

## ผลของไคโตซานในการเคลือบผิวต่ออายุการเก็บรักษาของผลมะละกอ

### Effect of chitosan coating on storage life of papaya fruits

นันทน์ภัต เทพสำราญ<sup>1/</sup> โชคพิศิษฐ์ ชาญนันทพิพัฒน์<sup>1/</sup>  
วิไลกรณ์ บุญญกิจจินดา<sup>1/</sup> และปิยะบุตร วานิชพงษ์พันธุ์<sup>2/</sup>  
Nunnapats Thepsamran<sup>1/</sup>, Chockpisit Channuntapipat<sup>1/</sup>,  
Vilaiporn Boonyakitjinda<sup>1/</sup> and Piyabutr Wanichpongpan<sup>2/</sup>

#### บทคัดย่อ

ทำการตรวจสอบผลของไคโตซานในการเคลือบผิวต่ออายุการเก็บรักษาของมะละกอพันธุ์ฮาวายที่อุณหภูมิห้อง ( $28 \pm 2$  องศาเซลเซียส) โดยนำผลมะละกามาเคลือบด้วยไคโตซานความเข้มข้น 0, 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0% (น้ำหนัก/ปริมาตร) เปรียบเทียบกับเบนโนมิลความเข้มข้น 0.1% (น้ำหนัก/ปริมาตร) พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญระหว่างไคโตซาน 1.5% และเบนโนมิล 0.1% ต่ออายุการเก็บรักษาเฉลี่ยที่ 11.1 วัน และ 11.43 วันตามลำดับ แต่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญกับผลที่ไม่ได้เคลือบซึ่งมีอายุการเก็บรักษาเฉลี่ย 9.8 วัน นอกจากนี้ยังพบว่าไคโตซานมีประสิทธิภาพในการยับยั้งการงอกของสปอร์เชื้อรา *Colletotrichum* sp. สาเหตุโรคแอนแทรกโนสบนผลมะละกอหลังการเก็บเกี่ยว โดยทำการปลูกเชื้อด้วยสปอร์ความเข้มข้น  $10 \times 10^5$  สปอร์/มิลลิลิตรและตามด้วยการเคลือบผลด้วยไคโตซานความเข้มข้น 0-2% (น้ำหนัก/ปริมาตร) เปรียบเทียบกับเบนโนมิลความเข้มข้น 0.1% (น้ำหนัก/ปริมาตร) พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญระหว่างไคโตซาน 1-2% (น้ำหนัก/ปริมาตร) และเบนโนมิล 0.1% (น้ำหนัก/ปริมาตร) ที่มีอายุการเก็บรักษาที่ 6 วันโดยปราศจากการติดเชื้อ และให้ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับอายุการเก็บรักษาที่ 4 วันจากผลที่ไม่ได้รับการเคลือบ

#### Abstract

The effect of chitosan coating on storage life of papaya fruits 'Hawaii' cultivar stored at room temperature ( $28 \pm 2^\circ$  C) was investigated. Papaya fruits were coated with 0, 0.5, 1.0, 1.5 and 2.0%(W/V) chitosan compared to 0.1%(W/V) benomyl. The result revealed that there was no significant difference on storage life between the fruits coated with 1.5% chitosan and 0.1% benomyl (11.1 and 11.43 days, respectively ). However, treated fruits differed significantly from non-treated ones with average storage life of 9.86 days. Furthermore, chitosan was very effective in inhibiting fungal spore germination of *Colletotrichum* sp., causal agent of anthracnose, on postharvest papaya. Papaya fruits were inoculated with  $10 \times 10^5$  spores/ml and subsequently coated with 0-2% (W/V) chitosan compared to 0.1% (W/V) benomyl. Chitosan coating (1-2% W/V) proved as effective as 0.1% benomyl in extending the decay of papaya by 6 days without infection while non-coated fruits decayed after 4 days of storage.

<sup>1</sup> ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร นครปฐม

Department of Biology, Faculty of Science, Silpakorn University, Nakhon Pathom

<sup>2</sup> ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ เทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี กรุงเทพมหานคร

Department of Chemical Engineering, Faculty of Engineering, King Monkut's University of Technology Thonburi, Bangkok

## บทนำ

มะละกอ (*Carica papaya* L.) เป็นพืชที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของประเทศไทย เนื่องจากคนทั่วไปนิยมรับประทานทั้งผลดิบ ผลสุก และแปรรูป มีการจำหน่ายทั้งภายในประเทศและส่งออกต่างประเทศทำรายได้ให้แก่ประเทศไทยอย่างมาก (มนู, 2546) แต่ภายหลังการเก็บเกี่ยวมักประสบปัญหาการสุกเร็วและการเน่าเสีย เนื่องจากการเข้าทำลายของเชื้อจุลินทรีย์ โดยเฉพาะเชื้อรา *Colletotrichum gloeosporioides* ซึ่งเป็นสาเหตุของโรคน้ำหนักรวม ทำให้ผลผลิตเกิดการเสียหายเป็นจำนวนมาก (เอียน, 2530)

ปัจจุบันนิยมใช้สารฆ่าเชื้อรา เช่น เบนโนมิล ในการควบคุมเชื้อราหลังการเก็บเกี่ยว แต่สารดังกล่าวมีฤทธิ์ตกค้างนาน ถ้ามีการสะสมเป็นปริมาณมาก ๆ อาจทำให้เกิดอันตรายแก่ผู้บริโภคและสิ่งแวดล้อมได้ (PAN UK., 1997) ดังนั้นจึงได้มีการนำสารธรรมชาติเช่น ไคโตซานมาใช้แทนสารเคมีในการยืดอายุการเก็บรักษาและยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ (El Ghaouth et. al., 1991; Zhang and Quantick, 1997; 1998)

ไคโตซาน มีน้ำหนักโมเลกุลสูง มีประจุบวก เป็นอนุพันธ์ของไคตินที่ได้จากเปลือกกุ้ง เปลือกปู ซึ่งเป็นของเสียในอุตสาหกรรมอาหารทะเลแห้งแฉ่ง โดยการดึงหมู่อะซิทิล (acetyl group) ของไคตินด้วยด่างเข้มข้น (deacetylation) (Zhang and Quantick, 1997) หมู่อะซิทิล (-NHCOOCH<sub>3</sub>) ถูกเปลี่ยนเป็นหมู่เอมิโน (-NH<sub>2</sub>) ที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 2 จากสมบัติในการขึ้นรูปและยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ได้ทำให้มีการนำไคโตซานมาใช้ในการเคลือบผลไม้ เพื่อยืดอายุการเก็บรักษาให้นานขึ้น (Hirano and Nagao, 1989; El Ghaouth et. al., 1991)

## อุปกรณ์และวิธีการ

### 1. การหาดัชนีการสุกของมะละกอพันธุ์ฮาวาย

นำผลมะละกอพันธุ์ฮาวายที่แก่จัดผิวมีสีเขียวมาวางที่อุณหภูมิห้อง ( $28 \pm 2$  °C) สังเกตการสุกของมะละกอโดยคิดจากการเปลี่ยนสีที่ผิวของมะละกอจากเขียวไปเป็นเหลือง นำมาทำเป็นดัชนีของการสุกในระยะต่างๆ

### 2. การแยกเชื้อสาเหตุโรคพืชหลังการเก็บเกี่ยวมะละกอและการพิสูจน์โรคตามวิธีของ Koch (Koch's postulation)

- 2.1 นำผลมะละกอมาวางที่อุณหภูมิห้อง ( $28 \pm 2$  °C) จนเกิดโรค สังเกตและบันทึกอาการของโรค
- 2.2 เขี่ยเชื้อจากแผลหรือตัดชิ้นส่วนมาศึกษารูปร่างลักษณะของเชื้อ พร้อมบันทึกรูปร่างเชื้อที่พบ
- 2.3 แยกเชื้อจุลินทรีย์จากส่วนของพืชที่เป็นโรคให้ได้เชื้อบริสุทธิ์
- 2.4 นำเชื้อจุลินทรีย์บริสุทธิ์แต่ละชนิดไปทำการพิสูจน์ว่าเชื้อใดเป็นสาเหตุโรคพืช โดยนำเชื้อไปปลูกบนมะละกอปกติ
- 2.5 ทำซ้ำตั้งแต่ 2.3 –2.5 เพื่อเป็นการเปรียบเทียบและยืนยันผลการทดลอง

### 3. การศึกษาผลของไคโตซานต่อการยืดอายุการเก็บรักษามะละกอพันธุ์ฮาวาย

- 3.1 นำผลมะละกอที่แก่จัดระยะ 0-2 แบ่งเป็น 7 ชุด (treatment) คือ ชุดควบคุม ชุดที่เคลือบด้วยไคโตซานความเข้มข้นต่าง ๆ [0%, 0.5%, 1%, 1.5% และ 2% (น้ำหนัก/ปริมาตร)] และชุดที่เคลือบด้วยเบนโนมิล ความเข้มข้น 0.1% (น้ำหนัก/ปริมาตร) แล้วบันทึกน้ำหนักเริ่มต้นก่อนการทดลอง
- 3.2 ชุดที่เคลือบด้วยไคโตซานใช้วิธีทำให้ทั่วผล ส่วนชุดที่เคลือบเบนโนมิลใช้วิธีจุ่ม เป็นเวลา 1 นาที แล้วปล่อยให้แห้งที่อุณหภูมิห้องภายใน 1 ชั่วโมง
- 3.3 เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง ( $28 \pm 2$  °C)
- 3.4 สังเกตการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นกับมะละกอทุกวันเพื่อบันทึกระยะเวลาการสุกของมะละกอ อายุการเก็บรักษามะละกอหลังการเก็บเกี่ยว เปรูเซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของมะละกอ โดยคิดจำนวนวันการเก็บรักษาวันสุดท้ายก่อนที่มะละกอจะเริ่มเน่า

หมายเหตุ : 0% ไคโตซาน คือผลที่เคลือบด้วย 2% กรดกลูตามิก

#### 4. การศึกษาผลของไคโตซานในการเคลือบมะละกอพันธุ์ฮาวายต่อการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา

- 4.1 นำผลมะละกอมาแช่สปอร์แขวนลอย (spore suspension) ความเข้มข้น  $1.0 \times 10^5$  สปอร์/มิลลิลิตร เป็นเวลา 1 นาทีโดยใส่ 0.1% Tween 20 ปริมาตร 1 มิลลิลิตร
- 4.2 ปล่อยให้แห้งที่อุณหภูมิห้องภายใน 1 ชั่วโมง
- 4.2 นำผลมะละกอมาเคลือบด้วยไคโตซานความเข้มข้น 0%, 0.5%, 1%, 1.5% และ 2% (น้ำหนัก/ปริมาตร) และเบโนมิล ความเข้มข้น 0.1% (น้ำหนัก/ปริมาตร)
- 4.4 ปล่อยให้แห้งที่อุณหภูมิห้องภายใน 1 ชั่วโมง
- 4.5 นำมะละกอดังกล่าวใส่ไว้ในถุงพลาสติก เป็นเวลา 24 ชั่วโมง
- 4.6 เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง ( $28 \pm 2^\circ \text{C}$ )
- 4.7 เก็บผลโดยบันทึกอายุการเก็บรักษามะละกอและระดับการเกิดโรคของมะละกอ โดยกำหนดระดับการเกิดโรคนี้อย่างนี้
  - 1 = ไม่มีอาการติดเชื้อ
  - 2 = มีอาการติดเชื้อ 25% ของพื้นที่ผิวทั้งหมด
  - 3 = มีอาการติดเชื้อ 50% ของพื้นที่ผิวทั้งหมด
  - 4 = มีอาการติดเชื้อ 70% ของพื้นที่ผิวทั้งหมด
  - 5 = มีอาการติดเชื้อ 90% ของพื้นที่ผิวทั้งหมด

#### ผลการทดลอง

##### 1. ผลของการหาดัชนีการสุกของมะละกอพันธุ์ฮาวาย

แบ่งระยะการสุกได้เป็น 6 ระยะ คือช่วง 0-5 ดังนี้ (รูปที่ 1)

- ระยะ 0 = ผิวมะละกอแก่เต็มที่มีสีเหลืองประมาณ 5%
- ระยะ 1 = ผิวมะละกอมีสีเหลืองประมาณ 15%
- ระยะ 2 = ผิวมะละกอมีสีเหลืองประมาณ 25%
- ระยะ 3 = ผิวมะละกอมีสีเหลืองปานกลางประมาณ 50%
- ระยะ 4 = ผิวมะละกอมีสีเหลืองเกือบทั้งผลประมาณ 75%
- ระยะ 5 = ผิวมะละกอมีสีเหลืองทั้งผลประมาณ 100%



ระยะ 0

ระยะ 1

ระยะ 2

ระยะ 3

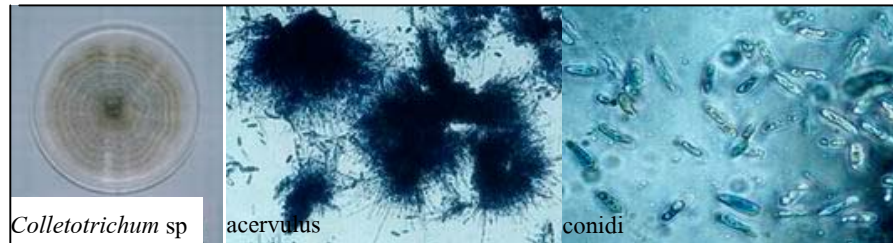
ระยะ 4

ระยะ 5

รูปที่ 1 แสดงดัชนีระยะการสุกของมะละกอ 6 ระยะ

## 2. ผลการแยกเชื้อสาเหตุโรคพืชหลังการเก็บเกี่ยวมะละกอและการพิสูจน์โรคตามวิธีของ Koch

การแยกเชื้อสาเหตุโรคพืชของมะละกอพันธุ์ฮาวายโดยวิธีของ Koch จากแผลติดเชื้อที่มีลักษณะคล้ายโรคแอนแทรกโนส สามารถหาเชื้อ *Colletotrichum* sp. ซึ่งเป็นสาเหตุของโรคได้ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 แสดงลักษณะของเชื้อรา *Colletotrichum* sp.

## 3. ผลของไคโตซานต่อการยืดอายุการเก็บรักษามะละกอพันธุ์ฮาวาย

### 3.1 ผลของไคโตซานต่ออายุการเก็บรักษามะละกอพันธุ์ฮาวาย

ผลมะละกอที่เคลือบด้วยสารละลาย 0.1% เบโนมิล 2%, 1.5% และ 1% ไคโตซาน มีอายุการเก็บรักษาได้นานที่สุดคือ 11.43, 11.36, 11.11 และ 10.45 วัน ตามลำดับ ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 แสดงอายุการเก็บรักษาเฉลี่ยของมะละกอพันธุ์ฮาวายที่อุณหภูมิห้อง ( $28 \pm 2^{\circ}\text{C}$ ) โดยเคลือบผิวของมะละกอด้วยไคโตซานความเข้มข้น 0-2 % เปรียบเทียบกับเบโนมิลความเข้มข้น 0.1 %

ชุดการทดลอง	ระยะเวลาการเก็บรักษาเฉลี่ย (วัน) <sup>1/</sup>
ชุดควบคุม	$9.86 \pm 1.17$ a
0% ไคโตซาน	$10.05 \pm 1.41$ a
0.5% ไคโตซาน	$10.27 \pm 1.34$ ab
1.0% ไคโตซาน	$10.45 \pm 1.53$ bc
1.5% ไคโตซาน	$11.11 \pm 1.53$ bc
2.0% ไคโตซาน	$11.36 \pm 1.53$ bc
0.1% เบโนมิล	$11.43 \pm 1.48$ c

<sup>1/</sup> ค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 22 ซ้ำซ้ำละ 2 ผล

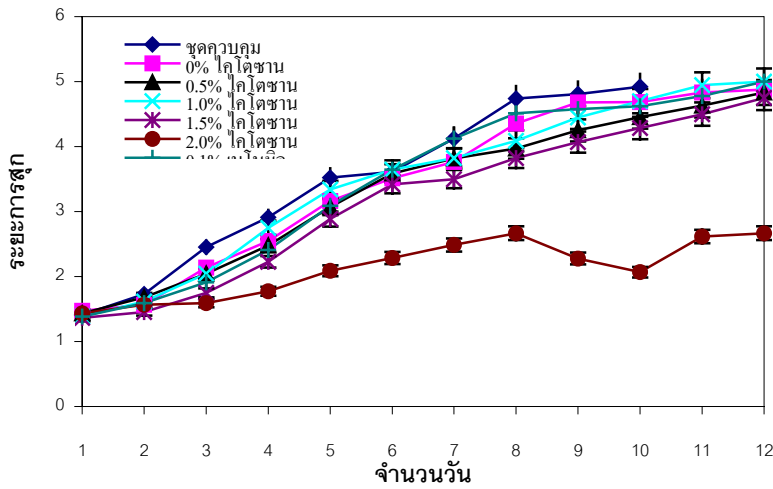
ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

ตามการวิเคราะห์ทางสถิติแบบ Duncan's new multiple rang test ที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

### 3.2 ผลของไคโตซานต่อระยะเวลาการสุกของมะละกอพันธุ์ฮาวายในช่วงที่เก็บรักษา

10 วันหลังการเก็บรักษามะละกอ (รูปที่ 5) พบว่ามะละกอที่เคลือบด้วย 1.5% ไคโตซานมีระยะเวลาสุกน้อยที่สุด โดยอยู่ในระยะการสุกเฉลี่ยที่ 4.29 รองลงมาเป็น 0.5% ไคโตซาน 0.1% เบโนมิล 1%, 0% ไคโตซาน และชุดควบคุม ซึ่งอยู่ในระยะการสุกเฉลี่ยที่ 4.46, 4.62, 4.70, 4.78 และ 5.00 ตามลำดับ (รูปที่ 2) มะละกอในชุดควบคุมเริ่มเกิดการเน่าเสียจึงไม่สามารถเก็บผลได้ต่อไป ในวันที่ 12 ของการเก็บรักษาพบว่ามะละกอที่เคลือบด้วย 1.5% ไคโตซานมีระยะเวลาสุกน้อยที่สุด ซึ่งอยู่ในระยะการสุก

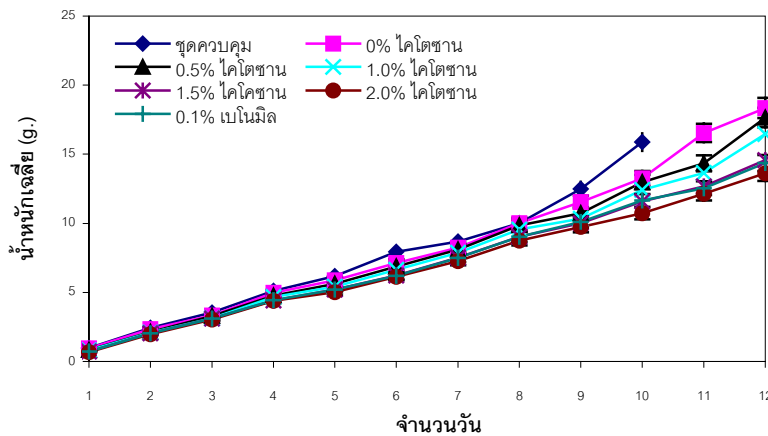
เฉลี่ยที่ 4.75 รองลงมาเป็น 0.5%, 0%, 1% ไคโตซาน และ 0.1% เบโนไมลซึ่งอยู่ในระยะการสุกเฉลี่ยที่ 4.83, 4.86, 5.00 และ 5.00 ตามลำดับ ส่วนมะละกอกที่เคลือบด้วย 2% ไคโตซาน แม้จะสามารถเก็บรักษาได้ 12 วันและมีระยะการสุกเฉลี่ยน้อยที่สุดคือ 2.67 แต่มีการสุกที่ผิดปกติและผิวมะละกอมีการสุกไม่สม่ำเสมอ ผลที่ขวนิมนและเน่าเสีย



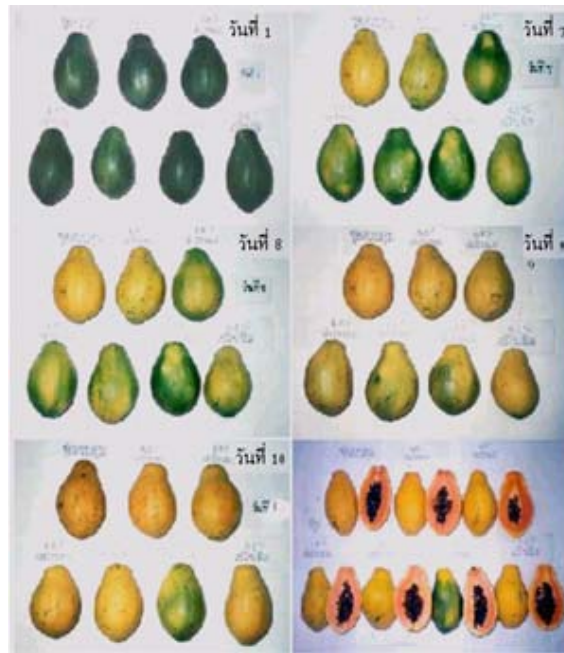
รูปที่ 3 แสดงระยะการสุกเฉลี่ยของมะละกอกพันธุ์สวายที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง ( $28 \pm 2^{\circ}\text{C}$ ) โดยเคลือบผิวของมะละกอกด้วย ไคโตซานความเข้มข้น 0-2 % เปรียบเทียบกับเบโนไมลความเข้มข้น 0.1 %

### 3.3 ผลของไคโตซานในการเคลือบผลมะละกอกพันธุ์สวายต่อเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก

วันที่ 10 หลังการเก็บรักษามะละกอก (รูปที่ 5) พบว่ามะละกอกที่เคลือบด้วย 1.5% ไคโตซาน มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักเฉลี่ยน้อยที่สุดคือ 11.58% รองลงมาเป็น 0.1% เบโนไมล 1%, 0.5%, 0% ไคโตซาน และชดควบคุม ซึ่งมีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักเฉลี่ยเป็น 11.65, 12.42, 12.99, 13.25 และ 15.88% ตามลำดับ (รูปที่ 4) มะละกอกในชดควบคุมไม่สามารถเก็บรักษาได้ต่อไป เนื่องจากเริ่มเกิดการเน่าเสีย ในวันที่ 12 ของการเก็บรักษามะละกอก พบว่า มะละกอกที่เคลือบด้วย 0.1% เบโนไมล มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักเฉลี่ยน้อยที่สุด คือ 14.37% รองลงมาเป็น 1.5%, 1%, 0.5% และ 0% ไคโตซาน ซึ่งมีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักเฉลี่ยเป็น 14.57, 16.46, 17.65 และ 18.35% ตามลำดับ ส่วนมะละกอกที่เคลือบด้วย 2% ไคโตซาน แม้จะสามารถเก็บรักษาได้ 12 วันและมีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักเฉลี่ยน้อยที่สุดคือ 13.61% แต่มะละกอกชุดนี้มีลักษณะการสุกที่ผิดปกติเช่นเดียวกับการทดลอง 3.2



รูปที่ 4 แสดงเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักเฉลี่ยของมะละกอกพันธุ์สวายที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง ( $28 \pm 2^{\circ}\text{C}$ ) โดยเคลือบผิวของมะละกอกด้วย ไคโตซานความเข้มข้น 0-2 % เปรียบเทียบกับ เบโนไมลความเข้มข้น 0.1%



**รูปที่ 5** แสดงระยะการสุกของมะละกอพันธุ์ฮาวายที่เก็บรักษาเป็นเวลา 10 วัน

แถวบน: ผลที่ 1 = ชุดควบคุม ผลที่ 2 = 0% โคลโตซาน ผลที่ 3 = 0.5% โคลโตซาน

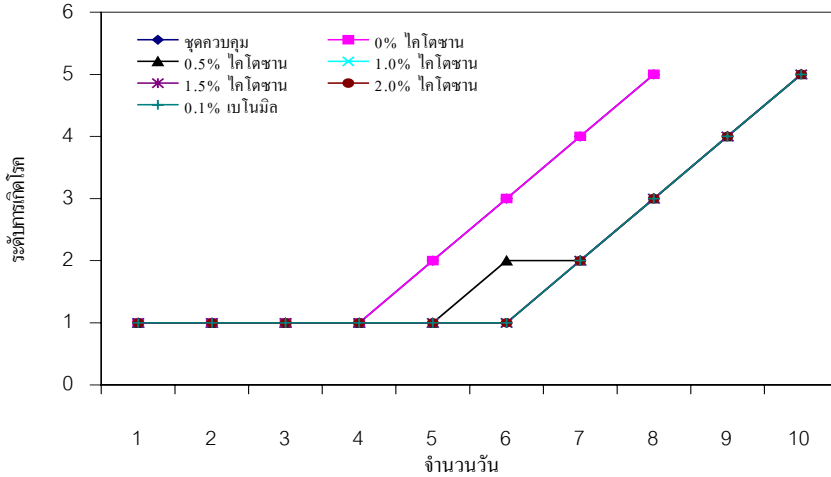
แถวล่าง: ผลที่ 4 = 1% โคลโตซาน ผลที่ 5 = 1.5% โคลโตซาน ผลที่ 6 = 2% โคลโตซาน

ผลที่ 7 = 0.1% เบนโนมิล

#### 4. ผลของโคลโตซานในการเคลือบมะละกอพันธุ์ฮาวายต่อการยับยั้งเชื้อรา *Colletotrichum* sp.

##### 4.1 ผลของโคลโตซานในการเคลือบผลมะละกอต่อการเกิดโรคหลังปลูกเชื้อ

ในช่วง 4 วันแรกของการเก็บรักษาทุกชุดการทดลองยังไม่แสดงอาการติดเชื้อบนผิวผลมะละกอ (รูปที่ 7) เมื่อเริ่มเข้าวันที่ 5 ของการเก็บรักษา (รูปที่ 8) มะละกอในชุดควบคุมและที่เคลือบ 0 % โคลโตซาน เริ่มมีอาการติดเชื้อที่ระดับ 2 และมีการติดเชื้อระดับ 5 ในวันที่ 8 ส่วนที่ 0.5% โคลโตซาน เริ่มมีอาการติดเชื้อระดับ 2 ในวันที่ 6 ของการเก็บรักษา แต่สภาพการติดเชื้อเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยยังไม่ถึงระดับ 3 ในวันที่ 7 ส่วน 1%, 1.5%, 2% โคลโตซาน และ 0.1% เบน-โนมิล เริ่มแสดงอาการติดเชื้อระดับ 2 ในวันที่ 7 การใช้ 0.5%, 1.0%, 1.5%, 2.0% โคลโตซานและ 0.1% เบนโนมิล จะเข้าสู่การติดเชื้อระดับ 5 ในวันที่ 10 แต่ถ้าดูจากลักษณะภายนอกแล้ว เมื่อมะละกอติดเชื้อถึงระดับ 4 ก็ไม่สามารถจำหน่ายให้แก่ผู้บริโภคได้ ดังนั้นมะละกอในชุดควบคุมและเคลือบ 0% โคลโตซาน จึงมีอายุการเก็บรักษาได้เพียง 6 วัน ส่วนมะละกอที่เคลือบด้วย 0.5%, 1%, 1.5% และ 2% โคลโตซาน และ 0.1% เบนโนมิล มีอายุการเก็บรักษาได้ 8 วัน



รูปที่ 6 แสดงระดับการเกิดโรคของมะละกอที่ปลูกเชื้อ *Colletotrichum* sp. ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง ( $28 \pm 2^{\circ}\text{C}$ ) แล้วเคลือบผิวของมะละกอด้วยโคลโตซานความเข้มข้น 0-2 % เปรียบเทียบกับเบนโนมิลความเข้มข้น 0.1 %

#### 4.2 ผลของโคลโตซานในการเคลือบมะละกอพันธุ์ฮาวายต่ออายุการเก็บรักษาหลังการปลูกเชื้อ *Colletotrichum* sp.

ภายหลังการเก็บรักษาพบว่าการเคลือบผิวมะละกอด้วย 0.1%เบนโนมิล สามารถเก็บรักษามะละกอได้นานที่สุดคือ 10.31 วัน รองลงมาเป็น 1.5%, 1.0% และ 2.0% โคลโตซาน ซึ่งมีอายุการเก็บรักษาเฉลี่ยคือ 10.25, 10.00 และ 9.92 วัน โดยทั้ง เบนโนมิล และโคลโตซานทั้ง 3 ความเข้มข้นมีอายุการเก็บรักษาที่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ส่วน 0.5% โคลโตซาน จะให้อายุการเก็บรักษา 9.78 วัน โดยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับ 0% โคลโตซาน และชุดควบคุมคือ 9.14 และ 9.00 วัน ตามลำดับ (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 แสดงอายุการเก็บรักษาเฉลี่ยมะละกอพันธุ์ฮาวายที่ได้รับการปลูกเชื้อ *Colletotrichum* sp. เก็บรักษาอุณหภูมิห้อง ( $28 \pm 2^{\circ}\text{C}$ ) และเคลือบผิวของมะละกอด้วยโคลโตซานความเข้มข้น 0-2 % เปรียบเทียบกับเบนโนมิล ความเข้มข้น 0.1 %

ชุดการทดลอง	ค่าเฉลี่ยของการเก็บรักษา (วัน) <sup>1/</sup>
ชุดควบคุม	$9.00 \pm 0.72$ a
0% โคลโตซาน	$9.14 \pm 0.68$ a
0.5% โคลโตซาน	$9.78 \pm 0.80$ b
1.0% โคลโตซาน	$10.00 \pm 0.83$ bc
1.5% โคลโตซาน	$10.25 \pm 0.77$ bc
2.0% โคลโตซาน	$9.92 \pm 0.77$ bc
0.1%เบนโนมิล	$10.31 \pm 0.71$ c

<sup>1/</sup> ค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 18 ซ้ำซ้ำละ 2 ผล

ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ตามการวิเคราะห์ทางสถิติแบบ Duncan's new multiple rang test ที่ระดับความเชื่อมั่น 99%





รูปที่ 7 แสดงการเกิดโรคบนผิวมะละกอพันธุ์ฮาวายที่ได้รับการปลูกเชื้อก่อนเคลือบผิวด้วยไคโตซาน

แถวบน: ผลที่ 1 = ชุดควบคุม ผลที่ 2 = 0% ไคโตซาน ผลที่ 3 = 0.5% ไคโตซาน

แถวล่าง: ผลที่ 4 = 1% ไคโตซาน ผลที่ 5 = 1.5% ไคโตซาน ผลที่ 6 = 2% ไคโตซาน

ผลที่ 7 = 0.1% เบนโนมิล

### สรุปและอภิปรายผล

ผลการหาดัชนีระยะการสุกของมะละกอพันธุ์ฮาวายแบ่งเป็น 6 ระยะ ช่วง 0-5 และทำการแยกเชื้อสาเหตุโรคพืชด้วยวิธีของ Koch ได้เชื้อ *Colletotrichum* sp. ซึ่งเป็นสาเหตุของโรคแอนแทรคโนส

มะละกอที่เคลือบด้วยไคโตซานความเข้มข้น 1%, 1.5% และ 2% และเคลือบด้วยเบนโนมิลความเข้มข้น 0.1% สามารถทำให้มะละกอมีอายุการเก็บรักษานานที่สุดและสามารถยับยั้งเชื้อรา *Colletotrichum* sp. ได้โดยไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนไคโตซานความเข้มข้นอื่น ๆ สามารถยืดอายุการเก็บรักษาและยับยั้งเชื้อดังกล่าวได้เช่นกัน นอกจากนี้ยังทำให้มะละกอเข้าสู่ระยะการสุกช้าและมีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักต่ำกว่าชุดควบคุม ทั้งนี้เนื่องจาก

ไคโตซานมีสมบัติเป็น elicitor ในการกระตุ้นให้พืชเกิดการป้องกันตัวเอง โดยไปชักนำการทำงานของเอนไซม์ chitinase, chitosanase หรือ  $\beta$ , 1-3 glucanase (El Ghaouth et al., 1992; Hirano and Nagao, 1989; Zhang and Quantick, 1997; 1998) ซึ่งเอนไซม์ดังกล่าวจะเข้าไปยับยั้งการเจริญและเข้าทำลายผนังเซลล์ของเชื้อจุลินทรีย์ จึงช่วยลดการเข้าทำลายของเชื้อจุลินทรีย์ทำให้เก็บรักษามะละกอได้นานขึ้น และการที่มีหมู่ฟังก์ชันที่มีความว่องไวในการเกิดปฏิกิริยา คือหมู่อะมิโน ( $-NH_2$ ) ที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 2 (C-2) หมู่ primary alcohol ( $-CH_2OH$ ) ที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 6 (C-6) และ secondary alcohol ( $-CHOH$ ) ที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 3 (C-3) ประกอบกับการปรับปรุงโครงสร้างทางเคมีของไคโตซานในขั้นตอนการผลิต ทำให้หมู่ฟังก์ชันทั้ง 3 นี้สามารถก่อรูปเป็นฟิล์มบาง ๆ โดยฟิล์มดังกล่าวมีสมบัติในการที่ขอมให้อากาศและน้ำผ่านเข้าออกได้ (semi-permeable) (Zhang and Quantick, 1998) ฟิล์มดังกล่าวจะไปช่วยลดอัตราการหายใจ อัตราการคายน้ำ การแลกเปลี่ยนแก๊สระหว่างภายในผลกับบรรยากาศภายนอกน้อยลง ทำให้มะละกอเข้าสู่ระยะการสุกช้าและมีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักน้อยลง ไคโตซานความเข้มข้น 0% แม้จะไม่มีไคโตซานเป็นส่วนประกอบ แต่เนื่องจากกรดกลูตามิกซึ่งเป็นกรดอินทรีย์ที่ใช้ในการละลายไคโตซาน มีหมู่อะมิโน ( $-NH_2$ ) ที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 2 ซึ่งเป็นหมู่ฟังก์ชันที่มีความว่องไวในการเกิดปฏิกิริยาเหมือนกับที่พบในไคโตซานคือช่วยในการก่อขึ้นรูป จึงเกิดฟิล์มบาง ๆ เคลือบผิวมะละกอ ส่วนไคโตซานความเข้มข้น 2.0% แม้สามารถเก็บรักษามะละกอได้นาน 12 วันเท่ากับการทดลองอื่น สามารถเข้าสู่ระยะการสุกและมีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักน้อยที่สุด แต่ไม่สามารถพัฒนากระบวนการสุกให้เข้าสู่ระยะการสุกช่วงที่ 5 ได้ อาจเนื่องมาจากเป็นความเข้มข้นที่สูงเกินไปสำหรับโรคเคลือบมะละกอ ทำให้เกิดการดึงน้ำในผลมะละกอผลจึงเหี่ยวและไม่สามารถเข้าสู่ระยะการสุกได้ เบนโนมิลเป็นสารเคมีประเภทดูดซึม (systemic



fungicides) ในกลุ่ม Benzimidazole จึงแทรกซึมเข้าสู่เนื้อเยื่อพืชได้ง่ายและยังมีประสิทธิภาพในการกำจัดเชื้อจุลินทรีย์อย่างกว้างขวาง โดยสารกลุ่มนี้จะเข้าไปขัดขวางการสังเคราะห์กรดนิวคลีอิก การแบ่งเซลล์ และยับยั้งกระบวนการหายใจ จึงช่วยลดการทำลายของเชื้อจุลินทรีย์ต่าง ๆ ที่อาจติดมากับผลมะละกอในช่วงก่อนการเก็บเกี่ยว ระหว่างการเก็บเกี่ยว ขณะขนส่งหรือระหว่างการเก็บรักษา ซึ่งอาจอยู่ในรูปของจุลินทรีย์ที่ติดอยู่ที่ผิวหรือจุลินทรีย์ที่พักตัวอยู่ในเนื้อเยื่อพืชในสภาวะแฝง (เบญจวรรณ และ ประสิทธิ์, 2540; ณัฐพล และจริงแท้, 2544) เบนอิมิลยังสามารถสร้างฟิล์มบาง ๆ เคลือบผิวมะละกอจึงทำให้มีอัตราการคายน้ำน้อยลง และการแลกเปลี่ยนแก๊สระหว่างภายในผลกับบรรยากาศภายนอกน้อยลง ทำให้มะละกอเข้าสู่ระยะการสุกช้าและมีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักน้อยลงจึงมีอายุการเก็บรักษานานขึ้น

### เอกสารอ้างอิง

- ณัฐพล วิรุฬญาณ และ จริงแท้ ศิริพานิช. (2544). สารระงับผล. การควบคุมโรคหลังการเก็บเกี่ยวบนผลมะละกอพันธุ์ชันไรส์โซโล. เบญจวรรณ และ ประสิทธิ์ ชูติชูเดช. (2540). แก่นเกษตร. "การศึกษาวิธีการยืดอายุการเก็บเกี่ยวผลมะละกอ".
- เอียน ศิลลาชัย. (2530). การป้องกันและกำจัดโรคของไม้ผล. กรมวิชาการเกษตร กองโรคพืชและจุลชีววิทยา.
- El Ghaouth, A., Arul, J., Ponnampalam, R. and Boulet, M. (1991) . Chitosan coating effect on storability and quality of fresh strawberries . *Journal of Food Science*, 56, 1618-1620 .
- El Ghaouth, A., Arul, J., Grenier, J. and Asselin, A. (1992). Antifungal Activity of chitosan on Two Postharvest Pathogens of Strawberry fruits. *Postharvest Phytopathology*. 82, 398-402.
- Hirano. S. and Nagao, N. (1989) . Effect of chitosan, pectic acid, lysozyme and chitinase on the growth of several phytopathogens. *Agricultural Biochemistry*, 53, 3056-3066.
- Zhang, D. and Quantick, P.C. (1997). Effects of chitosan coating on enzymatic browning and decay during postharvest storage of litchi (*Litchi chinensis* Sonn.) fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 12, 195-202.
- Zhang, D. and Quantick, P.C. (1998). Antifungal effects of chitosan coating on fresh strawberries and raspberries during storage. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 73 (6), 763-767.
- มนู โป้สมบูรณ์. (2546). มะละกอ. [Online]. Available: <http://www.doae.go.th/plant/papaya/papaya.htm>
- PAN UK (2003) Benomy1 [Online]. Available:<http://www.pan-uk.org>