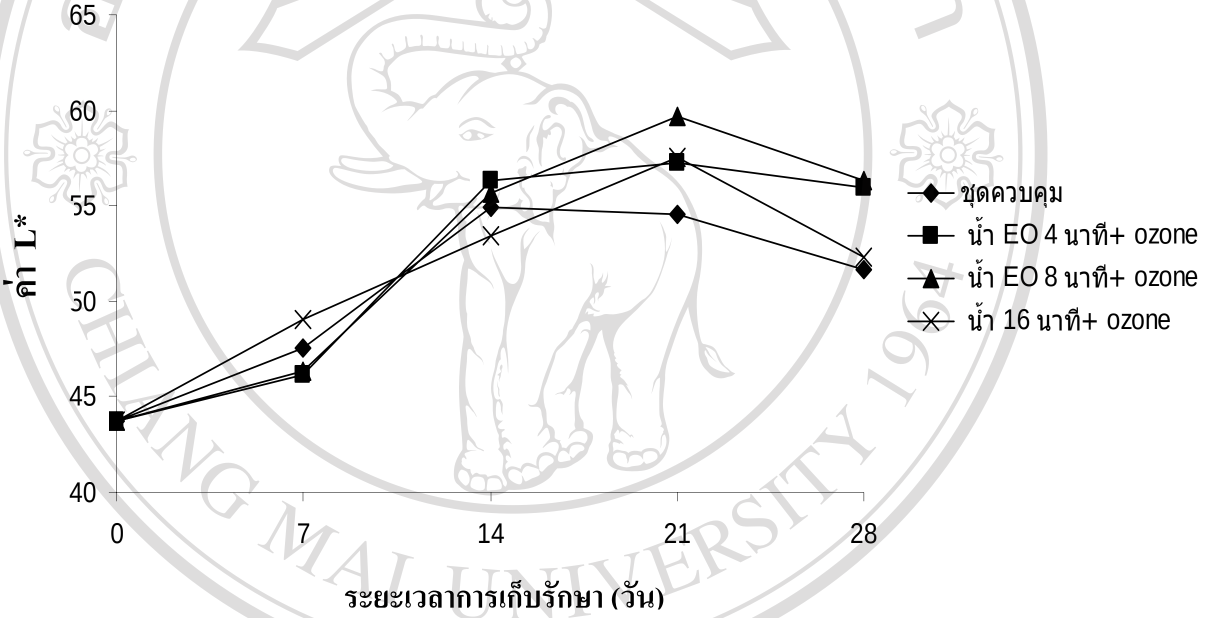
ภาพ 35 ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ (%) ในผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งเมื่อแช่น้ำ EO ก่อนรมด้วยโอโซนแบบต่อเนื่อง ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 °C เป็นเวลา 28 วัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



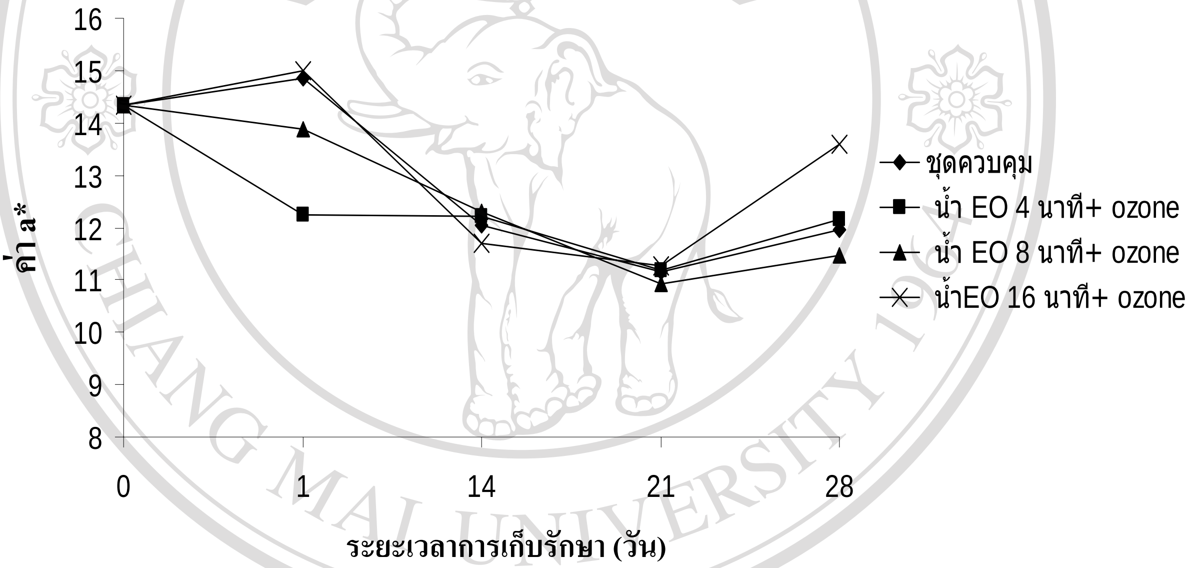
ภาพ 36 ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (%) ในผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งเมื่อแช่น้ำ EO ก่อนรมด้วยโอโซนแบบต่อเนื่อง ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 °C เป็นเวลา 28 วัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



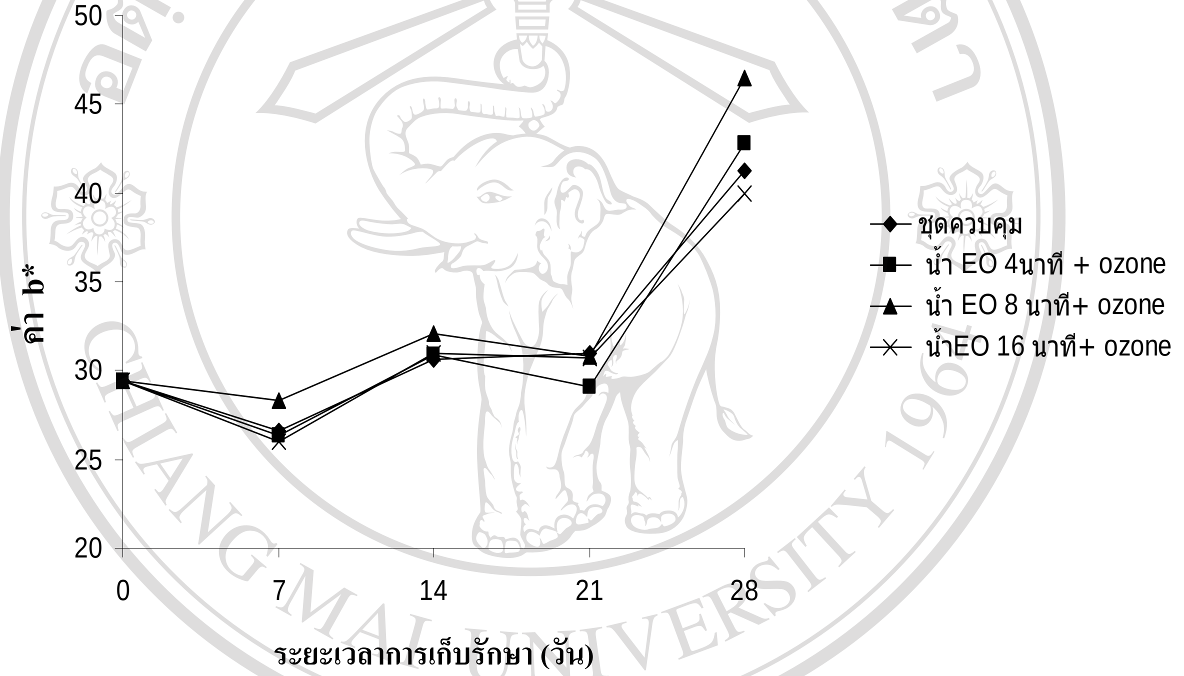
ภาพ 37 ค่า L* ของเปลือกผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งเมื่อแช่น้ำ EO ก่อนรมด้วยโอโซนแบบต่อเนื่อง ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5°C เป็นเวลา 28 วัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพ 38 ค่า a* ของเปลือกผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งเมื่อแช่น้ำ EO ก่อนรมด้วยโอโซนแบบต่อเนื่อง ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 °C เป็นเวลา 28 วัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพ 39 ค่า b* ของเปลือกผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งเมื่อแช่น้ำ EO ก่อนรมด้วยโอโซนแบบต่อเนื่อง ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 °C เป็นเวลา 28 วัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved