บทที่ 4

ผลและการอภิปรายผลการทดลอง

<u>**การทดลองที่ 1**</u>

การทดสอบหาความเข้มข้นของไคโตซานพอลิเมอร์ที่เหมาะสมในการยับยั้งการเจริญของเชื้อ *Lasiodiplodia* sp. ในสภาพ *in vitro*

จากการทดสอบประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเชื้อ *Lasiodiplodia* sp. ที่เจริญบนอาหารผสม Potato Dextrose Agar (PDA) กับสารละลายไคโตซานที่ความเข้มข้น 0.05, 0.25, 0.5 และ 1 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเชื้อเจริญมีอายุ 3 วัน พบว่า ไคโตซานความเข้มข้น 0.5 และ 1 เปอร์เซ็นต์ สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อ *Lasiodiplodia* sp. ได้ 100 เปอร์เซ็นต์ โดยไม่พบการเจริญของเชื้อบนอาหาร PDA ผสมไคโตซานความเข้มข้นดังกล่าว ส่วนความเข้มข้น 0.05 และ 0.25 เปอร์เซ็นต์ สามารถยับยั้งเชื้อได้รองลงมา มีเปอร์เซ็นต์การยับยั้งเท่ากับ 65.41 และ 86.52 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม (ตาราง 4.1 และ ภาพ 4.1)

การต่อต้านเชื้อจุลินทรีย์ของไคโตซาน เกิดจากปฏิกิริยาระหว่างประจุบวกบนโมเลกุลของไคโตซานที่ตำแหน่งคาร์บอนตัวที่ 2 ของ glucosamine monomer กับประจุลบบน cell membrane ของจุลินทรีย์ ซึ่งนำไปสู่การแตกของผนังเซลล์ ที่มีองค์ประกอบของเซลล์ส่วนใหญ่เป็นสารพวกโปรตีน จึงทำให้จุลินทรีย์ตาย นอกจากนี้ไคโตซานยังเป็นสารพวก chelating agent ที่สามารถเกาะติดกับโลหะที่จำเป็นในเซลล์ของจุลินทรีย์ ซึ่งนำไปสู่การขัดขวางการผลิตสารพิษและขัดขวางการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์เหล่านั้น และพบว่ามีการเกิดพันธะทางเคมีระหว่างไคโตซานกับ DNA และการขัดขวางกระบวนการสังเคราะห์ mRNA เกิดขึ้น เมื่อไคโตซานซึมเข้าไปอยู่ในนิวเคลียสของจุลินทรีย์ ทำให้จุลินทรีย์ไม่สามารถสร้างโปรตีน จึงทำให้หยุดการเจริญเติบโตและตายในที่สุด (Shahidi *et al*., 1999)

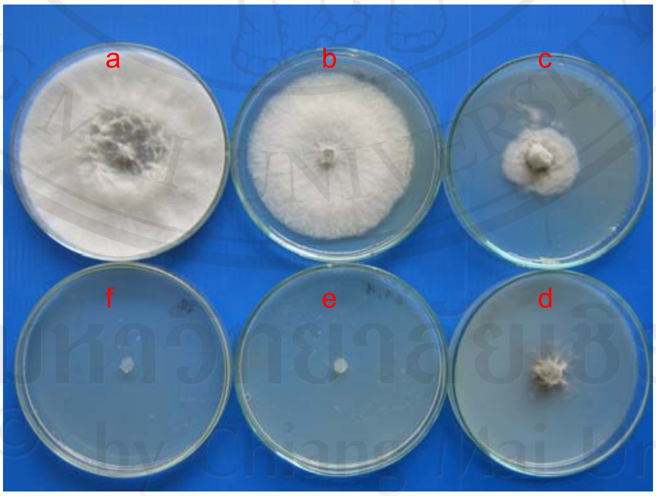
จากการทดลองแสดงให้เห็นว่า ไคโตซานพอลิเมอร์ความเข้มข้น 0.5 และ 1 เปอร์เซ็นต์ สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อ *Lasiodiplodia* sp. ได้เช่นเดียวกับ Shepherd (1997) ที่ศึกษาการเคลือบไคโตซาน 1, 2 และ 4 เปอร์เซ็นต์ ในแครอทพบว่า สามารถลดเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคเน่าจากเชื้อ *Sclerotina sclerotiorum* 88 เปอร์เซ็นต์ เหลือเพียง 18 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.1 เปอร์เซ็นต์ยับยั้งการเจริญของเชื้อ *Lasiodiplodia* sp. ด้วยไคโตซานพอลิเมอร์ เมื่อเชื้อมีอายุ 3 วัน

วิธีการ	เปอร์เซ็นต์การยับยั้งการเจริญของเชื้อ ***Lasiodiplodia* sp.**
PDA +ไคโตซาน 1%	100[a]
PDA +ไคโตซาน 0.5%	100[a]
PDA +ไคโตซาน 0.25%	86.52[b]
PDA +ไคโตซาน 0.05%	65.41[c]
PDA +กรดอะซิติก 1% (control)	0.87[d]
$LSD_{0.05}$	1.27
CV (%)	4.42

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ย 12ซ้ำและตัวอักษรที่ตามหลังค่าเฉลี่ยที่แตกต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์



ภาพ 4.1 ลักษณะการเจริญของเชื้อ *Lasiodiplodia* sp. บนอาหารผสมไคโตซานพอลิเมอร์ เมื่อเชื้อมีอายุ 3 วัน

a = PDA　　b = acetic acid 1 เปอร์เซ็นต์ (control)

c = ไคโตซานความเข้มข้น 0.05 เปอร์เซ็นต์　　d = ไคโตซานความเข้มข้น 0.25 เปอร์เซ็นต์

e = ไคโตซานความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์　　f = ไคโตซานความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ชุดควบคุม ซึ่งสอดคล้องกับ เกศนรี (2544) ที่ศึกษาพบว่า ระดับความเข้มข้นและพีเอชที่เหมาะสมของไคโตซาน คือ 3200 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร พีเอช 4.5 สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *Colletotrichum gloeosporioides* โดยลดขนาดโคโลนีของเชื้อราได้มากกว่าร้อยละ 85 เช่นเดียวกับ ธวัชและสมศิริ (2546) ได้ทำการศึกษาที่ระดับความเข้มข้น 800 µl/ml pH 4.5 สามารถยับยั้งการงอกสปอร์ของเชื้อรา *Colletotrichum gloeosporoides* ที่ปลูกเชื้อบนผลมะม่วงได้ 100 เปอร์เซ็นต์ และ El-Ghaout *et al.* (1991) ศึกษา พบว่า ไคโตซานมีผลในการยับยั้งการงอกของสปอร์เชื้อและการเจริญของเชื้อในอาหารเลี้ยงเชื้อ ดังนั้น ไคโตซานพอลิเมอร์ที่ระดับความเข้มข้น 0.5 และ 1 เปอร์เซ็นต์ ในอาหารผสม PDA สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อ *Lasiodipdia* sp. ได้ดีที่สุด

<u>การทดลองที่ 2</u> ผลของสารเคลือบผิวไคโตซานพอลิเมอร์ต่อกิจกรรมเอนไซม์ไคติเนสในลำไยพันธุ์ดอหลังการเก็บเกี่ยว

จากการทดสอบผลลำไยที่เคลือบผิวด้วยสารละลายไคโตซานที่ความเข้มข้น 0.5 และ 1 เปอร์เซ็นต์ และไม่ปลูกเชื้อ นำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 วัน พบว่า ในวันที่ 4 ของการเก็บรักษา ผลลำไยที่เคลือบผิวด้วยสารละลายไคโตซานทั้งสองความเข้มข้น (0.5 และ 1 เปอร์เซ็นต์) และสารละลายกรดอะซิติก ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ ทั้งสามวิธีการมีกิจกรรมเอนไซม์ไคติเนสไม่แตกต่างกัน แต่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ กับผลลำไยไม่เคลือบผิว ซึ่งพบว่ามีค่ากิจกรรมของเอนไซม์ไคติเนสมากที่สุด เท่ากับ 325.95 หน่วยเอนไซม์ต่อมิลลิกรัมโปรตีน (unit/mg) ในวันที่ 2, 6, 8, 10 และ 12 ของการเก็บรักษา ทุกวิธีการทดลอง กิจกรรมของเอนไซม์ไคติเนส มีค่าเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา โดยค่ากิจกรรมของเอนไซม์ไคติเนสที่เพิ่มขึ้น อาจเนื่องมาจากปริมาณของเชื้อที่มีการเพิ่มมากขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา ซึ่งเชื้อรานั้นมีเอนไซม์ไคติเนสเป็นองค์ประกอบของผนังเซลล์ (Shaikh and Deshpanade, 1993) และกิจกรรมของเอนไซม์ไคติเนสในแต่ละวิธีการ ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาเดียวกัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ผลลำไยที่ปลูกเชื้อ *Lasiodiplodia* sp. แล้วเคลือบผิวด้วยสารละลายไคโตซานที่ความเข้มข้น 0.5 และ 1 เปอร์เซ็นต์ แล้วนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 วัน พบว่า ในวันที่ 2 ของการเก็บรักษา ผลลำไยที่ปลูกเชื้อและเคลือบผิวด้วยสารละลายไคโตซาน มีค่ากิจกรรมเอนไซม์ไคติเนสแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ กับผลลำไยที่ปลูกเชื้อและเคลือบผิวด้วยสารละลายกรดอะซิติก ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ และผล

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright by Chiang Mai University
All rights reserved

ลำไยที่ผ่านการปลูกเชื้อแล้วไม่เคลือบผิว แต่ในวันที่ 4, 6, 8, 10 และ 12 พบว่าทุกวิธีการทดลอง กิจกรรมของเอนไซม์ไคติเนสมีค่าเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้น และกิจกรรมของเอนไซม์ไคติเนสในแต่ละวิธีการ ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาเท่ากันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ผลของลำไยที่ไม่ปลูกเชื้อและปลูกเชื้อ *Lasiodiplodia* sp. แล้วเคลือบผิวด้วยไคโตซานพอลิเมอร์ 0.5 และ 1 เปอร์เซ็นต์ และไม่เคลือบผิว เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 วัน พบว่า เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 8 วัน ผลลำไยที่ปลูกเชื้อและเคลือบผิวด้วยไคโตซาน ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ มีกิจกรรมเอนไซม์ไคติเนส 220.44 unit/mg ซึ่งมีค่ามากกว่าลำไยที่ไม่ปลูกเชื้อและเคลือบผิวด้วยไคโตซาน ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ มีกิจกรรมเอนไซม์ไคติเนส 153.94 unit/mg เช่นเดียวกับผลลำไยที่ปลูกเชื้อและเคลือบผิวด้วยไคโตซาน ความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ มีกิจกรรมเอนไซม์ไคติเนส 228.23 unit/mg ซึ่งมีค่ามากกว่าลำไยที่ไม่ปลูกเชื้อและเคลือบผิวด้วยไคโตซาน ความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ มีกิจกรรมเอนไซม์ไคติเนส 123.87 unit/mg และผลลำไยที่ปลูกเชื้อและเคลือบผิวด้วยกรดอะซิติก ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ มีกิจกรรมเอนไซม์ไคติเนส 256.41 unit/mg ซึ่งมีค่ามากกว่าผลลำไยที่ไม่ปลูกเชื้อและเคลือบผิวด้วยกรดอะซิติก ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ มีกิจกรรมเอนไซม์ไคติเนส 139.16 unit/mg ส่วนลำไยที่ปลูกเชื้อและไม่เคลือบผิว มีกิจกรรมเอนไซม์ไคติเนส 342.85 unit/mg ซึ่งมีค่ามากกว่าผลลำไยที่ไม่ปลูกเชื้อและไม่เคลือบผิว มีกิจกรรมเอนไซม์ไคติเนส 225.78 unit/mg ในวันที่ 10 พบว่า ผลลำไยที่ปลูกเชื้อและเคลือบผิวด้วยไคโตซาน ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ มีกิจกรรมเอนไซม์ไคติเนส 1810.66 unit/mg ซึ่งมีค่ามากกว่าผลลำไยที่ไม่ปลูกเชื้อและเคลือบผิวด้วยไคโตซาน ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ มีกิจกรรมเอนไซม์ไคติเนส 533.33 unit/mg เช่นเดียวกับผลลำไยที่ปลูกเชื้อและเคลือบผิวด้วยไคโตซาน ความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ มีกิจกรรมเอนไซม์ไคติเนส 2319.65 unit/mg ซึ่งมีค่ามากกว่าผลลำไยที่ไม่ปลูกเชื้อและเคลือบผิวด้วยไคโตซาน ความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ มีกิจกรรมเอนไซม์ไคติเนส 1189.07 unit/mg และผลลำไยที่ปลูกเชื้อและเคลือบผิวด้วยกรดอะซิติก ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ มีกิจกรรมเอนไซม์ไคติเนส 2007.06 unit/mg ซึ่งมีค่ามากกว่าผลลำไยที่ไม่ปลูกเชื้อและเคลือบผิวด้วยกรดอะซิติก ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ มีกิจกรรมเอนไซม์ไคติเนส 1305.83 unit/mg ส่วนลำไยที่ปลูกเชื้อและไม่เคลือบผิว มีกิจกรรมเอนไซม์ไคติเนส 1881.13 unit/mg ซึ่งมีค่ามากกว่าผลลำไยที่ไม่ปลูกเชื้อและไม่เคลือบผิวมีกิจกรรมเอนไซม์ไคติเนส 977.48 unit/mg ในเวลาการเก็บรักษาวันที่ 2, 4, 6 และ 12 มีการเปลี่ยนแปลงของกิจกรรมเอนไซม์ไคติเนสของลำไยที่ปลูกเชื้อและเคลือบผิวในวิธีการเดียวกัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ไคติเนสเป็นเอนไซม์ที่พบในสิ่งมีชีวิตพวกจุลินทรีย์ พืช และสัตว์ ซึ่งอาจมีการสร้างเอนไซม์นี้ขึ้นภายในเซลล์ตลอดเวลาในระดับที่ต่ำที่เรียกว่า constitutive enzyme หรือต้องมีตัวชักนำในการสร้างเอนไซม์เสียก่อน ซึ่งเรียกว่า inductive enzyme (Jeuniaux, 1996)

จากการทดลองแสดงให้เห็นว่า เมื่อทำการเก็บลำไยพันธุ์ดอที่ไม่ปลูกเชื้อที่ 10 องศาเซลเซียส กิจกรรมของเอนไซม์ไคติเนสจะเพิ่มขึ้น ตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้น ค่ากิจกรรมเอนไซม์ไคติเนสของลำไยที่เคลือบผิวด้วยไคโตซานความเข้มข้น 1 และ 0.5 เปอร์เซ็นต์ กรดอะซิติก 1 เปอร์เซ็นต์ และไม่เคลือบผิว ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ และลำไยที่ปลูกเชื้อมีแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของกิจกรรมเอนไซม์ไคติเนส เช่นเดียวกับลำไยที่ไม่ปลูกเชื้อ โดยเมื่อการเก็บรักษานานขึ้น จะมีกิจกรรมของเอนไซม์ไคติเนสเพิ่มขึ้นด้วย และในวิธีการเดียวกัน ผลลำไยที่ปลูกเชื้อ จะมีกิจกรรมเอนไซม์ไคติเนสมากกว่าผลลำไยที่ไม่ปลูกเชื้อ จะเห็นได้ว่า การเพิ่มปริมาณของเอนไซม์ไคติเนส หรือการมีค่ากิจกรรมของเอนไซม์ไคติเนสที่เพิ่มขึ้น ตามระยะเวลาการเก็บรักษา เนื่องมาจากปริมาณของเชื้อที่เพิ่มมากขึ้น โดยเชื้อราต่างๆ มีการสร้างเอนไซม์ไคติเนสขึ้นในผนังเซลล์ (Shaikh and Deshpanade, 1993) และไคโตซานไม่สามารถเพิ่มหรือชักนำให้ลำไยหลังเก็บเกี่ยวสร้างเอนไซม์ไคติเนส หรือรักษาระดับเอนไซม์ไคติเนสได้มากกว่าชุดควบคุม เช่นเดียวกับ El-Ghaout *et al.* (1991) การเคลือบผิวสตรอเบอรี่ด้วยไคโตซาน 1.0 และ 1.5 เปอร์เซ็นต์ พบว่า ไคโตซานสัมพันธ์กับคุณสมบัติการเป็นตัวยับยั้งเชื้อรามากกว่าความสามารถในการกระตุ้นการทำงานของ chitinase, chitosanase และ β-1, 3-glucanase ซึ่งไคโตซานมีผลในการยับยั้งการงอกของสปอร์เชื้อและการเจริญของเชื้อ *Botrytis cinerea* และ *Rhizopus stolonifer* ในอาหารเลี้ยงเชื้อ แต่ไม่สามารถกระตุ้นกิจกรรมของเอนไซม์ทั้งสามให้เพิ่มขึ้นได้ ต่างจากพิมพ์ใจ (2538) ที่ศึกษาพบว่า ผลสตรอเบอรี่ที่ปลูกเชื้อด้วยสปอร์ของเชื้อรา *Rhizopus* sp. ความเข้มข้น 3×10^5 สปอร์/มิลลิลิตร และเคลือบผิวด้วยไคโตซานความเข้มข้น 1.5 เปอร์เซ็นต์ แล้วนำไปเก็บที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 81 เปอร์เซ็นต์ มีการเน่าเสียน้อยกว่าและมีกิจกรรมของเอมไซม์ไคติเนสสูงกว่าผลสตรอเบอรี่ที่ปลูกเชื้อ แต่ไม่ได้เคลือบผิว และต่างจาก Zhang and Quantick (1998) ที่ได้ทำการเคลือบผลสตรอเบอรี่สดและราสเบอรี่ด้วยไคโตซาน พบว่าไคโตซานสามารถเพิ่ม chitinase และ ß-1,3 glucanase เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุมที่ไม่ได้เคลือบผิว (ตาราง 4.2 และภาพ 4.2)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.2 กิจกรรมของเอนไซม์ไคติเนส (unit/mg) ในลำไยพันธุ์ดอ ที่ปลูกเชื้อ *Lasiodiplodia* sp. และที่ไม่ปลูกเชื้อแล้วเคลือบผิวด้วยไคโตซานพอลิเมอร์ 0.5 และ 1 เปอร์เซ็นต์ และไม่เคลือบผิว เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 วัน

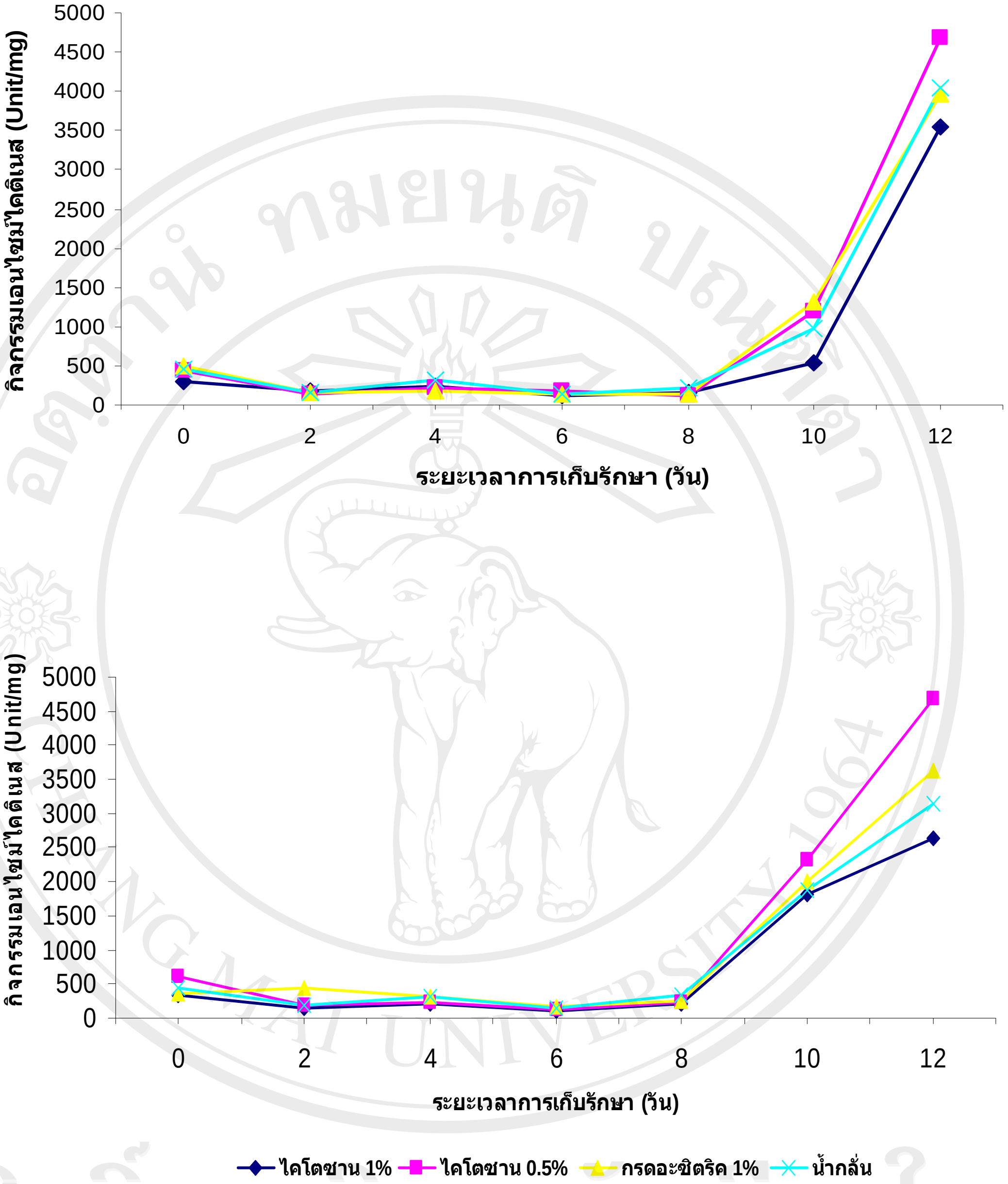
วิธีการ		กิจกรรมของเอนไซม์ไคติเนส (Unit/mg) ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)						
		0	**2**	**4**	**6**	**8**	**10**	**12**
ไม่ปลูกเชื้อ	ไคโตซาน 1%	308.29^{b}	170.62^{bcd}	242.38^{bc}	118.68	153.94^{cd}	533.33^{e}	3548.85
	ไคโตซาน 0.5%	430.61^{ab}	145.08^{d}	209.94^{c}	177.05	123.87^{d}	1189.07^{de}	4689.70
	กรดอะซิตริค 1%	500.79^{b}	166.85^{cd}	175.67^{c}	148.86	139.16^{d}	1305.83^{bcd}	3967.76
	น้ำกลั่น	450.22^{ab}	151.83^{d}	325.95^{a}	138.78	225.78^{bc}	977.48^{de}	4041.62
ปลูกเชื้อ	ไคโตซาน 1%	331.59^{b}	142.89^{d}	201.85^{c}	111.57	220.44^{bc}	1810.66^{abc}	2643.35
	ไคโตซาน 0.5%	612.76^{ab}	192.59^{bc}	240.36^{bc}	133.28	228.23^{bc}	2319.65^{a}	4689.70
	กรดอะซิติก 1%	354.85^{ab}	443.73^{a}	316.81^{ab}	177.32	256.41^{b}	2007.06^{ab}	3636.13
	น้ำกลั่น	449.57^{ab}	198.36^{b}	313.19^{ab}	143.98	342.85^{a}	1881.13^{abc}	3141.69
LSD$_{0.05}$		227.79	30.61	77.90	ns	80.77	734.29	ns
CV(%)		18.62	8.78	17.77	15.51	22.08	28.22	23.15

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ย 8 ซ้ำ ตัวอักษรที่ตามหลังค่าเฉลี่ยที่แตกต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

a

b



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาพ 4.2 กิจกรรมของเอมไซม์ไคติเนส ในลำไยพันธุ์ดอ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 วัน

a = ไม่ปลูกเชื้อ *Lasiodiplodia* sp. แล้วเคลือบผิวด้วยไคโตซานพอลิเมอร์ 0.5 และ 1% และไม่เคลือบผิว

b = ปลูกเชื้อ *Lasiodiplodia* sp. แล้วเคลือบผิวด้วยไคโตซานพอลิเมอร์ 0.5 และ 1% และไม่เคลือบผิว

<u>การทดลองที่ 3</u> ผลของการเคลือบผิวไคโตซานพอลิเมอร์ต่อการสร้างสารต้านเชื้อราของลำไยพันธุ์ดอ หลังการเก็บเกี่ยว

ผลลำไยที่เคลือบผิวด้วยไคโตซานพอลิเมอร์ที่ความเข้มข้น 0.5 และ 1 เปอร์เซ็นต์ จากการนำผลลำไยทดสอบสารต้านเชื้อราด้วยวิธีการหยดสารสกัดหยาบลงบน paper disc เพื่อตรวจสอบสารต้านเชื้อรา ที่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อ *Lasiodiplodia* sp. พบว่าที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่างๆ ทุกวิธีการทดลองและทุกระดับความเข้มข้นของสารสกัดหยาบจากเปลือกลำไย ไม่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อ *Lasiodiplodia* sp. โดยไม่พบบริเวณการยับยั้ง (clear zone) รอบกระดาษกรองที่หยดสารสกัด เช่นเดียวกับชุดควบคุม (ภาพ 4.3)

จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า ผลลำไยหลังการเก็บเกี่ยว ทุกวิธีการทดลองจะไม่พบการเกิดสารต้านเชื้อรา อาจจะเนื่องจากความสามารถต้านเชื้อราในพืชนั้นขึ้นอยู่กับความบริบูรณ์ของพืช ถ้าผลผลิตที่ยังไม่บริบูรณ์จะมีความสามารถในการสร้างสารต้านเชื้อราสูงกว่าผลที่บริบูรณ์แล้ว (จริงแท้, 2544) อีกทั้งพืชที่เก็บเกี่ยวมาแล้วเริ่มมีความอ่อนแอ เกิดการเสื่อมสภาพ และการสร้างสารต้านเชื้อต่างๆ เริ่มลดน้อยลง (สายชล, 2528)

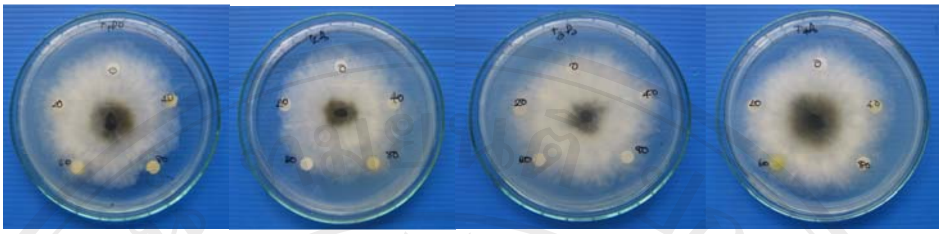
<u>การทดลองที่ 4</u> ศึกษาสารเคลือบผิวไคโตซานพอลิเมอร์ต่อการเปลี่ยนแปลงสีเปลือกนอก คุณภาพด้านประสาทสัมผัสและการเก็บรักษาของลำไยหลังการเก็บเกี่ยว

4.1 เปอร์เซ็นต์การเกิดโรค

เมื่อทำการเก็บลำไยที่ผ่านการเคลือบผิวด้วยไคโตซานความเข้มข้น 0.5 และ 1 เปอร์เซ็นต์ ที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส พบว่า เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 12 วัน และ 15 วัน จะพบการเจริญของเชื้อราที่สามารถสังเกตได้ โดยผลลำไยที่ผ่านการเคลือบผิวด้วยไคโตซาน 1 เปอร์เซ็นต์ มีเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคในวันที่ 12 และวันที่ 15 เท่ากับ 12.5 และ 81.25 ตามลำดับ ผลลำไยที่ผ่านการเคลือบผิวด้วยไคโตซาน 0.5 เปอร์เซ็นต์ มีเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคในวันที่ 12 เท่ากับ 12.5 และในวันที่ 15 เปอร์เซ็นต์การเกิดโรคเท่ากับ 75 ส่วนผลลำไยที่ผ่านการเคลือบผิวด้วยกรดอะซิติก 1 เปอร์เซ็นต์ มีเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคในวันที่ 12 และวันที่ 15 เท่ากับ 12.5 และ 78.13 ตามลำดับ และผลลำไยที่ไม่เคลือบผิวมีเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคในวันที่ 12 เท่ากับ 25 และในวันที่ 15 เปอร์เซ็นต์การเกิดโรคเท่ากับ 96.88 (ตาราง 4.3)

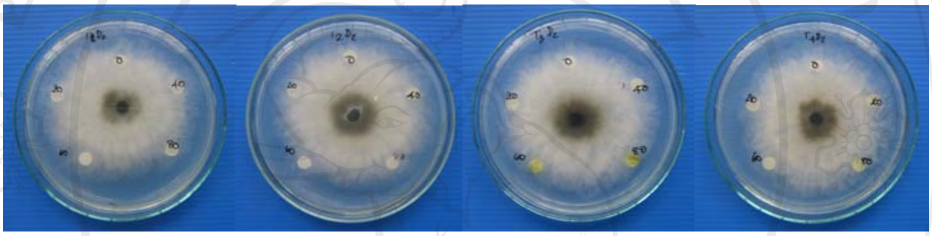
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

วันที่ 0



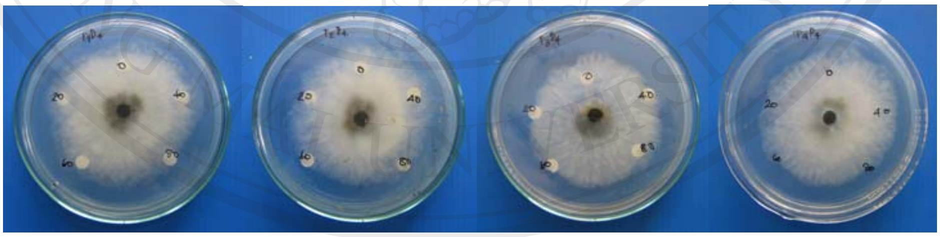
1 2 3 4

วันที่ 2



1 2 3 4

วันที่ 4



1 2 3 4

ภาพ 4.3 การทดสอบการยับยั้งการเจริญของเชื้อ *Lasiodiplodia* sp. ด้วยสารสกัดต้านเชื้อราจากเปลือกลำไยที่ได้รับการเคลือบผิวด้วยไคโตซานพอลิเมอร์ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่างๆ

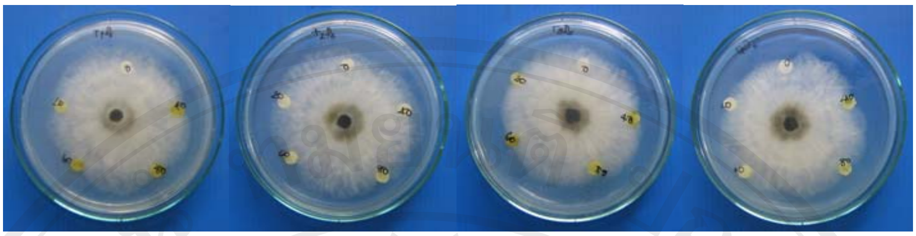
1= ไคโตซานพอลิเมอร์ 1 เปอร์เซ็นต์ 2 = ไคโตซานพอลิเมอร์ 0.5 เปอร์เซ็นต์

3 = กรดอะซิติก 1 เปอร์เซ็นต์ (Control^{+}) 4 = ไม่เคลือบผิว (Control^{-})

วันที่ = ระยะเวลาการเก็บรักษาของผลลำไย

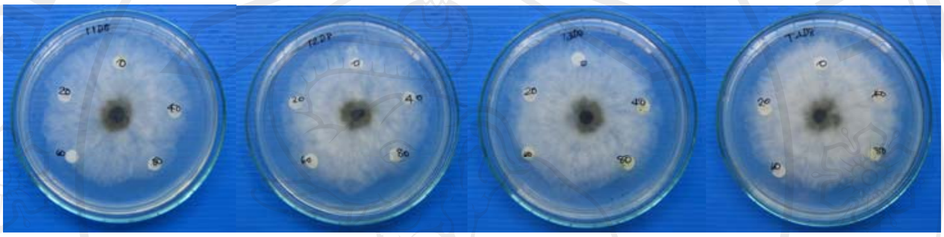
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

วันที่ 6



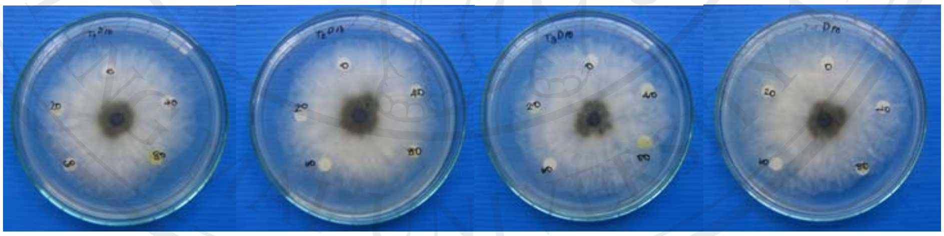
1 2 3 4

วันที่ 8



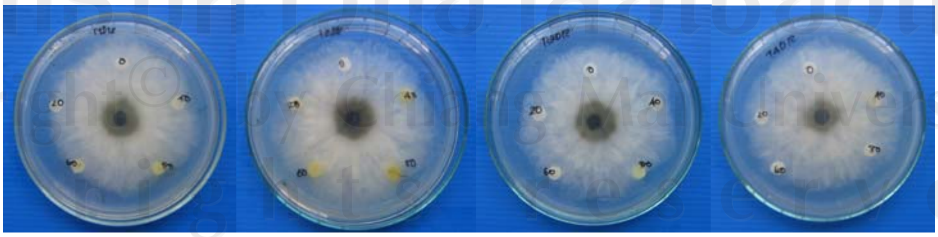
1 2 3 4

วันที่ 10



1 2 3 4

วันที่ 12



1 2 3 4

ภาพ 4.3 (ต่อ) การทดสอบการยับยั้งการเจริญของเชื้อ *Lasiodiplodia* sp. ด้วยสารสกัดต้านเชื้อราจากเปลือกลำไยที่ได้รับการเคลือบผิวด้วยไคโตซานพอลิเมอร์ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่างๆ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.3 เปอร์เซ็นต์การเกิดโรคของผลลำไยที่ผ่านการเคลือบผิวด้วยไคโตซาน เมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส

วิธีการ	**เปอร์เซ็นต์การเกิดโรค**					
	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)					
	0	**3**	**6**	**9**	**12**	**15**
ไคโตซาน 1%	0	0	0	0	12.5b	81.25b
ไคโตซาน 0.5%	0	0	0	0	12.5b	75b
กรดอะซิติก 1%	0	0	0	0	12.5b	78.13b
ไม่เคลือบผิว	0	0	0	0	25a	96.88a
$LSD_{0.05}$	ns	ns	ns	ns	4.81	8.79
CV (%)	-	-	-	-	19.05	6.89

หมายเหตุ ตัวอักษรที่ตามหลังค่าเฉลี่ยที่แตกต่างกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ns ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น เปอร์เซ็นต์การเกิดโรคจะเพิ่มขึ้น ซึ่งในวันที่ 12 และวันที่ 15 ของการเก็บรักษาจะพบการเจริญของเชื้อราที่สามารถสังเกตได้ที่ผิวเปลือกลำไย และผลลำไยที่ผ่านการเคลือบผิวทุกวิธีการ มีการเจริญของเชื้อราน้อยกว่าลำไยที่ไม่เคลือบผิว (ชุดควบคุม) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (ตาราง 4.3) จะเห็นได้ว่า การเคลือบผิวด้วยสารต่างๆ สามารถชะลอการเกิดโรคได้ เนื่องจากเกิดการควบคุมการผ่านเข้าออกของออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ (Coleman and Manson, 1988) ทำให้เชื้อไม่สามารถเจริญเติบโตได้อย่างเต็มที่ จึงลดเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคได้ เช่นเดียวกับ Jiang and Li (2001) ที่ทำการเคลือบผิวผลลำไยด้วยไคซานความเข้มข้น 0.5, 1 และ 2 เปอร์เซ็นต์ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 90 เปอร์เซ็นต์ พบว่า ไคโตซานสามารถลดเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคได้ และเช่นเดียวกับ พรรณทิพา (2549) ที่ศึกษาเคลือบผิวลำไยด้วยไคโตซาน 1 เปอร์เซ็นต์ และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส พบว่า สามารถลดเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคได้เช่นเดียวกัน

4.2 เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก

เมื่อทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส พบว่า ในระหว่างการเก็บรักษาทุกวิธีการทดลองมีการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา แต่ในวันที่ 15 การเคลือบผิวด้วยกรดอะซิติก 1 เปอร์เซ็นต์ มีการสูญเสียมากที่สุด คือ 5.11 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือ ไคโตซาน 1 และ 0.5 เปอร์เซ็นต์ มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสีย 5.01 และ 4.99 ตามลำดับ แต่วิธีการทดลองไม่มีแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม (ตาราง 4.4)

ผักและผลไม้ส่วนใหญ่มีองค์ประกอบที่สำคัญคือน้ำ ซึ่งน้ำเป็นตัวทำละลายที่สำคัญต่อกระบวนการต่างๆ ที่เกิดขึ้นภายในเซลล์ การสูญเสียน้ำจากผักและผลไม้จะส่งผลให้เกิดการสูญเสียน้ำหนัก ซึ่งเป็นปัญหาที่สำคัญที่ก่อให้เกิดความเสียหายกับผลไม้ นอกจากนี้แล้วการสูญเสียน้ำยังก่อให้เกิดการสูญเสียคุณค่าทางอาหาร การเปลี่ยนแปลงสีผิว และลักษณะเนื้อสัมผัสต่างๆการเคลือบผิวผักและผลไม้ที่สูญเสียน้ำได้ง่ายระหว่างการวางจำหน่ายมีผลช่วยลดการสูญเสียน้ำ และช่วยทำให้บรรยากาศภายในผลผลิตเป็นสภาพบรรยากาศดัดแปลง (ดนัย และนิธิยา, 2542)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.4 เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของผลลำไยที่ผ่านการเคลือบผิวด้วยไคโตซาน เมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส

วิธีการ	**เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก**					
	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)					
	0	**3**	**6**	**9**	**12**	**15**
ไคโตซาน 1%	0	1.38	2.28	3.13	4.03	5.01
ไคโตซาน 0.5%	0	1.24	1.24	3.17	4.07	4.99
กรดอะซิติก 1%	0	1.51	2.38	3.28	4.16	5.11
ไม่เคลือบผิว	0	1.14	1.89	2.76	3.64	4.59
$LSD_{0.05}$	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV (%)	-	21.79	15.2	10.69	8.98	8.55

หมายเหตุ ตัวอักษรที่ตามหลังค่าเฉลี่ยที่แตกต่างกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ns ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

แต่จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า การเคลือบผิวด้วยไคโตซานไม่สามารถลดเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักผลลำไยได้ เช่นเดียวกับ พรรณทิพา (2549) ที่ศึกษาเคลือบผิวลำไยด้วยไคโตซาน 1 เปอร์เซ็นต์ และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส พบว่า ไคโตซานไม่สามารถลดเปอร์เซ็นต์การการสูญสียน้ำหนัก เนื่องจากความเข้มข้นของสารเคลือบผิวน้อย หรือบางเกินไปจึงไม่สามารถเคลือบเยื่อหุ้มเซลล์ที่เปลือกผลลำไยได้ ต่างจากการทดลองของ Jiang and Li (2001) ที่เคลือบผิวลำไยด้วยไคซานความเข้มข้น 0.5, 1 และ 2 เปอร์เซ็นต์ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส พบว่าการเคลือบผิวด้วยไคโตซานช่วยลดการสูญเสียน้ำหนักของผลลำไยเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม เนื่องจากอุณหภูมิต่ำมีผลต่ออัตราการเกิดเมแทบอลิซึมของพืช ทำให้พืชมีอัตราการหายใจและการสูญเสียน้ำหนักลดลง

4.2 การเปลี่ยนแปลงของสีเปลือกนอก

จากการทดลองเคลือบผิวลำไยด้วยไคโตซานความเข้มข้น 0.5 และ 1 เปอร์เซ็นต์ แล้วนำไปเก็บที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส พบว่า

ค่าความสว่าง (L*) ผลลำไยมีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย โดยค่า L* ในวันที่ 3, 6 และ 9 พบว่า ลำไยที่เคลือบผิวกรดอะซิติก 1 เปอร์เซ็นต์และไม่เคลือบผิว มีค่า L* สูงกว่าลำไยที่เคลือบผิวด้วยไคโตซานความเข้มข้น 0.5 และ 1 เปอร์เซ็นต์ ในวันที่ 15 ซึ่งเป็นวันสุดท้ายของการเก็บรักษา พบว่า การเคลือบผิวลำไยด้วยกรดอะซิติก 1 เปอร์เซ็นต์มีค่า L* สูงสุด คือ 51.97 ส่วนลำไยที่ผ่านการเคลือบผิวด้วยไคโตซานความเข้มข้น 0.5 และ 1 เปอร์เซ็นต์ มีค่า L* เท่ากับ 50.63 และ 48.25 ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (ตาราง 4.5)

จะเห็นได้ว่า การเคลือบผิวด้วยไคโตซานตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ผลลำไยมีค่าความสว่าง (L*) น้อยกว่าหรือมีความคล้ำกว่าผลลำไยที่เคลือบผิวด้วยกรดอะซิติก 1 เปอร์เซ็นต์และไม่เคลือบผิว แสดงให้เห็นว่า ไคโตซานไม่สามารถรักษาความสว่างของสีเปลือกได้เช่นเดียวกับ พรรณทิพา (2549) พบว่าการใช้สารเคลือบไคโตซานความเข้มข้น 1 และ 2 เปอร์เซ็นต์ สามารถรักษาความสว่าง (L*) ของผลลำไยได้ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

ค่า C* (Chroma) ลำไยมีค่า C* ลดลงเล็กน้อย โดยค่า C* ที่วัดได้ พบว่า ในการเก็บรักษาวันที่ 3 การเคลือบผิวด้วยไคโตซาน 1 เปอร์เซ็นต์มีค่า C* มากที่สุด คือ 40.38 แต่ในวันที่ 9 ลำไยที่ผ่านการเคลือบผิวด้วยกรดอะซิติก 1 เปอร์เซ็นต์ มีค่า C* มากที่สุด คือ 39.29 ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับวิธีการทดลองอื่นๆ สำหรับระยะการเก็บรักษาวันที่ 0, 3, 6, 12

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

และวันที่ 15 ค่า C* ไม่มีความแตกต่างกันอย่างนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (ตาราง 4.6)

ค่า h° (hue angle) ผลลำไยมีค่า h° มีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย โดยค่า h° วันที่ 9 พบว่าลำไยที่เคลือบผิวด้วยกรดอะซิติก 1 เปอร์เซ็นต์ มีค่า h° มากที่สุด คือ 68.98 รองลงมาคือ ไคโตซาน 1 เปอร์เซ็นต์และไม่เคลือบผิว มีค่า h° เท่ากับ 67.48 และ 68.31 ส่วนไคโตซาน 0.5 เปอร์เซ็นต์ มีค่าน้อยที่สุด คือ 66.79 สำหรับระยะเวลาการเก็บรักษาวันที่ 0, 3, 6, 12 และวันที่ 15 ค่า h° ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (ตาราง 4.7)

เมื่อพิจารณาค่า C* (Chroma) และ h° (hue angle) พบว่า ค่าทั้งสองมีแนวโน้มลดลงตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา (ภาพ 4.4) โดยเริ่มต้นค่า C* (Chroma) อยู่ในช่วง 31.23-34.34 และh° (hue angle) อยู่ในช่วง 71.84-73.47 หมายความว่า ผลลำไยมีสว่าง (C*< 60) และมีสีอยู่ในช่วงสีส้มแดงถึงเหลือง เมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษาลำไยมีค่า C* (Chroma) อยู่ในช่วง 25.28-31.39 และ h° (hue angle) อยู่ในช่วง 72.2-77.13 แสดงว่าเมื่ออายุการเก็บรักษานานขึ้นลำไยมีเปลือกสีคล้ำลง (ภาพ 4.4)

ตาราง 4.5 ค่า L* สีเปลือกนอกของลำไยที่ผ่านการเคลือบผิวด้วยไคโตซานความเข้มข้น 0.5และ 1 เปอร์เซ็นต์ แล้วเก็บที่อุณหภูมิที่ 10 องศาเซลเซียส

วิธีการ	ค่า L* สีเปลือกนอก					
	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)					
	0	**3**	**6**	**9**	**12**	**15**
ไคโตซาน 1%	46.67	43.55c	47.82c	46.72c	46.67	48.25c
ไคโตซาน 0.5%	47.48	47.88b	50.53b	50.24b	50.86	50.63b
กรดอะซิติก 1%	50.37	49.14a	53.10a	50.12b	51.21	51.97a
ไม่เคลือบผิว	50.25	49.77a	53.15a	52.23a	56.34	51.45ab
$LSD_{0.05}$	ns	1.19	1.92	1.36	ns	1.16
CV (%)	3.86	1.61	2.43	1.77	10.89	1.49

หมายเหตุ ตัวอักษรที่ตามหลังค่าเฉลี่ยที่แตกต่างกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ns ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.6 ค่า C° สีเปลือกนอกของลำไยที่ผ่านการเคลือบผิวด้วยไคโตซานความเข้มข้น 0.5 และ 1 เปอร์เซ็นต์ แล้วเก็บที่อุณหภูมิที่ 10 องศาเซลเซียส

วิธีการ	**ค่า C° สีเปลือกนอก**					
	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)					
	0	**3**	**6**	**9**	**12**	**15**
ไคโตซาน 1%	34.34	40.38a	27.08	36.87ab	38.32	25.28
ไคโตซาน 0.5%	32.55	36.89b	24.23	34.56b	38.02	31.39
กรดอะซิติก 1%	31.23	35.66b	23.61	39.29a	37.87	30.44
ไม่เคลือบผิว	31.57	34.27c	23.18	34.52b	37.7	31.17
LSD $_{0.05}$	ns	1.3	ns	2.45	ns	ns
CV (%)	6.87	2.3	12.15	4.38	2.91	13.35

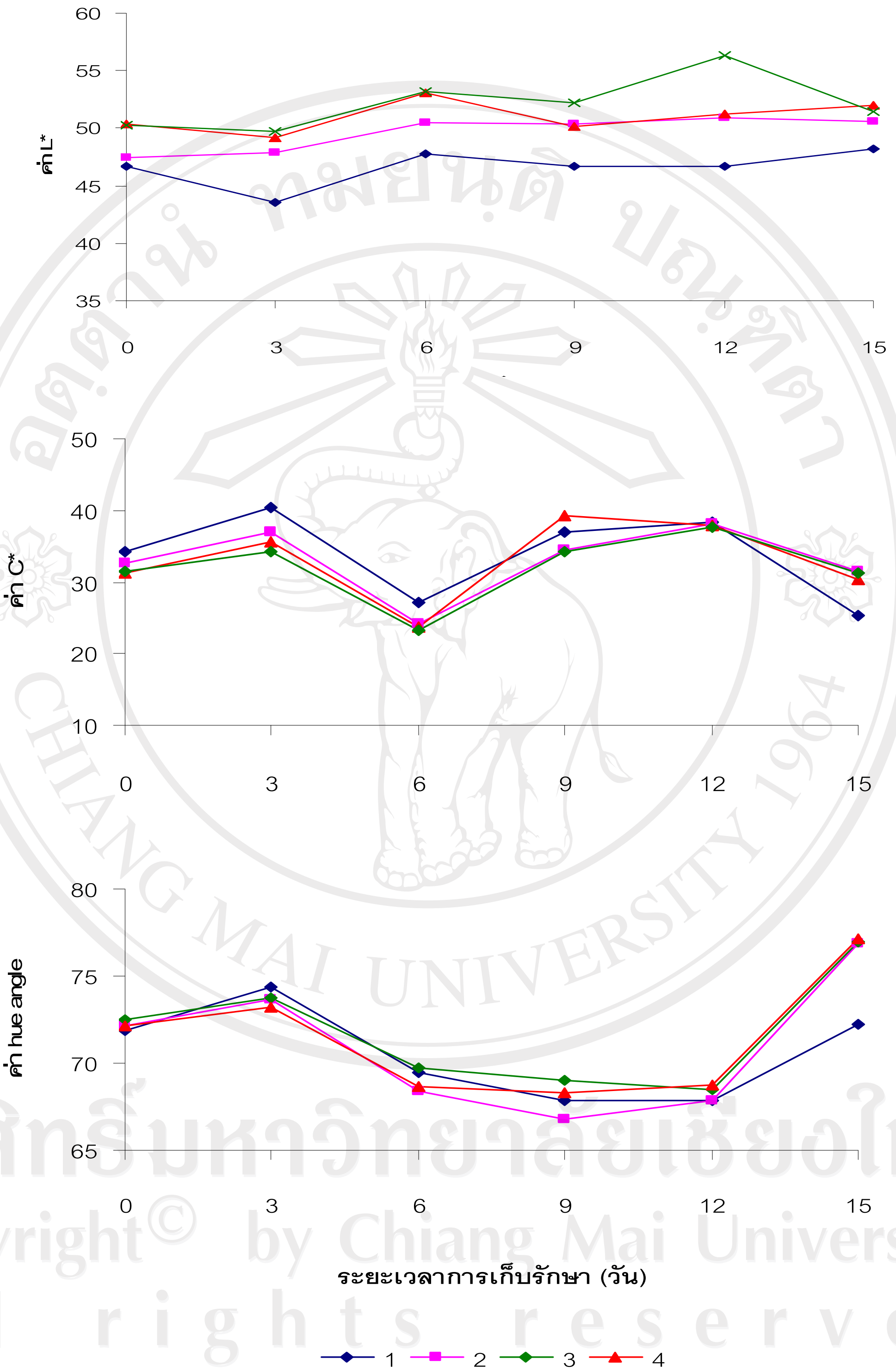
ตาราง 4.7 ค่า h° สีเปลือกนอกของลำไยที่ผ่านการเคลือบผิวด้วยไคโตซานความเข้มข้น 0.5 และ 1 เปอร์เซ็นต์ แล้วเก็บที่อุณหภูมิที่ 10 องศาเซลเซียส

วิธีการ	**ค่า h° สีเปลือกนอก**					
	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)					
	0	**3**	**6**	**9**	**12**	**15**
ไคโตซาน 1%	71.84	74.36	69.48	67.83b	67.84	72.2
ไคโตซาน 0.5%	72.1	73.69	68.4	66.79c	67.89	76.89
กรดอะซิติก 1%	72.47	73.72	69.74	68.98a	68.45	76.92
ไม่เคลือบผิว	72.16	73.24	68.63	68.31ab	68.75	77.13
LSD $_{0.05}$	ns	ns	ns	0.99	ns	ns
CV (%)	1.21	0.89	2.12	0.94	0.8	5.08

หมายเหตุ ตัวอักษรที่ตามหลังค่าเฉลี่ยที่แตกต่างกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ns ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพ 4.4 กราฟค่า L*, C* และ h° ของเปลือกนอกลำไยที่ผ่านการเคลือบผิวด้วยไคโตซาน ความเข้มข้น 0.5 และ 1 เปอร์เซ็นต์ แล้วเก็บที่อุณหภูมิที่ 10 องศาเซลเซียส

1 = ไคโตซานความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ 2 = ไคโตซานความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์

3 = กรดอะซิติกความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ 4 = ไม่เคลือบผิว

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.4 ผลการประเมินคุณภาพด้านประสาทสัมผัสของผู้บริโภค

4.4.1 สีเปลือกนอก

เมื่อทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส ผลลำไยที่ผ่านการเคลือบผิวในทุกวิธีการมีคะแนนการยอมรับของผู้บริโภคทางด้านเปลือกนอก มีแนวโน้มลดลงตามการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้นในวันที่ 15 ซึ่งเป็นวันสุดท้ายของการเก็บรักษาของการประเมินสีผิวเปลือกด้านนอกทุกวิธีการในระดับคะแนนระหว่าง 3.25-2.25 ซึ่งระดับคะแนนผู้บริโภครู้สึกเฉยๆ ถึงไม่ชอบปานกลาง และในระยะเวลาเก็บรักษาเดียวกัน ลำไยที่ผ่านการเคลือบผิวในทุกวิธีการมีคะแนนการยอมรับไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (ตาราง 4.8)

4.4.2 สีเปลือกใน

เมื่อทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส ผลลำไยที่ผ่านการเคลือบผิวในทุกวิธีการมีคะแนนการยอมรับของผู้บริโภคทางด้านเปลือกใน มีแนวโน้มลดลงตามการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้นในวันที่ 15 ซึ่งเป็นวันสุดท้ายของการเก็บรักษาของการประเมินสีผิวเปลือกด้านในทุกวิธีการในระดับคะแนนระหว่าง 3-2.5 ซึ่งระดับคะแนนผู้บริโภครู้สึกเฉยๆ ถึงไม่ชอบปานกลาง และในระยะเวลาเก็บรักษาเดียวกัน ลำไยที่ผ่านการเคลือบผิวในทุกวิธีการมีคะแนนการยอมรับไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (ตาราง 4.9)

4.4.3 รสชาติ

เมื่อทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส ผลลำไยที่ผ่านการเคลือบผิวในทุกวิธีการมีคะแนนการยอมรับของผู้บริโภคทางด้านรสชาติ มีแนวโน้มลดลงตามการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้น ในวันที่ 15 ซึ่งเป็นวันสุดท้ายของการเก็บรักษาของการประเมินรสชาติทุกวิธีการในระดับคะแนนระหว่าง 3.5-3 ซึ่งระดับคะแนนผู้บริโภครู้สึกเฉยๆ และในระยะเวลาเก็บรักษาเดียวกัน ลำไยที่ผ่านการเคลือบผิวในทุกวิธีการมีคะแนนการยอมรับไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (ตาราง 4.10)

4.4.4 กลิ่น

เมื่อทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส ผลลำไยที่ผ่านการเคลือบผิวในทุกวิธีการมีคะแนนการยอมรับของผู้บริโภคทางด้านกลิ่น มีแนวโน้มลดลงตามการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้น ในวันที่ 15 ซึ่งเป็นวันสุดท้ายของการเก็บรักษาของการประเมินกลิ่นทุกวิธีการในระดับคะแนนระหว่าง 3.5-3 ซึ่งระดับคะแนนผู้บริโภครู้สึกเฉยๆ และในระยะเวลาเก็บรักษาเดียวกัน ลำไยที่ผ่านการเคลือบผิวในทุกวิธีการมีคะแนนการยอมรับไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (ตาราง 4.11)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.8 คะแนนการประเมินคุณภาพด้านสีเปลือกนอกของผลลำไยที่ผ่านการเคลือบผิวด้วยไคโตซาน เมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส

วิธีการ	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)					
	0	**3**	**6**	**9**	**12**	**15**
ไคโตซาน 1%	5	5	4	3.25	3.25	2.25
ไคโตซาน 0.5%	5	4.5	4.5	3.7	3.2	3
กรดอะซิติก 1%	5	5	4.5	3.25	3.25	3
ไม่เคลือบผิว	5	5	4.5	3.5	3.25	3.25
$LSD_{0.05}$	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV (%)	0	5.92	14.75	15.14	18.67	14.74

ตาราง 4.9 คะแนนการประเมินคุณภาพด้านสีเปลือกในของผลลำไยที่ผ่านการเคลือบผิวด้วยไคโตซาน เมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส

วิธีการ	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)					
	0	**3**	**6**	**9**	**12**	**15**
ไคโตซาน 1%	5	5	4.25	3.5	4	2.5
ไคโตซาน 0.5%	5	4.5	4.5	3.75	4	3
กรดอะซิติก 1%	5	5	4.5	4	4	2.75
ไม่เคลือบผิว	5	5	4.5	3.75	4	3
$LSD_{0.05}$	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV (%)	0	5.92	15.6	19.63	0	19.88

หมายเหตุ ตัวอักษรที่ตามหลังค่าเฉลี่ยที่แตกต่างกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ns ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.10 คะแนนการประเมินคุณภาพด้านรสชาติของผลลำไยที่ผ่านการเคลือบผิวด้วยไคโตซาน เมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส

วิธีการ	ระยะเวลาการเก็บรักษา					
	0	**3**	**6**	**9**	**12**	**15**
ไคโตซาน 1%	5	5	4.25	3.5	3.25	3
ไคโตซาน 0.5%	5	4.5	4.5	3.75	3.5	3
กรดอะซิติก 1%	5	5	4.5	4.5	3.25	3
ไม่เคลือบผิว	5	5	4.5	4.25	3.5	3.5
$LSD_{0.05}$	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV (%)	0	5.92	15.6	16.93	20.06	20.66

ตาราง 4.11 คะแนนการประเมินคุณภาพด้านกลิ่นของผลลำไยที่ผ่านการเคลือบผิวด้วยไคโตซาน เมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส

วิธีการ	ระยะเวลาการเก็บรักษา					
	0	**3**	**6**	**9**	**12**	**15**
ไคโตซาน 1%	5	5	4.25	3.5	3.75	3.5
ไคโตซาน 0.5%	5	4.5	4.5	3.75	3.75	3
กรดอะซิติก 1%	5	5	4.5	4.5	4.25	3
ไม่เคลือบผิว	5	5	4.75	4	4.25	3.5
$LSD_{0.05}$	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV (%)	0	5.92	15.04	15.98	12.5	12.56

หมายเหตุ ตัวอักษรที่ตามหลังค่าเฉลี่ยที่แตกต่างกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ns ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.4.5 คุณภาพโดยรวม

เมื่อทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส ผลลำไยที่ผ่านการแช่ในทุกวิธีการ มีคะแนนการยอมรับของผู้บริโภคทางด้านเปลือกนอกมีแนวโน้มลดลงตามการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้น ในวันที่ 15 ซึ่งเป็นวันสุดท้ายของการเก็บรักษาของการประเมินคุณภาพโดยรวมทุกวิธีการในระดับคะแนนระหว่าง 3.5-2.75 ซึ่งระดับคะแนนผู้บริโภครู้สึกเฉยๆ ถึงไม่ชอบปานกลาง และในระยะเวลาเก็บรักษาเดียวกัน ลำไยที่ผ่านการเคลือบผิวในทุกวิธีการทดลองมีคะแนนการยอมรับไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (ตาราง 4.12)

การเปลี่ยนแปลงของการประเมินคุณภาพด้านสีเปลือกนอก สีเปลือกใน รสชาติ กลิ่นและคุณภาพโดยรวมของผู้บริโภคลำไยพันธุ์ดอ เมื่อเคลือบผิวด้วยไคโตซาน 0.5 และ 1 เปอร์เซ็นต์ พบลักษณะที่สังเกตได้ดังนี้ ไคโตซานไม่ทำให้คุณภาพด้านประสาทสัมผัสของผู้บริโภคเปลี่ยนไปจากชุดควบคุม จะพบว่า คุณภาพอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ ผลลำไยที่เคลือบผิวไม่มีความผิดปกติแตกต่างจากลำไยที่ไม่เคลือบผิว และคุณภาพของผลลำไยทุกวิธีการจะลดลง ตามอายุการเก็บรักษาเช่นเดียวกับ พรรณทิพา (2549) ที่ศึกษาการเคลือบผิวลำไยด้วยไคโตซาน 1 เปอร์เซ็นต์ และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส และ Jiang and Li (2001) ที่เคลือบผิวลำไยด้วยไคซานความเข้มข้น 0.5, 1 และ 2 เปอร์เซ็นต์ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส พบว่าไคโตซานไม่ทำให้คุณภาพโดยรวมลดลง และมีระดับคะแนนลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษา สอดคล้องกับการทดลองของ ปัทมา (2545) พบว่าผลของสตรอเบอรี่ที่จุ่มในไคโตซานเข้มข้น 100 ppm มีระดับการยอมรับคุณภาพด้านสี เนื้อสัมผัส กลิ่น รสชาติ และการยอมรับโดยรวมของผู้บริโภคสูงสุด

5. อายุการเก็บรักษา

ผลลำไยที่ผ่านการเคลือบผิวด้วยไคโตซานพอลิเมอร์ที่ความเข้มข้น 0.5 และ 1 เปอร์เซ็นต์ กรดอะซิติก 1 เปอร์เซ็นต์ และไม่เคลือบผิว เป็นเวลา 5 นาที แล้วนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส พบว่า ผลลำไยที่ไม่เคลือบผิว มีอายุการเก็บรักษาเพียง 12 วัน เนื่องจากมีเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคมากกว่า 25 เปอร์เซ็นต์ ส่วนผลลำไยที่ผ่านการเคลือบผิวไคโตซาน 0.5 และ 1 เปอร์เซ็นต์ และกรดอะซิติก 1 เปอร์เซ็นต์ มีอายุการเก็บรักษา 15 วัน (ตาราง 4.13)

จากการทดลองแสดงให้เห็นว่า การเคลือบผิวมีผลชะลอการเน่าเสียของผลลำไย เนื่องจากการเคลือบผิวทำให้เกิดสภาวะควบคุมบรรยากาศ ควบคุมการผ่านเข้าออกของออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์จึงมีผลต่อกระบวนการเมแทบอลิซึมของผลไม้ (Coleman and Manson, 1988) ไม่เหมาะสมต่อการเจริญของเชื้อ ทำให้มีการเกิดโรคน้อยและมีอายุการเก็บรักษานานกว่าผลลำไยที่ไม่เคลือบผิว

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.12 คะแนนการประเมินคุณภาพด้านคุณภาพโดยรวมของผลลำไยที่ผ่านการเคลือบผิวด้วยไคโตซาน เมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส

วิธีการ	**ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)**					
	0	**3**	**6**	**9**	**12**	**15**
ไคโตซาน 1%	5	5	4.25	3.5	3.5	2.75
ไคโตซาน 0.5%	5	4.5	4.5	3.75	3.75	3
กรดอะซิติก 1%	5	5	4.5	4	4	3
ไม่เคลือบผิว	5	5	4.5	4	4	3.5
$LSD_{0.05}$	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV (%)	0	5.92	15.6	10.02	18.16	12.47

หมายเหตุ ตัวอักษรที่ตามหลังค่าเฉลี่ยที่แตกต่างกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ns ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ตาราง 4.13 อายุการเก็บรักษาของลำไยที่ผ่านการเคลือบผิว เป็นระยะเวลา 5 นาที แล้วนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส

สารเคลือบผิว	**อายุการเก็บรักษา (วัน)**
ไคโตซาน 1%	15
ไคโตซาน 0.5%	15
กรดอะซิติก 1%	15
ไม่เคลือบผิว	12

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

<u>การทดลองที่ 5</u> การทดสอบฉีดพ่นไคโตซานโอลิโกเมอร์ต่อเชื้อ *Lasiodiplodia* sp. ในลำไยพันธุ์ดอก่อนการเก็บเกี่ยว

5.1 ทดสอบหาความเข้มข้นของไคโตซานโอลิโกเมอร์ที่เหมาะสมในการฉีดพ่นเพื่อยับยั้งการเจริญของเชื้อ *Lasiodiplodia* sp. ในสภาพ *in vitro*

จากการนำไคโตซานโอลิโกเมอร์ทดสอบเปอร์เซ็นต์การยับยั้งการเจริญของเชื้อ *Lasiodiplodia* sp. ที่เจริญบนอาหารผสม Potato Dextrose Agar (PDA) กับสารละลายไคโตซานโอลิโกเมอร์ ที่ความเข้มข้น 0.05, 0.25, 0.5 และ 1 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเชื้อมีอายุ 3 วัน พบว่า ไคโตซานความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ สามารถยับยั้งเชื้อ *Lasiodiplodia* sp. ได้ 100 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ สามารถยับยั้งเชื้อได้ 88.70 เปอร์เซ็นต์ ส่วนความเข้มข้น 0.05 และ 0.25 เปอร์เซ็นต์สามารถยับยั้งเชื้อ 45.97 และ 77.82 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตาราง 4.14 และภาพ 4.5)

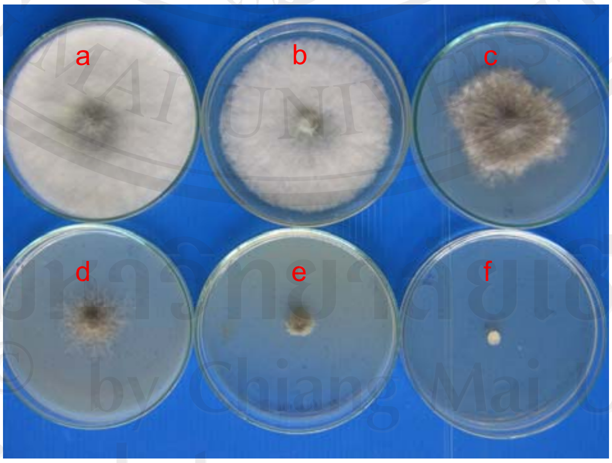
ไคโตซานโอลิโกเมอร์เป็นตัวชักนำให้เซลล์เจ้าบ้านสร้างสารพวก phenolic compounds ได้แก่ phytoalexins หรือ lignin เมื่อมีความเข้มข้นสูงขึ้นถึงจุดหนึ่งก็สามารถขัดขวางการสังเคราะห์ RNA ในเซลล์ของราและนำไปสู่การลดลงของการเจริญเติบโตของเชื้อ (Hadwiger *et al.*, 1986) จากการทดลองแสดงให้เห็นว่า ไคโตซานโอลิโกเมอร์ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ สามารถยับยั้งเชื้อ *Lasiodiplodia* sp. ได้ดีที่สุด สอดคล้องกับการทดลองของ El-Ghaout *et al.* (1991) พบว่าไคโตซานมีผลในการยับยั้งการงอกของสปอร์เชื้อและการเจริญของเชื้อ *Botrytis cinerea* และ *Rhizopus stolonifer* ในอาหารเลี้ยงเชื้อ เช่นเดียวกับการทดลองกับเชื้อราในผลสาลี่ พบว่า ไคโตซานที่ระดับความเข้มข้น 1-2 เปอร์เซ็นต์ สามารถยับยั้งการเจริญของ *Botrytis cinerea* (Du *et al.*, 1997) เช่นเดียวกับในมะม่วง (ธวัชและสมศิริ, 2546) และสตรอเบอรี่ (ปัทมา, 2545; พิมพ์ใจ, 2548)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.14 เปอร์เซ็นต์ยับยั้งการเจริญของเชื้อ *Lasiodiplodia* sp. ด้วยไคโตซานโอลิโกเมอร์ เมื่อเชื้อมีอายุ 3 วัน

วิธีการ	เปอร์เซ็นต์การยับยั้งการเจริญของเชื้อ *Lasiodilopdia* sp.
PDA +ไคโตซาน 1%	100a
PDA +ไคโตซาน 0.5%	87.11b
PDA +ไคโตซาน 0.25%	74.71c
PDA +ไคโตซาน 0.05%	38.37d
PDA +กรดอะซิติก 1% (control)	1.32e
LSD $_{0.05}$	2.49
CV (%)	10.11

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ย 12ซ้ำและตัวอักษรที่ตามหลังค่าเฉลี่ยที่แตกต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์



ภาพ 4.5 ลักษณะการเจริญของเชื้อ *Lasiodiplodia* sp. บนอาหารผสมไคโตซานโอลิโกเมอร์ เมื่อเชื้อมีอายุ 3 วัน

a = PDA
b = acetic acid 1 เปอร์เซ็นต์ (control)
c = ไคโตซานความเข้มข้น 0.05 เปอร์เซ็นต์
d = ไคโตซานความเข้มข้น 0.25 เปอร์เซ็นต์
e = ไคโตซานความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์
f = ไคโตซานความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

5.2 ผลของการฉีดพ่นไคโตซานโอลิโกเมอร์ต่อกิจกรรมเอนไซม์ไคติเนสในลำไยพันธุ์ดอก่อนการเก็บเกี่ยว

เมื่อทำการเก็บผลลำไยที่อยู่ในระยะก่อนเก็บเกี่ยว 8 วัน (วันแรกหลังการฉีดพ่น) และได้รับการฉีดพ่นด้วยสารละลายไคโตซานโอลิโกเมอร์ 1 และ 0.5 เปอร์เซ็นต์ พบว่า ผลลำไยที่ผ่านการฉีดพ่นด้วยไคโตซานความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ พบว่า มีกิจกรรมของเอนไซม์ไคติเนสมีค่าเท่ากับ 183.89 หน่วยเอนไซม์ต่อมิลลิกรัมโปรตีน (unit/mg) และฉีดพ่นด้วยไคซาน 0.5 เปอร์เซ็นต์ กิจกรรมของเอนไซม์ไคติเนสมีค่าเท่ากับ 206.95 unit/mg ส่วนการฉีดพ่นด้วยกรดอะซิติกความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ มีกิจกรรมของเอนไซม์ไคติเนสมีค่าเท่ากับ 171.06 unit/mg ซึ่งวิธีการฉีดพ่นด้วยสารละลายไคโตซานโอลิโกเมอร์ 1 และ 0.5 เปอร์เซ็นต์ และกรดอะซิติกความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ กับผลลำไยที่ไม่ฉีดพ่น ซึ่งมีกิจกรรมของเอนไซม์ไคติเนสเท่ากับ 317.5 unit/mg วันที่ 2 หลังการฉีดพ่น พบว่า ผลลำไยที่ฉีดพ่นด้วยสารละลายไคโตซาน ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ กิจกรรมของเอนไซม์ไคติเนสมีค่าเท่ากับ 315.7 unit/mg ลำไยที่ฉีดพ่นด้วยสารละลายไคโตซาน ความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ กิจกรรมของเอนไซม์ไคติเนส มีค่าเท่ากับ 317.3 unit/mg ผลลำไยที่เคลือบผิวด้วยสารละลายกรดอะซิติก ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ กิจกรรมของเอนไซม์ไคติเนส มีค่า 328.73 unit/mg และผลลำไยไม่ฉีดพ่น ซึ่งกิจกรรมของเอนไซม์ไคติเนสมีค่าเท่ากับ 323.62 unit/mg ในวันที่ 4 หลังจากฉีดพ่นสารละลายไคโตซานและกรดอะซิติก 1 เปอร์เซ็นต์ซ้ำ เก็บผลลำไยมาวิเคราะห์หากิจกรรมเอนไซม์ไคติเนส พบว่า ผลลำไยที่ฉีดพ่นด้วยสารละลายไคโตซาน ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ กิจกรรมของเอนไซม์ไคติเนสมีค่าเท่ากับ 377.42 unit/mg ลำไยที่ฉีดพ่นด้วยสารละลายไคโตซาน ความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ กิจกรรมของเอนไซม์ไคติเนสมีค่าเท่ากับ 297.06 unit/mg ผลลำไยที่เคลือบผิวด้วยสารละลายกรดอะซิติก ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ กิจกรรมของเอนไซม์ไคติเนส มีค่า 275.05 unit/mg และผลลำไยไม่ฉีดพ่น ซึ่งกิจกรรมของเอนไซม์ไคติเนสมีเท่ากับ 323.08 unit/mg วันที่ 6 เกิดฝนตกไม่สามารถทำการเก็บตัวอย่างได้ ในวันที่ 8 ซึ่งเป็นวันที่ทำการเก็บเกี่ยวผลผลิต พบว่า ผลลำไยที่ฉีดพ่นด้วยสารละลายไคโตซาน ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ กิจกรรมของเอนไซม์ไคติเนสมีค่าเท่ากับ 458.31 unit/mg ลำไยที่ฉีดพ่นด้วยสารละลายไคโตซาน ความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ กิจกรรมของเอนไซม์ไคติเนสมีค่าเท่ากับ 666.83 unit/mg ผลลำไยที่ฉีดพ่นด้วยสารละลายกรดอะซิติก ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ กิจกรรมของเอนไซม์ไคติเนส มีค่า 571.7 unit/mg และผลลำไยไม่ฉีดพ่น มีค่ากิจกรรมของเอนไซม์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ไคติเนสเท่ากับ 618.46 unit/mg และค่ากิจกรรมเอนไซม์ไคติเนสในแต่ละวิธีการทดลอง ในระยะเวลาเดียวกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (ตาราง 4.15 และภาพ 4.6)

สำหรับการทดลองที่พบเอนไซม์ไคติเนสในพืช อาจอธิบายได้ว่าปกติแล้วเซลล์พืชไม่มีไคตินเป็นองค์ประกอบ แต่เมื่อพืชถูกรุกรานจากการเข้าทำลายของเชื้อก่อโรคหรือเมื่อเกิดบาดแผลและความเครียดต่างๆ พืชจะผลิตสารหลายชนิด เช่น β-1, 3-glucanase, PR-protein like chitinase, proteinase และ proteinase inhibitor รวมทั้ง Chitinase เพื่อใช้ป้องกันตัวเองจากเชื้อสาเหตุของโรค โดยเป็นกลไกในการป้องกันตนเองแบบ active defense mechanism (Roberts and Selitrennikoff, 1988; Chang *et al.*, 1995)

จากการทดลองแสดงให้เห็นว่า กิจกรรมเอนไซม์ไคติเนสจะเพิ่มขึ้นตามลำดับจนถึงระยะการเก็บเกี่ยว (ภาพ 4.6) แต่การฉีดพ่นด้วยไคโตซานความเข้มข้น 1 และ 0.5 เปอร์เซ็นต์ ไม่สามารถเพิ่มกิจกรรมของเอนไซม์ไคติเนสได้มากกว่าปกติ (ไม่ฉีดพ่น) เช่นเดียวกับ Ben-Shalom *et al.* (2001) ศึกษาพบว่า ปริมาณเอนไซม์ไม่เพิ่มขึ้น เนื่องจากไคโตซานโอลิโกเมอร์ควบคุม elicitor ผ่านทางขนาดของโมเลกุล ผลการทดลองนี้ต่างจาก เกศนรี (2544) ที่ได้ศึกษาการชักนำการสร้างเอนไซม์ไคติเนสและเบต้า-1,3-กลูตาเนส ในองุ่น 5 สายพันธุ์ พบว่า เอนไซม์ไคติเนสและเบต้า-1,3-กลูตาเนส ถูกกระตุ้นด้วยสารละลายไคโตซานให้เพิ่มขึ้นและทำงานร่วมกันแบบ Synergistic เพื่อป้องกันตัวเองจากเชื้อราก่อโรคแอนแทรคโนส

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

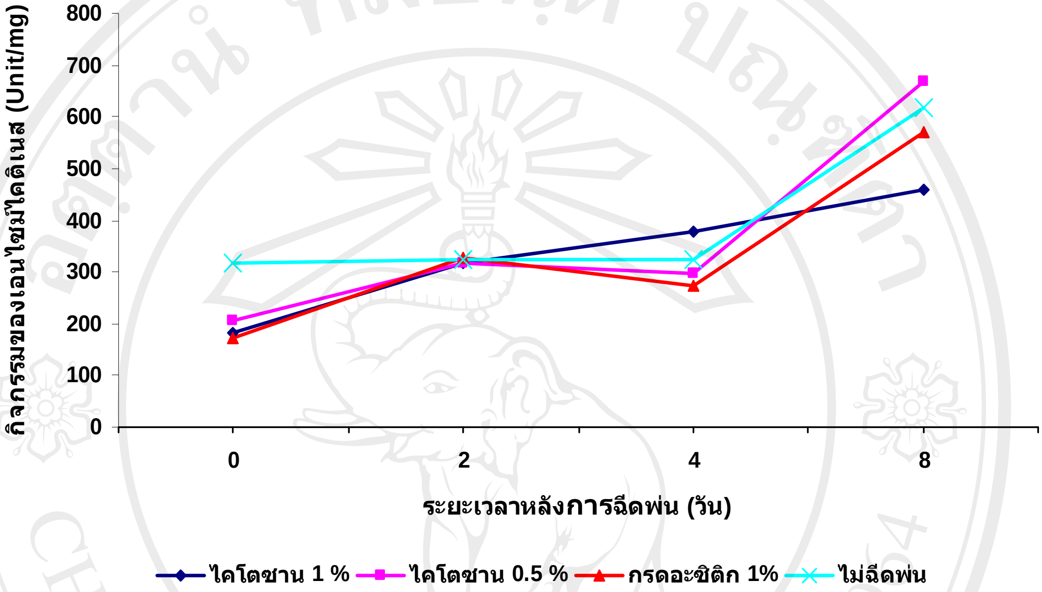
ตาราง 4.15 ค่ากิจกรรมของเอนไซม์ไคติเนส (unit/mg) ในลำไยพันธุ์ดอที่ผ่านการฉีดพ่นด้วยไคโตซานโอลิโกเมอร์ 1 และ 0.5 เปอร์เซ็นต์ และกรดอะซิติก 1 เปอร์เซ็นต์ ที่ระยะเวลาหลังการฉีดพ่นต่างๆ

วิธีการ	**กิจกรรมของเอนไซม์ไคติเนส (unit/mg)**			
	ระยะหลังการฉีดพ่น (วัน)			
	0	**2**	**4**	**8**
ไคโตซาน 1 %	183.89[b]	315.73	377.42	458.31
ไคโตซาน 0.5 %	206.95[b]	317.3	297.06	666.83
กรดอะซิติก 1%	171.06[b]	328.73	275.05	571.7
ไม่ฉีดพ่น	317.5[a]	323.62	323.08	618.46
$LSD_{0.05}$	21.81	ns	ns	ns
CV%	17.19	22.39	26.67	22.72

หมายเหตุ ตัวอักษรที่ตามหลังค่าเฉลี่ยที่แตกต่างกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ns ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพ 4.6 ค่ากิจกรรมเอนไซม์ไคติเนสของสารสกัดจากเปลือกลำไยที่ผ่านการฉีดพ่นด้วยไคโตซานโอลิโกเมอร์ความเข้มข้น 1 และ 0.5 เปอร์เซ็นต์

1= ฉีดพ่นไคโตซานโอลิโกเมอร์ 1 เปอร์เซ็นต์ 2 = ฉีดพ่นไคโตซานโอลิโกเมอร์ 0.5 เปอร์เซ็นต์

3 = ฉีดพ่นกรดอะซิติก 1 เปอร์เซ็นต์ (control^{+}) 4 = ไม่ฉีดพ่น (control^{-})

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

5.3 ผลของการฉีดพ่นไคโตซานโอลิโกเมอร์ต่อการสร้างสารต้านเชื้อราในลำไยพันธุ์ดอก่อนการเก็บเกี่ยว

ผลลำไยที่ฉีดพ่นด้วยสารละลายไคโตซาน โอลิโกเมอร์ที่ความเข้มข้น 1 และ 0.5 เปอร์เซ็นต์ นำผลลำไยทดสอบสารต้านเชื้อรา ที่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อ *Lasiodiplodia* sp. ด้วยวิธีการ paper disc ในวันที่ 0 ซึ่งเป็นวันที่ทำการฉีดพ่นหรือ 8 วันก่อนวันที่เก็บเกี่ยว พบว่า ทุกวิธีการทดลองและทุกระดับความเข้มข้นของสารสกัดจากเปลือกลำไย สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อ *Lasiodiplodia* sp. โดยจะพบบริเวณการยับยั้ง (clear zone) รอบกระดาษกรองที่หยดสารสกัด เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม วันที่ 2 หลังการฉีดพ่น สารสกัดจากเปลือกลำไยที่ผ่านการฉีดพ่นด้วยสารละลายไคโตซาน 1 และ 0.5 เปอร์เซ็นต์ พบการเกิดบริเวณยับยั้งการเจริญของเชื้อทุกระดับความเข้มข้นของสารสกัด เช่นเดียวกันกับสารสกัดจากเปลือกลำไยที่ผ่านฉีดพ่นด้วยกรดอะซิติก 1 เปอร์เซ็นต์และไม่ฉีดพ่น พบบริเวณยับยั้งเชื้อในทุกระดับความเข้มข้น วันที่ 4 สารสกัดจากเปลือกลำไยที่ผ่านการฉีดพ่นด้วยสารละลายไคซาน 1 เปอร์เซ็นต์ ในทุกระดับความเข้มข้น สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อได้ ส่วนสารสกัดจากเปลือกลำไยที่ผ่านการฉีดพ่นด้วยสารละลายไคโตซาน 0.5 เปอร์เซ็นต์ สารสกัดจากเปลือกลำไยที่ผ่านการฉีดพ่นด้วยกรดอะซิติก 1 เปอร์เซ็นต์ และไม่ทำการฉีดพ่น พบว่า ที่ระดับความเข้มข้น 40, 60 และ 80 เปอร์เซ็นต์ สามารถยับยั้งเชื้อได้ แต่ที่ระดับความเข้มข้น 20 เปอร์เซ็นต์ ของทั้งสามวิธีการไม่สามารถยับยั้งเชื้อได้ ส่วนวันที่ 6 ไม่สามารถเก็บตัวอย่างได้เนื่องจากฝนตก และในวันที่ 8 ซึ่งเป็นระยะเก็บเกี่ยวผลผลิต พบว่าสารสกัดจากเปลือกลำไยที่ผ่านการฉีดพ่นด้วยสารละลายไคโตซาน1 เปอร์เซ็นต์ สารสกัดทุกระดับความเข้มข้นสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อได้ เช่นเดียวกับสารสกัดจากเปลือกลำไยที่ผ่านการฉีดพ่นด้วยสารละลายไคโตซานความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ ส่วนสารสกัดจากเปลือกลำไยที่ผ่านการฉีดพ่นด้วยกรดอะซิติก 1 เปอร์เซ็นต์ พบว่าไม่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อได้ และสารสกัดจากเปลือกลำไยที่ไม่ผ่านฉีดพ่น พบว่า สามารถยับยั้งเชื้อได้ที่ระดับความเข้มข้น 40, 60 และ 80 เปอร์เซ็นต์ (ตาราง 4.16 และภาพ 4.7)

จากผลการทดลองเมื่อทำการฉีดพ่นไคโตซานโอลิโกเมอร์พ่นในระยะก่อนเก็บเกี่ยว 8 วัน (วันแรกหลังการฉีดพ่น) จนถึงระยะที่เก็บเกี่ยว (วันที่ 8 หลังการฉีดพ่น) ตรวจสอบสารต้านเชื้อ *Lasiodiplodia* sp. ด้วยวิธีการ paper disc พบว่า ไคโตซาน 0.5 และ 1 เปอร์เซ็นต์ มีความสามารถในการรักษาระดับการสร้างสารต้านเชื้อราได้ โดยยังตรวจพบบริเวณการยับยั้งเชื้อในวันที่ 8 หลังการฉีดพ่นเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Hadwiger *et al*., (1986) ที่พบว่าไคโตซานโอลิโกเมอร์เป็นตัวชักนำให้เซลล์เจ้าบ้านสร้างสารพวก phenolic compounds

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.16 การเกิดสารต้านเชื้อรายับยั้งการเจริญของเชื้อ *Lasiodiplodia* sp. ที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ จากสารสกัดจากเปลือกลำไยที่ผ่านการฉีดพ่นด้วยไคโตซานโอลิโกเมอร์ 1 และ 0.5 เปอร์เซ็นต์ ที่ระยะเวลาหลังการฉีดพ่นต่างๆ

ระยะเวลาหลังการฉีดพ่น (วันที่)	วิธีการ	การเกิดการยับยั้งการเจริญเชื้อ *Lasiodiplodia* sp. ระดับความเข้มข้นสารสกัด (%)			
		20	40	60	80
0	1	+	+	+	+
	2	+	+	+	+
	3	+	+	+	+
	4	+	+	+	+
2	1	+	+	+	+
	2	+	+	+	+
	3	+	+	+	+
	4	+	+	+	+
4	1	+	+	+	+
	2	-	+	+	+
	3	-	+	+	+
	4	-	+	+	+
8 (ระยะเก็บเกี่ยว)	1	+	+	+	+
	2	+	+	+	+
	3	-	-	-	-
	4	-	+	+	+

หมายเหตุ + เกิด clear zone - ไม่เกิด clear zone

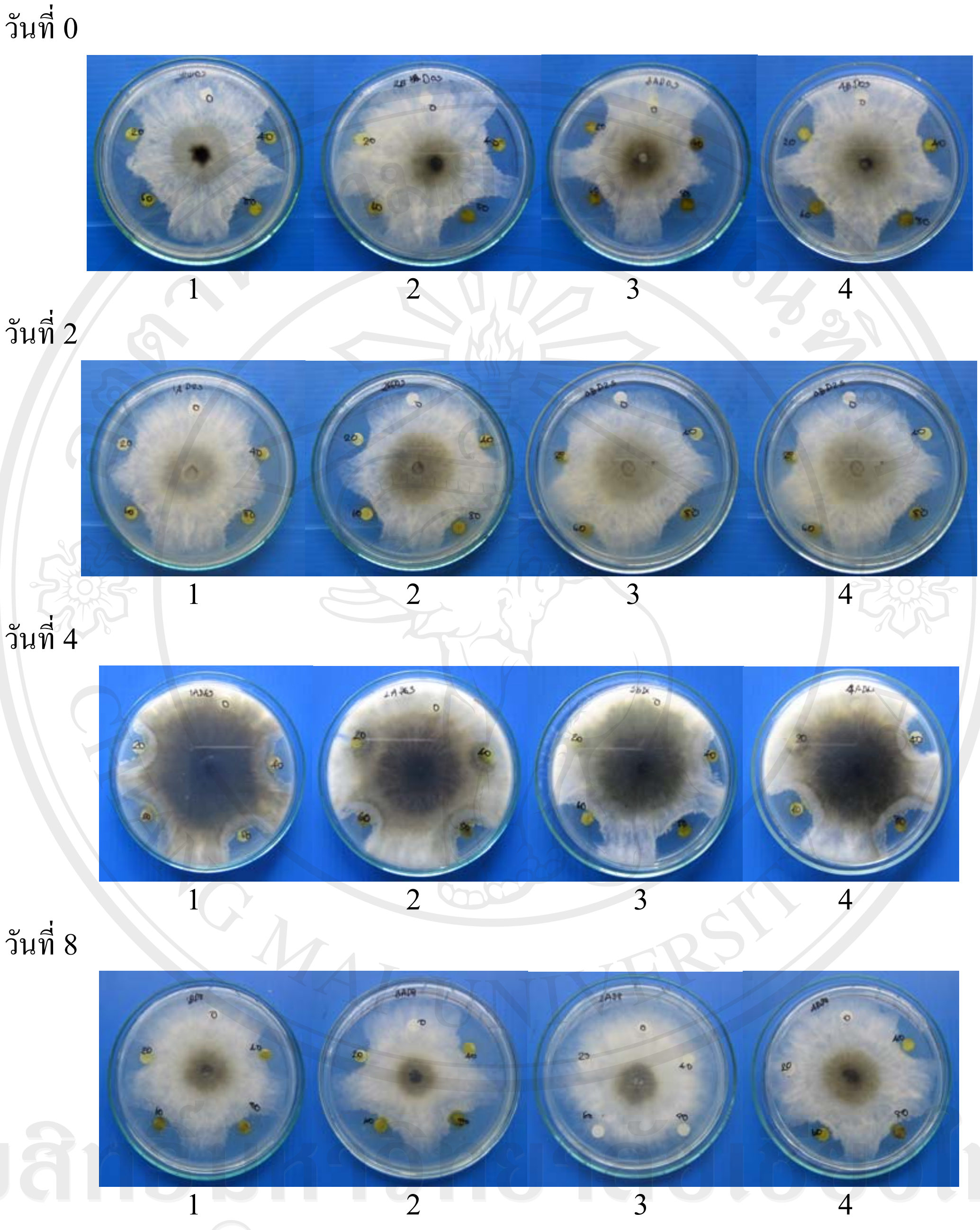
1= ฉีดพ่นด้วยไคโตซานโอลิโกเมอร์ 1 เปอร์เซ็นต์

2 = ฉีดพ่นด้วยไคโตซานโอลิโกเมอร์ 0.5 เปอร์เซ็นต์

3 = ฉีดพ่นด้วยกรดอะซิติก 1 เปอร์เซ็นต์ (Control^{+})

4 = ไม่ฉีดพ่น (Control^{-})

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพ 4.7 การยับยั้งการเจริญของเชื้อ *Lasiodiplodia* sp. ด้วยสารสกัดต้านเชื้อราจากเปลือกลำไยที่ได้รับการฉีดพ่นด้วยไคโตซานโอลิโกเมอร์ที่ระยะเวลาต่างๆ

วันที่ 0 = วันที่ฉีดพ่น　　วันที่ 2 = วันที่ 2 หลังฉีดพ่น

วันที่ 4 = วันที่ 4 หลังฉีดพ่น　　วันที่ 8 = วันที่ 8 หลังฉีดพ่นและระยะเก็บเกี่ยว

1= ไคโตซานโอลิโกเมอร์ 1 เปอร์เซ็นต์　　2 = ไคโตซานโอลิโกเมอร์ 0.5 เปอร์เซ็นต์

3 = กรดอะซิติก 1 เปอร์เซ็นต์ (control^{+})　　4 = ไม่ฉีดพ่น (control^{-})

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ได้แก่ phytoalexins หรือ lignin compounds เมื่อมีความเข้มข้นสูงขึ้นถึงจุดหนึ่งจะสามารถขัดขวางการสังเคราะห์ RNA ในเซลล์ของราและนำไปสู่การลดลงของการเจริญเติบโตของเชื้อ ซึ่งในธรรมชาติพืชจะมีกลไกการป้องกันตัวเอง โดยกลไกด้านเคมีจะถูกสร้างขึ้นเพื่อให้พืชสามารถป้องกันตัวเองจากการเข้าทำลายของเชื้อก่อโรคได้ เมื่อพืชเกิดบาดแผลจะกระตุ้นให้มีการสร้างสารเคมีบางอย่างขึ้นในเซลล์ที่อยู่ใกล้กับบาดแผล หากมีการเข้าทำลายจากเชื้อจุลินทรีย์ด้วยแล้วการกระตุ้นสารเคมียิ่งเกิดขึ้นได้ดี สารเคมีที่ถูกสร้างขึ้นนี้ เรียกว่า phytoalexin ซึ่งสารส่วนใหญ่เป็นสารประกอบฟีนอล ส่วนตัวกระตุ้นให้เกิดสารเคมีนี้เรียกว่า elicitor ซึ่งอาจเป็นได้ทั้งสารเคมีที่เชื้อจุลินทรีย์ปลดปล่อยออกมาสู่เซลล์ของผลผลิตหรือตัวเชื้อจุลินทรีย์เองก็ได้ (จริงแท้, 2544) จะเห็นได้ว่าการฉีดพ่นไคโตซานโอลิโกเมอร์ให้กับลำไยก่อนเก็บเกี่ยวนั้น ไคโตซานโอลิโกเมอร์จะเป็น elicitor ที่ไปกระตุ้นให้ลำไยสร้างสารต้านเชื้อราชนิดหนึ่ง ซึ่งจากผลการทดลองพบว่า สารสกัดดังกล่าวมีแนวโน้มเป็นสาร aliphatic compounds เช่นเดียวกับการทดลองของ สุภัค (2542) ที่ทำการสกัดสารต้านเชื้อราจากเปลือกลำไย พบว่าสารที่มีฤทธิ์ยับยั้งการเจริญของเชื้อ *Cladosporium cladosporioides* และเชื้อ *Lasiodiplodia* sp. เป็นสารพวก aliphatic compounds ซึ่งมีรายงานต่างจาก Mari (1998) ที่พบสารที่มีอยู่ในผลเป็นสารหอมระเหยพวก aromatic compound, essential oils และ volatile substance ที่มีผลในการควบคุมโรคสาเหตุจากเชื้อราหลังการเก็บเกี่ยว และเมื่อเปรียบเทียบช่วงอายุการเก็บเกี่ยวต่างๆ พบว่าสารต้านเชื้อราในเปลือกลำไยจะพบมากที่สุดในช่วง 8 วันก่อนระยะเก็บเกี่ยวเช่นเดียวกับ สุภัค (2542) พบว่า สารที่มีฤทธิ์ยับยั้งเชื้อจากเปลือกมากที่สุดในช่วงอายุก่อนการเก็บเกี่ยว 1 สัปดาห์ และสารต้านเชื้อราจะมีปริมาณลดลงเรื่อยๆ ตามระยะการเก็บเกี่ยวของผลผลิต ซึ่งจะสังเกตได้ว่า เมื่อผลลำไยมีการสุกแก่ใกล้ระยะเก็บเกี่ยวมากขึ้น สารต้านเชื้อราก็จะลดลงเช่นกัน เนื่องจาก ความบริบูรณ์ของผลผลิต ถ้าผลผลิตที่ยังไม่บริบูรณ์จะมีความสามารถในการสร้างสารต้านเชื้อสูงกว่าผลที่บริบูรณ์แล้ว (จริงแท้, 2544) เช่นเดียวกับในองุ่น เกศนรี (2544) ได้ทำการฉีดพ่นไคโตซานบนองุ่นเป็นเวลา 2 สัปดาห์ก่อนการฉีดซ้ำด้วยสปอร์ของเชื้อรา *Colletotrichum gloeosporoides* พบว่า มีสะสมของสาร Phytoalexin (Stilbene) เพิ่มขึ้น เพื่อต่อต้านการบุกรุกของเชื้อราก่อโรค ดังนั้น เมื่อทำการฉีดพ่นไคโตซานโอลิโกเมอร์ 0.5 และ 1 เปอร์เซ็นต์ ก่อนเก็บเกี่ยว 8 วัน จะสามารถกระตุ้นให้ลำไยพันธุ์ดอ สร้างสารต้านเชื้อ *Lasiodiplodia* sp. ได้ โดยไคโตซานโอลิโกเมอร์จะชักนำหรือเป็น elicitor ซึ่งเป็นกลไกที่ตอบสนองทางด้านเคมีทำให้ลำไยผลิตสาร phytoalexin ชนิดหนึ่ง ซึ่งเป็นสาร aliphatic compounds ซึ่งมีฤทธิ์ในการยับยั้งการเจริญของเชื้อดังกล่าว

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

5.4 ศึกษาการฉีดพ่นไคโตซานโอลิโกเมอร์ต่อเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคอายุการเก็บรักษาของลำไยหลังการเก็บเกี่ยว

5.4.1 เปอร์เซ็นต์การเกิดโรค

จากการฉีดพ่นลำไยด้วยไคโตซานโอลิโกเมอร์ความเข้มข้น 0.5 และ 1 เปอร์เซ็นต์ เมื่อถึงระยะเก็บเกี่ยว แล้วนำไปเก็บรักษาที่ 10 องศาเซลเซียส พบว่า ในวันที่ 15 จะพบการเจริญของเชื้อราที่สังเกตได้บนผิว โดยลำไยที่ผ่านการฉีดพ่นด้วยไคโตซานโอลิโกเมอร์ 1 เปอร์เซ็นต์ พบการเกิดโรค 25 เปอร์เซ็นต์ ไคโตซานโอลิโกเมอร์ 0.5 เปอร์เซ็นต์ พบการเกิดโรค 30 เปอร์เซ็นต์ ลำไยที่ผ่านการฉีดพ่นด้วยกรดอะซิติก 1 เปอร์เซ็นต์ พบการเกิดโรค 30 เปอร์เซ็นต์ ส่วนลำไยที่ไม่ฉีดพ่น จะพบการเกิดโรคถึง 50 เปอร์เซ็นต์ โดยผลลำไยที่ผ่านการฉีดพ่นทุกวิธีการ มีการเจริญของเชื้อราน้อยกว่าลำไยที่ไม่ฉีดพ่น (ชุดควบคุม) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (ตาราง 4.17)

ธรรมชาติพืชจะมีกลไกการป้องกันตัวเองซึ่งแบ่งได้เป็น 2 แบบ คือ กลไกทางด้านกายภาพและกลไกทางชีวเคมี โดยกลไกเหล่านี้จะถูกสร้างขึ้นเพื่อให้พืชสามารถป้องกันตัวเองจากการเข้าทำลายของเชื้อก่อโรคได้ โดยผลไม้จะมีการสร้าง phytoalexin และสิ่งมีชีวิตสามารถสร้างสาร secondary metabolite ได้หลายชนิด (ชัยวัฒน์, 2542) จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าไคโตซานสามารถกระตุ้นระบบป้องกันตัวในลำไย จึงทำให้มีเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคน้อยกว่าผลลำไยที่ไม่เคลือบผิว โดยไคโตซานโอลิโกเมอร์เป็นตัวชักนำให้เซลล์เจ้าบ้านสร้างสารพวก phenolic compounds ได้แก่ phytoalexins หรือ lignin compounds เมื่อมีความเข้มข้นสูงขึ้นถึงจุดหนึ่งก็สามารถขัดขวางการสังเคราะห์ RNA ในเซลล์ของราและนำไปสู่การลดลงของการเจริญเติบโตของเชื้อ (Hadwiger *et al*., 1986) เช่นเดียวกับในมะเขือเทศ (Bautista-Ban *et al*., 2005) และถั่วลิสง (Fajardo *et al*., 1995)

5.4.2 **อายุการเก็บรักษา**

ผลลำไยที่ผ่านการฉีดพ่นด้วยไคโตซานโอลิโกเมอร์ที่ความเข้มข้น 1 และ 0.5 เปอร์เซ็นต์, กรดอะซิติก 1 เปอร์เซ็นต์และไม่ฉีดพ่น เมื่อถึงระยะเก็บเกี่ยว นำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส พบว่า ลำไยทุกวิธีการ มีอายุการเก็บรักษา 12 วัน เนื่องจากมีเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคมากกว่า 25 เปอร์เซ็นต์ (ตาราง 4.18)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.17 เปอร์เซ็นต์การเกิดโรคของผลลำไยที่ผ่านการฉีดพ่นด้วยไคโตซานโอลิโกเมอร์ เมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส

วิธีการ	**เปอร์เซ็นต์การเกิดโรค**						
	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)						
	2	**4**	**6**	**8**	**10**	**12**	**14**
ไคโตซาน 1%	0	0	0	0	0	0	25b
ไคโตซาน 0.5%	0	0	0	0	0	0	30b
กรดอะซิติก 1%	0	0	0	0	0	0	30b
ไม่ฉีดพ่น	0	0	0	0	0	0	50a
CV%	ns	ns	ns	ns	ns	ns	30.67

ตาราง 4.18 อายุการเก็บรักษาของลำไยที่ผ่านการฉีดพ่นด้วยไคโตซานโอลิโกเมอร์ เมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส

สารเคลือบผิว	**อายุการเก็บรักษา (วัน)**
ไคโตซาน 1%	12
ไคโตซาน 0.5%	12
กรดอะซิติก 1%	12
ไม่ฉีดพ่น	12

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved