Agricultural Sci. J. 47 : 3 (Suppl.) : 22-26 (2016) ว. วิทย. กษ. 47 : 3 (พิเศษ) : 22-26 (2559)

ผลของสารเคลือบไคโทซานและกัมอะราบิกต่อการต้านแบคทีเรียที่ก่อให้เกิดโรคและการเน่าเสียของมะม่วงหั่นชิ้นที่อุณหภูมิ 5 °C

Antimicrobial Activity of Chitosan and Gum Arabic Edible Coating Against Pathogenic and Spoilage Bacteria in Fresh-cut Mango (*Mangifera indica* L.) During Storage at 5 °C

นันทา เป็งเนตร์[1] บุญส่ง แสงอ่อน[1] และ พีระศักดิ์ ฉายประสาท[1,2,3]

Nantha Pengnet[1], Boonsong Sang-On[1] and Peerasak Chaiprasart[1,2,3]

Abstract

This research was to study the impact of chitosan and gum arabic edible coating on quality and safety aspects of fresh-cut mango. Coated fresh-cut mango with 0.25% chitosan and 5.0% gum arabic and uncoated (control) were inoculated with *Erwinia* sp. and *Escherichia coli* TISTR 780 (0.1 ml for every fresh-cut, the level of 10^5 CFU g^{-1}). All treatments were packed in polypropylene plastic boxes and wrapped with nylon low density polyethylene and stored at 5 ºC, 90% relative humidity (RH). It was found that coating fresh-cut mango with 0.25% chitosan and 5.0% gum arabic resulted in the decrease of *Erwinia* sp. and *Escherichia coli* TISTR 780 population on fresh-cut mangoes by day 6 decreased 4.49 log CFU g^{-1} and 4.50 log CFU g^{-1}, respectively, whereas in uncoated fresh-cut mango. *Erwinia* sp. and *Escherichia coli* TISTR 780 increased to 6.40 log CFU g^{-1} and 6.36 log CFU g^{-1}, respectively. Chitosan and gum arabic coating significantly ($p<0.05$) reduced *Erwinia* sp. and *Escherichia coli* TISTR 780 on fresh-cut mango.

Keywords: chitosan, gum arabic, microorganism

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาผลของสารเคลือบผิวไคโทซานและกัมอะราบิกที่มีต่อคุณภาพและความปลอดภัยของเนื้อมะม่วงหั่นชิ้น โดยการนำแบคทีเรีย *Erwinia* sp. และ *Escherichia coli* TISTR 780 ซึ่งเป็นแบคทีเรียที่ก่อให้เกิดการเน่าเสียและก่อให้เกิดโรค ที่ระดับความเข้มข้น 10^5 cfu g^{-1} ปริมาตร 0.1 มิลลิลิตร มาปลูกเชื้อลงบนผิวของเนื้อมะม่วงหั่นชิ้น โดยมีเนื้อมะม่วงหั่นชิ้นที่ไม่ผ่านการเคลือบผิวเป็นชุดควบคุม และเนื้อมะม่วงหั่นชิ้นที่เคลือบไคโทซานและกัมอะราบิกที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.25 และ 5.0 ตามลำดับ ได้บรรจุตัวอย่างทุกชุดการทดลองลงในกล่องพลาสติกพอลิโพรพิรีนและหุ้มด้วยพลาสติกไนลอนพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำ และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 °ซ ความชื้นสัมพัทธ์ 90% ผลการทดลองพบว่าในวันที่ 6 ของการเก็บรักษาเนื้อมะม่วงหั่นชิ้นที่เคลือบผิวด้วยไคโทซานและกัมอะราบิก มีปริมาณเชื้อ *Erwinia* sp. และ *Escherichia coli* TISTR 780 ลดลงเป็น 4.49 log cfu g^{-1} และ 4.50 log cfu g^{-1} ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับเนื้อมะม่วงที่ไม่ผ่านการเคลือบผิว มีปริมาณเชื้อ *Erwinia* sp. และ *Escherichia coli* TISTR 780 เพิ่มสูงขึ้นเป็น 6.40 log cfu g^{-1} และ 6.36 log cfu g^{-1} ตามลำดับ การเคลือบผิวเนื้อมะม่วงหั่นชิ้นด้วยไคโทซานและกัมอะราบิกสามารถช่วยลดปริมาณการปนเปื้อนของเชื้อ *Erwinia* sp. และ *Escherichia coli* TISTR 780 ได้

คำสำคัญ: ไคโทซาน กัมอะราบิก จุลินทรีย์

คำนำ

มะม่วงน้ำดอกไม้หั่นชิ้นเป็นผลิตภัณฑ์ที่สามารถตอบสนองต่อความต้องการของผู้บริโภคได้เป็นอย่างดี แต่มีข้อจำกัดในระหว่างการรอจัดจำหน่ายและการเก็บรักษา คือ การเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลที่ผิวเนื้อมะม่วงที่เร่งด้วยเอนไซม์และการเน่าเสียที่เกิดจากจุลินทรีย์ (Rattanapanone *et al*., 2001) ซึ่งนำไปสู่ผลกระทบด้านคุณภาพและการยอมรับของผู้บริโภค โดยปกติผลไม้สดพร้อมบริโภคจะมีอายุการวางจำหน่ายไม่เกิน 7 วัน ดังนั้นกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข (2553) จึง

[1]คณะเกษตรศาสตร์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวรพิษณุโลก 65000

[1]Faculty of Agriculture Natural Resources and Environment, Naresuan University, Phisanulok 6500

[2] สถานวิจัยเพื่อความเป็นเลิศทางวิชาการด้านเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยนเรศวร จ.พิษณุโลก 65000

[2] Center of Academic Excellence in Postharvest Technology, Naresuan University, Phitsanulok 65000

[3]ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว ภาคีมหาวิทยาลัยนเรศวร จ.พิษณุโลก 65000

[3]Postharvest Technology Innovation Center, Naresuan University, Phitsanulok 65000

ได้กำหนดเกณฑ์คุณภาพทางด้านจุลชีววิทยาสำหรับผลไม้สดพร้อมบริโภค คือต้องมีปริมาณแบคทีเรียทั้งหมดน้อยกว่า $1x10^6$ โคโลนีต่อกรัม ปริมาณโคลิฟอร์มแบคทีเรียน้อยกว่า 500 โคโลนีต่อกรัม ปริมาณยีสต์น้อยกว่า $1x10^4$ โคโลนีต่อกรัม ปริมาณราน้อยกว่า 500 โคโลนีต่อกรัม เชื้อ *E.coli* น้อยกว่า 10 โคโลนีต่อกรัม และต้องตรวจไม่พบ *Salmonella* ในผลิตภัณฑ์ การปนเปื้อนจุลินทรีย์ของผลไม้ตัดแต่งพร้อมบริโภคมักพบในขั้นตอนของการปอกเปลือกและหั่นเป็นชิ้น ส่งผลทำให้เนื้อเยื่อผลไม้ถูกทำลายและเกิดการปนเปื้อนจากจุลินทรีย์ที่ติดมากับน้ำและสิ่งแวดล้อม การปนเปื้อนในผลไม้หั่นชิ้นเนื่องจากพื้นที่ผิวสัมผัสทำให้ง่ายต่อการเข้ายึดเกาะของจุลินทรีย์และก่อให้เกิดการเน่าเสียเร็วกว่าผลไม้ที่ไม่ได้ผ่านกระบวนการแปรรูป จุลินทรีย์ที่พบในผลไม้สดตัดแต่งพร้อมบริโภคและสามารถเจริญได้ที่อุณหภูมิต่ำ ได้แก่ *Listeria monocytogenes*, *Yersinia enterolitica*, *Salmonella* spp. และ *Aeromonas hydrophila* (Laurila and Ahvenainen, 2002) นอกจากนี้ยังพบการปนเปื้อนจากจุลินทรีย์ชนิดที่ทำให้เกิดโรคเกี่ยวกับระบบทางเดินอาหาร ได้แก่ *Salmonella* spp. *Escherichia coli Listeria* spp. *Shigella* spp. และ *Staphylococcus aureus* (Beuchat, 2002) การใช้สารเคลือบผิวที่บริโภคได้จะช่วยป้องกันการปนเปื้อนจากจุลินทรีย์ได้
(สุดคะนึง, 2546)

ไคโทซาน เป็นสารเคลือบผิวจากธรรมชาติมีความสามารถในการเกิดฟิล์มที่ดี ป้องกันการซึมผ่านของแก๊ส (O_2 และ CO_2) ได้ดี (Chien *et al*., 2007; Eissal, 2007) ใช้เป็นสารป้องกันราและแบคทีเรียได้ (Muzzarelli, 2003) Chien *et al* (2007) ได้รายงานว่าสารเคลือบผิวไคโทซานสามารถชะลอการสูญเสียน้ำ คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส และยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ในเนื้อมะม่วงตัดแต่งพันธุ์เออร์วิน (Irwin) ตลอดระยะการเก็บรักษา เป็นเวลา 7 วัน ส่วนกัมอะราบิกเป็นไฮโดรคอลลอยด์ที่สามารถละลายได้ดีในน้ำและทนต่อค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) การสร้างฟิล์มของกัมอะราบิกเกิดจากส่วนของอะราบิโนกาแล็กแทน (arabinogalactan) มีสมบัติเป็นสารปกป้องที่ดี สามารถป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ (วรรณา, 2549) ซึ่ง Mehdi *et al*. (2011) ได้พบว่าการใช้กัมอะราบิกความเข้มข้นร้อยละ 10 ร่วมกับไคโทซานความเข้มข้นร้อยละ 1.0 เป็นสารเคลือบผิวกล้วยสายพันธุ์ Pisang Berangan สามารถช่วยลดการสูญเสียน้ำหนักและปริมาณของแข็งที่ละลายในน้ำได้ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาเป็นเวลา 33 วัน สำหรับในการผลิตเนื้อมะม่วงน้ำดอกไม้หั่นชิ้นยังพบปัญหาด้านการปนเปื้อนจากจุลินทรีย์และการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลที่ผิวของเนื้อมะม่วง ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้ศึกษาประสิทธิภาพของการใช้สารเคลือบผิวไคโทซานและกัมอะราบิกต่อการยับยั้งการเจริญของเชื้อ *Erwinia* sp. และ *E.coli* ในเนื้อมะม่วงหั่นชิ้นที่อุณหภูมิ 5 °ซ

อุปกรณ์และวิธีการ

1. คัดเลือกผลมะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์ 4 ที่มีความบริบูรณ์ร้อยละ 80 น้ำหนักผลละประมาณ 350-400 กรัม มีสภาพสมบูรณ์ไม่มีตำหนิและร่องรอยการทำลายของแมลง บ่มให้สุกโดยนำมาแช่ในสารละลายเอทีฟอนความเข้มข้น 200 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นเวลา 10 นาที และเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (30 °ซ) เป็นเวลา 3 วัน นำผลมะม่วงมาล้างทำความสะอาดด้วยสารละลายกรดเปอร์ออกซีแอซีติกความเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นเวลา 10 นาที และจุ่มน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 50 °ซ เป็นเวลา 5 นาที หลังจากนั้นนำมาปอกเปลือกและหั่นเป็นชิ้นขนาด 3x3x2 ลูกบาศก์เซนติเมตร นำเนื้อมะม่วงหั่นชิ้นมาเคลือบผิวด้วยสารละลายไคโทซานความเข้มข้นร้อยละ 0.25 และกัมอะราบิกความเข้มข้นร้อยละ 5 เป็นเวลา 1 นาที ก่อนทำการปลูกเชื้อลงไปในตัวอย่าง

2. การคัดเลือกเชื้อแบคทีเรียบนอาหารสังเคราะห์และการเก็บรักษาเชื้อบริสุทธิ์

2.1 คัดแยกเชื้อแบคทีเรีย *Erwinia* sp. จากมะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์ 4 จำนวน 1 ไอโซเลต โดยนำมาเพาะเลี้ยงเชื้อในหลอดอาหารเอียง (slant) เพื่อเพิ่มปริมาณของเชื้อก่อนนำไปใช้ในการทดลอง

2.2 เชื้อ *Escherichia coli* TISTR 780 ได้รับจากสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี นำมาเพาะเลี้ยงเชื้อในหลอดอาหารเอียง (slant) เพื่อเพิ่มปริมาณของเชื้อก่อนนำไปใช้ในการทดลอง

นำแบคทีเรียทั้ง 2 ไอโซเลต มาเพาะเลี้ยงในอาหารหลอดอาหารเอียง (slant) และบ่มไว้ที่อุณหภูมิ 35±2 °ซ เป็นเวลา 48 ชั่วโมง จากนั้นทำการล้างผิวหน้าอาหารด้วยสารละลายบัฟเฟอร์นึ่งฆ่าเชื้อ 5 มิลลิลิตร ปรับความเข้มข้นของสารแขวนลอยของแบคทีเรียให้มีความขุ่น ทำการวัดด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ที่ความยาวคลื่น 600 นาโนเมตร ให้มีปริมาณเชื้อประมาณ 10^4 หน่วยโคโลนีต่อมิลลิลิตร เพื่อใช้ในการศึกษาต่อไป

วางแผนการทดลองโดยการนำมะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์ 4 หั่นชิ้นพร้อมบริโภคมาเคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวไคโทซานและกัมอะราบิก แล้วทำการปลูกเชื้อ (inoculated) แบคทีเรีย โดยการนำเชื้อแบคทีเรียบริสุทธิ์ปริมาตร 0.1 มิลลิลิตร หยดลงบนผิวของชิ้นมะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์ 4 หั่นชิ้น แล้วบรรจุใส่กล่อง น้ำหนัก 200 กรัม ตั้งทิ้งไว้ให้แห้งเป็นเวลา 20 นาที ใน

ตู้ปลอดเชื้อ (laminar flow) จากนั้นนำไปหุ้มกล่องบรรจุด้วยถุงไนลอนชนิดความหนาแน่นต่ำ (Nylon/LDPE) นำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 °ซ วางแผนการทดลองแบบ RCBD (randomized completely block design) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ ศึกษาประสิทธิภาพของสารเคลือบผิวต่อการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรีย *Erwinai* sp. ในอาหารเลี้ยงเชื้อ nutrient agar และเชื้อ *E.coli* ในอาหารเลี้ยงเชื้อ eosin methylene blue โดยมีเนื้อมะม่วงหั่นชิ้นที่ไม่ผ่านการเคลือบผิว และเนื้อมะม่วงหั่นชิ้นที่ใช้สารเคลือบผิวไคโทซานและกัมอะราบิกเป็นชุดควบคุม

ผลการทดลองและวิจารณ์ผล

Erwinia sp. เป็นกลุ่มแบคทีเรียอีกกลุ่มหนึ่งที่พบว่าเป็นสาเหตุที่ก่อให้เกิดการเน่าเสียในผลไม้ จากผลการทดลองพบว่า สารเคลือบไคโทซานและกัมอะราบิกมีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของ *Erwinia* sp. ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาเป็นเวลา 6 วัน โดยมีปริมาณเชื้อลดลงจาก 5.08 log cfu g^{-1} เป็น 4.49 log cfu g^{-1} ในขณะที่ปริมาณของ *Erwinia* sp. ที่ปลูกลงในเนื้อมะม่วงหั่นชิ้นมีปริมาณเพิ่มขึ้น จาก 5.29 เป็น 6.40 log g^{-1} ในขณะเดียวกันปริมาณของจุลินทรีย์ทั่วไปที่พบในเนื้อมะม่วงหั่นชิ้นที่ไม่ผ่านการเคลือบผิวและมะม่วงหั่นชิ้นที่เคลือบไคโทซานและกัมอะราบิก (ชุดควบคุม) มีปริมาณเพิ่มสูงขึ้นตามระยะเวลาของการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้น เนื้อมะม่วงหั่นชิ้นที่ไม่ผ่านการเคลือบผิวจะเกิดการเน่าเสียในวันที่ 4 ของการเก็บรักษา โดยมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด 6.71 log cfu g^{-1} เมื่อเปรียบเทียบกับเนื้อมะม่วงหั่นชิ้นที่เคลือบผิวด้วยไคโทซานและกัมอะราบิก มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด 5.58 log cfu g^{-1} ในวันที่ 6 ของการเก็บรักษา (Fig.1)

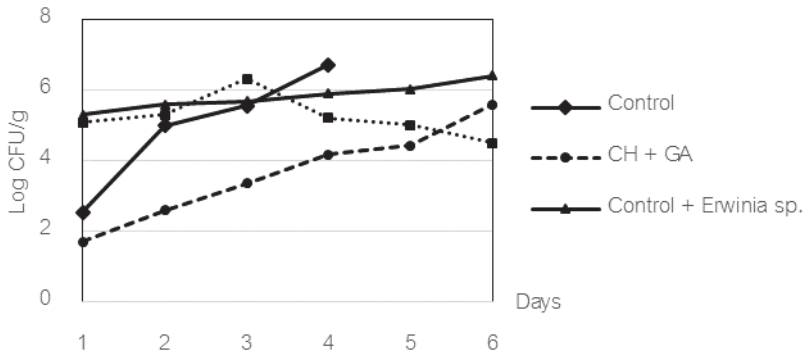

Fig. 1 Behavior during storage at 5 °C of *Erwinia* sp inoculated on to fresh-cut mango at level approximately 5 log cfu g^{-1} cut mango

ผลของการใช้สารเคลือบผิวไคโทซานและกัมอะราบิกต่อปริมาณ *E.coli* TISTR 780 ที่ปลูกลงในเนื้อมะม่วงหั่นชิ้นโดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 °ซ พบว่า เชื้อ *E.coli* TISTR 780 มีปริมาณลดลงเป็น 4.50 log cfu g^{-1} ในวันที่ 6 ของการเก็บรักษา จากวันแรกที่เริ่มปลูกเชื้อ *E.coli* TISTR 780 ปริมาณ 4.74 log cfu g^{-1} ในขณะที่เนื้อมะม่วงหั่นชิ้นชุดควบคุม (ไม่เคลือบผิวด้วยไคโทซานและกัมอะราบิก) มีปริมาณ *E.coli* TISTR 780 สูงขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา (6 วัน) ซึ่งมีปริมาณเชื้อสูงสุดเท่ากับ 6.36 log cfu g^{-1} (Fig.2)

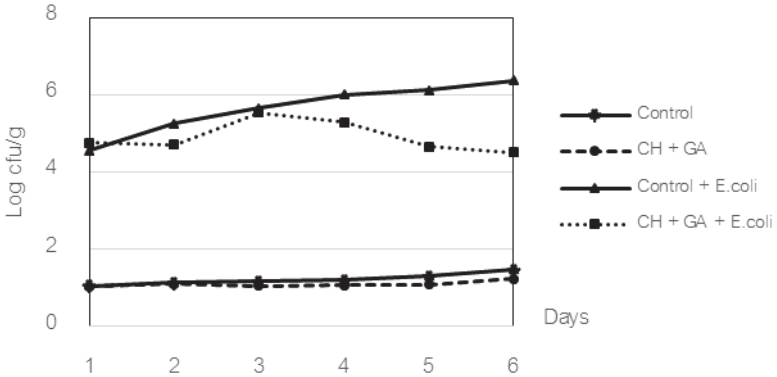

Fig. 2 Behavior during storage at 5 °C of *E.coli* inoculated on to fresh-cut mango at level approximately 4 log cfu^{-1} cut mango

เนื่องจากจำนวนจุลินทรีย์มีความสัมพันธ์กับอายุการเก็บรักษา จุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดการเน่าเสียของผักและผลไม้สดพร้อมบริโภคจึงนำมาใช้เป็นตัวกำหนดอายุการเก็บรักษา ผลไม้สดพร้อมบริโภคที่มีจำนวนจุลินทรีย์น้อยจะมีอายุการเก็บรักษาได้นานกว่าผลไม้สดพร้อมบริโภคที่มีจำนวนจุลินทรีย์มาก (Narciso and Plotto, 2005) อายุการเก็บรักษาของผลไม้สดพร้อมบริโภคจะขึ้นอยู่กับจำนวนของจุลินทรีย์เริ่มต้น (DeRoever, 1998) แบคทีเรียที่พบในผลไม้ส่วนใหญ่เป็นกลุ่มของแบคทีเรียแกรมลบ ได้แก่ *Pseudomonas* spp. *Enterobacter* spp. และ *Erwinia* spp. ซึ่งเป็นสาเหตุหลักที่ทำให้เกิดการเน่าเสียในผักและผลไม้พร้อมบริโภคมากกว่าร้อยละ 80-90 (Nguyen-the and Carlin, 1994; Babic *et al*., 1996) สำหรับจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรคและมักพบในผลไม้พร้อมบริโภค ได้แก่ *Escherichia coli* O157:H7 *Salmonella* spp. *Shigella* spp. *Clostridium botulinum Listeria cytomonogenes Campylobacter jejuni* และ *Yersinia enterolitica* การปนเปื้อนของจุลินทรีย์กลุ่มนี้จะก่อให้เกิดอาหารเป็นพิษและเป็นอันตรายต่อผู้บริโภค (Beuchat, 2002) ไคโทซานสามารถยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียแกรมลบ เช่น *Escherichia coli* โดยเข้าไปสร้างพันธะไอออนิกกับผนังเซลล์ของเชื้อ *Escherichia coli* ที่มีประจุลบทำให้แบคทีเรียไม่สามารถเจริญได้ (Jia *et al*., 2001) การเคลือบผิวด้วยไคโทซานที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.25 สามารถชะลอการสูญเสียน้ำหนักและการเปลี่ยนแปลงคุณภาพด้านความแน่นเนื้อได้ในช่วง 6 วันแรกของการเก็บรักษา และสามารถชะลอการเจริญของจุลินทรีย์ทั้งหมดรวมถึงเชื้อ *Escherichia coli* ที่ปนเปื้อนในเส้นมะละกอพร้อมบริโภคได้ดี (เพียรใจ และคณะ, 2551) เมื่อนำไคโทซานมาใช้ร่วมกับกัมอะราบิก จะส่งผลช่วยในด้านการยืดอายุการเก็บรักษาเนื้อมะม่วงหั่นชิ้นได้เป็นเวลา 6 วัน เมื่อเปรียบเทียบกับเนื้อมะม่วงหั่นชิ้นที่ไม่ผ่านการเคลือบผิว อีกทั้งยังสามารถช่วยลดการปนเปื้อนข้าม (cross-contamination) ในระหว่างขั้นตอนการเตรียมเนื้อมะม่วงหั่นชิ้น

สรุป

เนื้อมะม่วงน้ำดอกไม้หั่นชิ้นที่เคลือบผิวด้วยไคโทซานและกัมอะราบิก สามารถเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 °ซ ความชื้นสัมพัทธ์ 90% ได้เป็นเวลา 6 วัน พบปริมาณของ *Erwinia* sp. และ *Escherichia coli* TISTR 780 ลดลงเป็น 4.49 log cfu g^{-1} และ 4.50 log cfu g^{-1} ตามลำดับ

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ที่ได้สนับสนุนทุนวิจัย คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร สถานวิจัยเพื่อความเป็นเลิศทางวิชาการด้านเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว และศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว ภาคีมหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก ที่สนับสนุนเครื่องมือ อุปกรณ์ต่าง ๆ สำหรับการทำวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข. 2553. เกณฑ์คุณภาพทางจุลชีววิทยาของอาหารและภาชนะสัมผัสอาหาร (ฉบับที่2). กระทรวงสาธารณสุข, กรุงเทพฯ. 6 น.

เพียรใจ กาแก้ว, ธนิตชยา พุทธมี, จุฑาทิพย์ โพธิ์อุบล และศิริชัย กัลป์ยาณรัตน์. 2551. ผลของการเคลือบผิวด้วยไคโทซานต่อคุณภาพของมะละกอดิบเส้นพร้อมบริโภค. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 39(3พิเศษ): 217-220.

วรรณา ตุลยรัญ. 2549. เคมีอาหารของคาร์โบไฮเดรต. พิมพ์ครั้งที่ 1. สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ. 116 น.

สุดคนึง พึ่มชัย. 2546. ผลของไคโทซานต่อการชักนำความต้านทานและการควบคุมโรคแอนแทรคโนสในมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพฯ. 105 น.

Beuchat, L.R. 2002. Ecological factors influencing survival and growth of human pathogens on raw fruits and vegetables. Microbes and Infection 4: 413-423.

Babic, I., S. Roy, A.E. Watada and W.P. Wergin. 1996. Changes in microbial populations on fresh cut spinach. International Journal of Food Microbiology 31: 107-119.

Chien, P-J., F.Sheu and F-H. Yang. 2007. Effects of edible chitosan coating on quality and shelf life of sliced mango fruit. Journal of Food Engineering 78: 225-229.

DeRoever, C. 1998. Microbiological safety evaluations and recommendation on fresh produce. Food Control 9(6): 321-347.

Eissal, H.A.A. 2007. Effect of chitosan coating on shelf life and quality of fresh-cut mushroom. Journal of Food Quality 30: 623-645.

Jia, Z., D. Shen and W. Xu. 2000. Synthesis and antibacterial activities of quaternary ammonium salt of chitosan. Carbohydrate Research 333(1):1-6.

Laurila, E. and R. Ahvenainen. 2002. Minimal processing in practice: fresh fruits and vegetables. *In:* T. Ohlsson and N. Bengtsson (Eds.). Minimal Processing Technologies in the Food Industry, Woodhead Publishing Limited, Cambridge.

Mehdi, M., A. Asgar, G. A. Peter, Z. Noosheen and S. Yasmeen. 2011. Effect of a novel edible composite coating based on gum arabic and chitosan on biochemical and physiological responses of banana fruits during cold storage. Journal of Agricultural and Food Chemistry 59: 5474-5482.

Muzzarelli, R.A.A. 2003. Overview on chitin. Agro Food Industry Hi-Tech 14(5): 30-31.

Narciso, J. and A. Plotto. 2005. A comparison of sanitation system for fresh-cut mango. Hort Technology 15(4): 837-842.

Nguyen-the, C. and F. Carlin. 1994. The microbiology of minimally processed fresh fruits and vegetables. Critical Reviews in Food Science and Nutrition 34(4): 371-401.

Rattanapanone, N., Y. Lee, T. Wu and A.E. Watada. 2001. Quality and microbial changes of fresh-cut mango cubes held in controlled atmosphere. HortScience. 36: 1091–1095.