

บทคัดย่อ

พิระศักดิ์ ฉายประสาท^{1,2}

¹ คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร 99 หมู่ 9 ตำบลท่าโพธิ์ อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก 65000

² ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยนเรศวร 99 หมู่ 9 ตำบลท่าโพธิ์ อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก 65000

มะม่วงน้ำดอกไม้สีทองหั่นชิ้นมีอายุการเก็บรักษาสั้นและเน่าเสียง่าย ผู้บริโภคมีความต้องการให้มีอายุการเก็บรักษายาวนานมากขึ้น โดยการเก็บเกี่ยวมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองที่ไม่เกิดความเสียหายและการติดเชื้อของเชื้อราภายหลังการเก็บเกี่ยว นำมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองจากอำเภอวังทองจังหวัดพิษณุโลก จำนวน 90 ผล แยกออกเป็น 3 กลุ่ม ๆ ละ 3 ซ้ำ ๆ ละ 200 กรัม/ถาด หลังจากนั้นนำไปทำการล้างผล ปอกเปลือก และหั่นเป็นชิ้นขนาด 5x4x2 ซม. แล้วจุ่มลงในสารละลายไคโตแซน ความเข้มข้น 0% (ควบคุม), 0.5%, 1% และ 2% เป็นเวลา 1 นาที นำมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองหั่นชิ้นที่เคลือบผิวแล้ว วางลงในถาดพลาสติกและห่อด้วยฟิล์มพีวีซี และเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส ทำการบันทึกผล ได้แก่ การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางเคมี กายภาพ การทดลองทางประสาทสัมผัส, การเปลี่ยนแปลงสี, ความแน่นเนื้อ, การผลิตเอทิลีน, อัตราการหายใจและการสูญเสียน้ำ โดยทำการประเมินทุกวัน พบว่ามะม่วงน้ำดอกไม้สีทองหั่นชิ้นที่เคลือบผิวด้วยไคโตซานสามารถลดการสูญเสียน้ำและการลดลงของคุณภาพทางประสาทสัมผัส มีการเพิ่มขึ้นของกรดในปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้, การผลิตเอทิลีน, อัตราการหายใจและปริมาณวิตามินซี นอกจากนี้ยังสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์อีกด้วย โดยพบว่า การใช้สารเคลือบผิวด้วยไคโตซาน 2% มีคุณสมบัติในการคงคุณภาพและยืดอายุการเก็บรักษามะม่วงน้ำดอกไม้สีทองหั่นชิ้นได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุดนาน 7 วัน

**EFFECT OF EDIBLE CHITOSAN COATING ON QUALITY AND SHELF LIFE OF SLICED
MANGO FRUITS CV. NAM DOK MAI SRI TONG**

P. Chaiprasart¹

¹Faculty of Agriculture Natural Resources and Environment, Naresuan University, 99/9 Phitsanulok-

Nakhonsawan Road, Phitsanulok, Thailand, peerasakc@gmail.com

Mango pulp is very perishable and has a short shelf-life, whereas consumers would like it to be longer. The uniform mango fruits cv. Nam Dok Mai Sri Tong with absence of damage and fungal infection were harvested from Wangtong district, Phitsanulok. 90 fruits were separated into groups of three, treatments in triplicate. Following washing, the fruit was peeled manually, and sliced into volumes of 5x4x2 cm. They were dipped for 1 min into a solution of 0% (control), 0.5%, 1% and 2 % chitosan. The sliced mango fruits were placed into plastic trays and over-wrapped with PVC film and then stored at 10°C for 7 days. Changes in the sensory qualities of taste, color, firmness, ethylene evolution, respiration rate and water loss were evaluated every day. Chitosan coating retarded water loss and the drop in sensory quality, increasing the soluble solid content, titratable acidity, ethylene evolution, respiration rate and ascorbic content. It also inhibited the growth of microorganisms. The data reveals that applying 2 % chitosan coating effectively prolongs the quality attributes and extends the shelf life of sliced mango fruits.

ผลของสารเคลือบผิวที่บริโภคได้และการเก็บรักษาในสภาพการดัดแปลงสภาพบรรยากาศที่มีผลต่อ คุณภาพของมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองตัดแต่ง

Effect of edible coating and modified atmosphere storage on quality of fresh-cut Mango cv.

Nam Dok Mai See Thong

1. ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย

ชมรมผู้ปลูกมะม่วงเนินมะปราง อำเภอเนินมะปราง จังหวัดพิษณุโลก เป็นกลุ่มเกษตรกรที่รวมกลุ่มกัน จัดตั้งเป็นชมรมเพื่อการผลิตมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองเพื่อการค้าและส่งออกไปยังประเทศญี่ปุ่นและยุโรป โดยมี นายศัลป์ชัย ตระกูลทิพย์ เป็นประธานชมรมฯ จัดตั้งขึ้นในปี พ.ศ. 2532 ตั้งอยู่บ้านเนินมะปราง เลขที่ 420 หมู่ 4 ตำบลเนินมะปราง อำเภอเนินมะปราง จังหวัดพิษณุโลก มีสมาชิกทั้งหมด 97 คน พื้นที่ปลูกมะม่วง 5,734 ไร่ นอกจากนี้ยังมีกลุ่มพัฒนาการผลิตมะม่วงเพื่อการส่งออก หมู่ที่ 16 บ้านคลองวังเรือ ตำบลพันชาลี อำเภอวังทอง จังหวัดพิษณุโลก มีสมาชิกทั้งหมด 48 ราย พื้นที่ปลูกมะม่วง 410 ไร่ การผลิตมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองของกลุ่ม เกษตรกรดังกล่าวของจังหวัดพิษณุโลกเป็นการผลิตนอกฤดู เนื่องจากมีผลตอบแทนสูงประมาณกิโลกรัมละ 50 บาทในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ถึงเมษายนของทุกปี และมีการแพร่ระบาดของโรคหลังการเก็บเกี่ยวน้อยกว่าการผลิตมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองในจังหวัดฉะเชิงเทรา (ศัลป์ชัย, ดิดต่อส่วนตัว)

ประเทศไทยมีพื้นฐานทางภาคเกษตรกรรมเป็นหลัก สังคมไทยส่วนใหญ่ยังคงเป็นสังคมการเกษตร การส่งเสริมทางด้านเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวช่วยเพิ่มคุณค่าและราคาให้กับผลผลิต ทั้งนี้เนื่องจากผลผลิตทางการเกษตรมีอายุการเก็บรักษาสั้น และเน่าเสียได้ง่าย โดยเฉพาะการเก็บรักษาในสภาวะที่ไม่เหมาะสม ปัจจุบันสภาวะทางเศรษฐกิจและสังคมเปลี่ยนแปลงไป ผู้บริโภคมีเวลาในการจัดเตรียมอาหารน้อยลง จึงหันมาสนใจอาหารที่ให้ความสะดวกและรวดเร็วต่อการบริโภคมากขึ้น โดยเฉพาะผลิตภัณฑ์อาหารที่คงความสดและมีลักษณะตามธรรมชาติมากที่สุด

มะม่วงเป็นผลไม้ที่มีความสำคัญต่อเศรษฐกิจของประเทศไทย การแปรรูปมะม่วงเป็นผลิตภัณฑ์ผลไม้สดตัดแต่งเป็นการเพิ่มมูลค่า และตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคในปัจจุบันที่ต้องการความสะดวกสบาย แต่การปอกเปลือกและตัดแต่งทำให้จุลินทรีย์ปนเปื้อนได้ง่าย และทำให้ผลไม้เกิดบาดแผล เป็นการเร่งอัตราการหายใจ การผลิตเอทิลีน ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีตลอดเวลา ผลไม้ตัดแต่งจึงมีการเสื่อมเสียเร็วกว่าผลไม้สดทั้งผล ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงได้ทำการศึกษาการยืดอายุการเก็บรักษามะม่วงน้ำดอกไม้สีทองตัดแต่งที่เก็บรักษาโดยวิธีการดัดแปลงสภาพบรรยากาศร่วมกับสารเคลือบผิวที่บริโภคได้

2. วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

- 2.1. เพื่อศึกษาวิธีการยืดอายุการเก็บรักษาเนื้อมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองตัดแต่งโดยใช้ฟิล์มห่อหุ้มร่วมกับการใช้อุณหภูมิต่ำ
- 2.2. ศึกษาการใช้สารเคลือบผิวที่บริโภคร่วมกับการใช้อุณหภูมิต่ำ เพื่อยืดอายุการเก็บรักษาเนื้อมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองสดพร้อมบริโภค

3. ขอบเขตของโครงการวิจัย

ศึกษาการยืดอายุการเก็บรักษาเนื้อมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองสดตัดแต่ง ที่เก็บรักษาด้วยวิธีการตัดแปลงบรรยากาศโดยใช้ฟิล์มห่อหุ้ม และสารเคลือบผิวที่บริโภคได้ภายใต้สภาพอุณหภูมิต่ำ

4. ทฤษฎี สมมุติฐาน และกรอบแนวความคิดของโครงการวิจัย

มะม่วงน้ำดอกไม้สีทองตัดแต่งเป็นการเพิ่มมูลค่าของมะม่วงในกรณีที่มะม่วงตกเกรดจากการส่งออก มะม่วงสดที่มีปริมาณมากของกลุ่มผู้ปลูกมะม่วงส่งออก อำเภอเนินมะปราง โดยการบ่มมะม่วงดังกล่าวและทำการหั่นชิ้นโดยการใช้สารเคลือบผิวที่บริโภคได้ร่วมกับฟิล์มพลาสติกเก็บรักษาภายใต้สภาพอุณหภูมิต่ำ เป็นการเพิ่มมูลค่าและตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคในปัจจุบันที่ต้องการความสะดวกสบาย ซึ่งการเปลี่ยนแปลงทางสรีระวิทยาที่มีความแตกต่างจากมะม่วงสด คือ เน่าเสียง่ายเนื่องจาก จุลินทรีย์ ดังนั้น หากมีการใช้สารเคลือบผิวที่มีคุณสมบัติการยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์และสามารถบริโภคได้ ได้แก่ โคลโคซาน และ คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส จะเป็นการยืดอายุการเก็บรักษาและเพิ่มมูลค่าของมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองได้อีกแนวทางหนึ่ง

5. การทบทวนวรรณกรรม/สารสนเทศ (information) ที่เกี่ยวข้อง

มะม่วงเป็นผลไม้เขตร้อนที่นิยมปลูกในทุกภาคของประเทศไทย เป็นที่รู้จักและชื่นชอบของผู้บริโภค นานาประเทศทั้งในรูปของมะม่วงสดและผลิตภัณฑ์ (มนัญชา, 2544) มะม่วงจึงเป็นผลไม้ที่มีความสำคัญต่อเศรษฐกิจของประเทศไทยการแปรรูปมะม่วงเป็นผลิตภัณฑ์ผลไม้สดตัดแต่งเป็นการเพิ่มมูลค่า และตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคในปัจจุบันที่มีรูปแบบการดำเนินชีวิตที่เร่งรีบ และต้องการความสะดวกสบาย (Ahvenainen, 1996) แต่การปอกเปลือกและตัดแต่ง ทำให้จุลินทรีย์ปนเปื้อนได้ง่าย และทำให้ผลไม้เกิดบาดแผล ซึ่งเป็นการเร่งอัตราการหายใจ การผลิตเอทิลีน และกระบวนการเมตาบอลิซึมอื่นๆ ทำให้ผลไม้สดตัดแต่งมีอัตราการเสื่อมเสียเร็วกว่าผลไม้ทั้งผล ความสำเร็จของตลาดผลิตภัณฑ์ผลไม้สดตัดแต่งจึงถูกจำกัดอยู่ที่อายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ การรักษาคุณภาพและการยืดอายุการเก็บของผลไม้สด

ตัดแต่นั้น สามารถเลือกใช้กระบวนการแปรรูปน้อยที่สุด(minimal processing) ได้แก่ การเตรียม และการทำความสะอาดที่เหมาะสม โดยการใช้คลอรีนหรือสารเคมีอื่น การใช้สารละลายกรดเพื่อป้องกันการเกิดสีน้ำตาล การใช้แคลเซียมเพื่อรักษาเนื้อสัมผัส การบรรจุที่เหมาะสม

ขวัญจิตต์ และคณะ (2546) ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของมะม่วงสดตัดแต่งพันธุ์ฟ้าลั่น โดยการแช่ในสารเคมี 3 ชนิดที่ ความเข้มข้นชนิดละ 2 ระดับ คือ กรดแอสคอร์บิก ความเข้มข้น 1% และ 2% กรดซิตริก ความเข้มข้น 2% และ 6% แคลเซียมคลอไรด์ ความเข้มข้น 1% และ 3% และใช้น้ำกลั่นเป็นสิ่งทดลองควบคุมทำการบรรจุ 2 รูปแบบ คือ การบรรจุในถาดโฟมและห่อหุ้มฟิล์มพอลิไวนิลคลอไรด์ และการบรรจุแบบสุญญากาศ เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง จากการตรวจสอบคุณภาพทางด้านเคมี กายภาพ และประสาทสัมผัสพบว่า มะม่วงสดตัดแต่งที่บรรจุในถาดโฟมและห่อหุ้มด้วยฟิล์มพอลิไวนิลคลอไรด์มีอายุการเก็บไม่ถึงหนึ่งวัน เนื่องจากมีสีน้ำตาลคล้ำ สำหรับมะม่วงสดตัดแต่งที่บรรจุแบบสุญญากาศมีอายุการเก็บ 2 วัน เนื่องจากเกิดกลิ่นหมัก มะม่วงสดตัดแต่งที่แช่ในสารละลายกรดแอสคอร์บิกความเข้มข้น 2% มีความเหมาะสมในทั้ง 2 รูปแบบการบรรจุ

คมจันทร์ และ เบญจมาศ (2550) ศึกษาระยะเวลาการสุกและอุณหภูมิในการเก็บรักษาต่ออายุการเก็บรักษาเนื้อมะม่วงน้ำดอกไม้พร้อมบริโภคน้ำ โดยนำมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองดิบมาคัดแยกโดยการลอยน้ำเกลือเข้มข้น 3% แล้วนำมาบ่มที่อุณหภูมิห้อง (25 องศาเซลเซียส) จนได้ระยะห่างและสุก หลังจากนั้นนำมะม่วงมาล้างทำความสะอาดด้วย Clorox 0.01% นาน 5 นาที แล้วปอกเปลือก หั่นเป็นชิ้นครึ่งผล บรรจุในถาดพลาสติกมีฝาปิด เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2, 5 และ 10 องศาเซลเซียส ผลการทดลองพบว่า เนื้อมะม่วงตัดแต่งที่เตรียมจากมะม่วงห่าม จะเก็บรักษาที่ 2, 5 และ 10 องศาเซลเซียส ได้นานประมาณ 10, 8 และ 4 วัน ตามลำดับ ส่วนเนื้อมะม่วงสุกเก็บรักษาที่ 2, 5 และ 10 องศาเซลเซียส ได้นานประมาณ 10, 6 และ 2 วัน ตามลำดับ เมื่อเก็บรักษานานกว่านี้เนื้อมะม่วงจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลมีคุณภาพไม่เป็นที่ยอมรับ

Sirisopha et al. (2005) ทำการศึกษาผลของการเคลือบด้วยสารละลายไคโตซานและสารละลายคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสต่อคุณภาพของผลสตรอเบอร์รี่ (*Fragaria ananassa* Duchesne) สดหั่นชิ้นพันธุ์ 329 โดยจุ่มลงในสารละลายไคโตซานความเข้มข้น 1.0% หรือสารละลายคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส (carboxymethyl cellulose ; CMC) ความเข้มข้น 1.0% เป็นเวลา 30 วินาที ผึ่งให้ผิวแห้งอีกครั้งหนึ่ง บรรจุในถาดพลาสติกใสชนิดที่มีฝาปิด (clamshell) แล้วนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2°C ความชื้นสัมพัทธ์ $87 \pm 5\%$ นาน 10 วัน พบว่าผลสตรอเบอร์รี่สดหั่นชิ้นที่เคลือบผิวด้วยสารละลายไคโตซานความเข้มข้น 1.0% หรือสารละลาย CMC ความเข้มข้น 1.0% สามารถชะลอการเปลี่ยนสีผิวให้ช้าลง แต่ไม่มีผลต่อความแน่นเนื้อ การเคลือบผิวทำให้มีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ และแอนโทไซยานินเพิ่มขึ้นช้ากว่าชุดควบคุม ค่าพีเอชเพิ่มขึ้นสอดคล้องกับปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ในรูปของกรดซิตริกที่ลดลงมากกว่าชุดควบคุม ปริมาณวิตามินซีเพิ่มขึ้นไม่แตกต่างกัน และการเคลือบผิวด้วยสารละลายไคโตซานทำให้สูญเสียน้ำหนักเพียง 1.19% ซึ่งน้อยกว่าการเคลือบผิวด้วยสารละลาย

CMC และชุดควบคุม (2.21% และ 2.04% ตามลำดับ) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงว่าการเคลือบผิวด้วยสารละลายไคโตซานสามารถชะลอการสังเคราะห์ แอนโทไซยานินและลดการสูญเสีย น้ำของผลสตรอเบอรี่สดขึ้นขึ้นได้

Moldo-Martins et al. (2003) ศึกษาอิทธิพลของการใช้สารเคลือบต่อคุณภาพของแอปเปิ้ลหลังการเก็บเกี่ยว พบว่าแอปเปิ้ลที่ถูกนำมาเคลือบด้วยสารเคลือบผิวที่มีองค์ประกอบพื้นฐานเป็นสารพวกโพลีแซกคาไรด์ หรือโปรตีน Alginate และ gelatine ใช้เป็นสารเคลือบผิวที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ กัน คัดแปลงให้เป็นพลาสติกด้วยกลีเซอรอล และ carboxymethylcellulose (CMC) รวมกับ sucrose ester เคลือบเป็นพลาสติกกับ mono/diglycerides จะถูกนำมาทดสอบอิทธิพลของการเคลือบผิวต่อระยะเวลาในการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ จะทำการตรวจวิเคราะห์หาค่าความแน่นเนื้อบริเวณเปลือกและเนื้อของผลไม้ ค่าสีที่แสดงค่า L^* a^* และ b^* ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ และน้ำหนักที่สูญหายในช่วงระหว่างเวลาทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 เดือน พบว่า การใช้ 2% โดยน้ำหนักของ alginate และ 5 % โดยน้ำหนักของ gelatine เป็นสารเคลือบผิวจะช่วยลดการสูญเสียน้ำหนักลง ขณะเดียวกันความแน่นเนื้อของผลไม้มีลักษณะใกล้เคียงกับผลไม้สด อิทธิพลของการใช้สารเคลือบผิวจะช่วยในการปรับปรุงลักษณะปรากฏของผลไม้ให้ดูใกล้เคียงกับธรรมชาติมากที่สุด

6. วิธีการดำเนินการวิจัย

การทดลอง : ผลของการตัดแปลงสภาพบรรยากาศ (MAP) โดยใช้พลาสติกฟิล์มร่วมกับการใช้สารเคลือบผิวที่บริโภคได้ที่มีผลต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาของเนื้อมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองตัดแต่ง

นำมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองดิบมาคัดแยกโดยการลอยน้ำเกลือความเข้มข้น 3% แล้วนำมาบ่มที่อุณหภูมิห้อง (25 องศาเซลเซียส) จนได้ระยะห่ามและสุก หลังจากนั้นนำมะม่วงมาล้างทำความสะอาด แล้วปอกเปลือก หั่นเป็นชิ้นพร้อมรับประทาน จุ่มมะม่วงตัดแต่งลงในสารเคลือบผิว วางทิ้งให้แห้ง และบรรจุในถาดโฟม น้ำหนัก 250 กรัมต่อถาด ทำการห่อหุ้มถาดด้วยพลาสติกฟิล์ม PVC และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 95 เปอร์เซ็นต์ ตามระยะเวลาที่กำหนด โดยวางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCB) ประกอบทริตเมนต์ดังนี้

1. สารเคลือบผิว Chitosan 0 % (control)
2. สารเคลือบผิว Chitosan 0.5 %
3. สารเคลือบผิว Chitosan 1.0 %
4. สารเคลือบผิว Chitosan 2.0 %

ในแต่ละทริตเมนต์ประกอบด้วย 6 ซ้ำ ๆ ละ 5 ถาด ทำการตรวจวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพและเคมี ทุก 3 วัน ได้แก่ การสูญเสียน้ำหนัก ความแน่นเนื้อ ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (soluble solid content; SS) ปริมาณกรด (titratable acidity; TA) อัตราส่วน SS/TA ปริมาณน้ำตาล สี ปริมาณวิตามินซี เปอร์เซ็นต์การเกิดเชื้อรา และประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส ตลอดจนจำนวนจุลินทรีย์ที่มีชีวิตทั้งหมดในอาหาร (total plate count) AOAC (1990) การวิเคราะห์จำนวนยีสต์และรา AOAC (1990)

การวิเคราะห์คุณภาพของเนื้อมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองสดตัดแต่งระหว่างการเก็บรักษา

1. เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก โดยคำนวณจากสูตร

$$\text{การสูญเสียน้ำหนัก (\%)} = \frac{\text{น้ำหนักก่อนการเก็บรักษา} - \text{น้ำหนักหลังการเก็บรักษา}}{\text{น้ำหนักก่อนการเก็บรักษา}} \times 100$$

2. ความแน่นเนื้อ ใช้เครื่อง texture analyzer
3. การวิเคราะห์ปริมาณ soluble solids (SS) วัดน้ำคั้นของเนื้อผล โดยใช้ hand refractometer อ่านค่าเป็นองศาบริกซ์ (°Brix)
4. การวิเคราะห์ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (titratable acidity) โดยนำน้ำคั้นของเนื้อผลมะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง ปริมาณ 2 มิลลิลิตร เติม phenolphthalein 1% 1-2 หยด เป็น indicator แล้วไทเทรตด้วยสารละลายด่าง

โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ความเข้มข้น 0.1 N จนกระทั่งถึง end point การวิเคราะห์ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ที่จุดวิกฤต (end point) หรือ pH 8.1 โดยใช้เครื่อง Autotitrate

นำค่าปริมาณสารละลายต่างที่ใช้มาคำนวณหาเปอร์เซ็นต์กรดซิตริก จากสูตร

$$\text{กรดซิตริก (\%)} = \frac{\text{N base} \times \text{มิลลิลิตร base} \times \text{meq.wt. ของกรดซิตริก} \times 100}{\text{ปริมาตรของน้ำคั้นที่ใช้}}$$

โดย N base คือ normality ของสารละลายต่าง NaOH

มิลลิลิตร base คือ ปริมาณของสารละลายที่ใช้ในการไทเทรตเป็นมิลลิลิตร

meq.wt (miliequivalent weight) ของกรดซิตริก คือ 0.006404

5. อัตราส่วนระหว่าง soluble solids ต่อ titratable acidity (SS/TA)
6. ปริมาณวิตามินซี (ascorbic acid) วิเคราะห์ตามวิธีของ AOAC (1980)
7. วัดค่าสี โดยใช้เครื่อง Minolta รุ่น DP-1000 และรายงานผลเป็นค่า L*, a*, b* และ Hue angle (H°)
8. เปอร์เซ็นต์การเกิดโรคจากเชื้อราโดยการนับจำนวนขึ้นมะม่วงตัดแต่งที่เกิดเชื้อราแล้วนำมาคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ โดยคำนวณจาก

$$\text{เปอร์เซ็นต์การเกิดเชื้อรา} = \frac{\text{จำนวนขึ้นมะม่วงตัดแต่งที่ติดเชื้อรา} \times 100}{\text{จำนวนขึ้นมะม่วงตัดแต่งทั้งหมด}}$$

14. การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยใช้ผู้ทดสอบชิมที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 30 คน ทดสอบชิมโดยใช้ 9 point hedonic scale เพื่อศึกษาคุณภาพทางประสาทสัมผัสได้แก่ ลักษณะปรากฏ สี กลิ่น และความชอบโดยรวม (จากการดูลักษณะภายนอก)

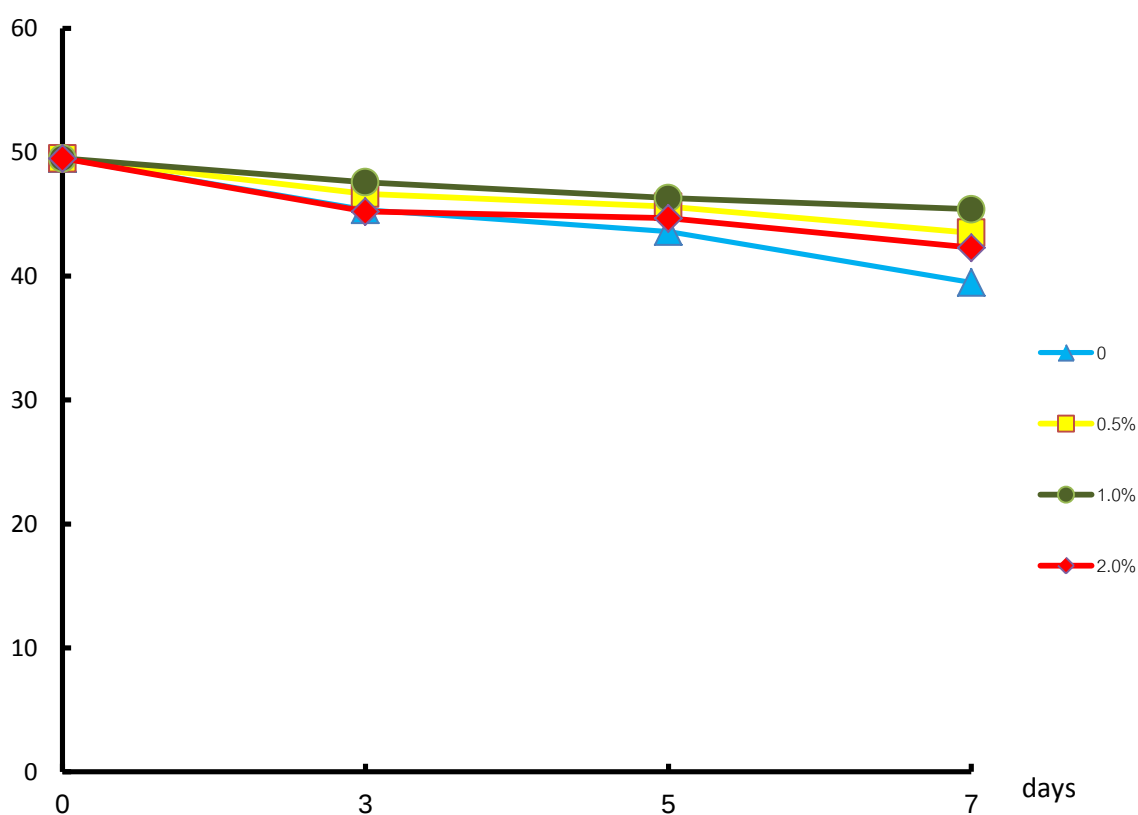
15. จำนวนจุลินทรีย์ที่มีชีวิตทั้งหมดในอาหาร (total plate count) AOAC (1990) การวิเคราะห์จำนวนยีสต์และรา AOAC (1990)

ผลการทดลอง

การเปลี่ยนแปลงสีของมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองพันธุ์ที่เคลือบผิวด้วยสารละลายไคโตแซนความเข้มข้น 0, 0.5, 1.0 และ 2.0 % และเก็บรักษาที่ 10 องศาเซลเซียสพบว่า

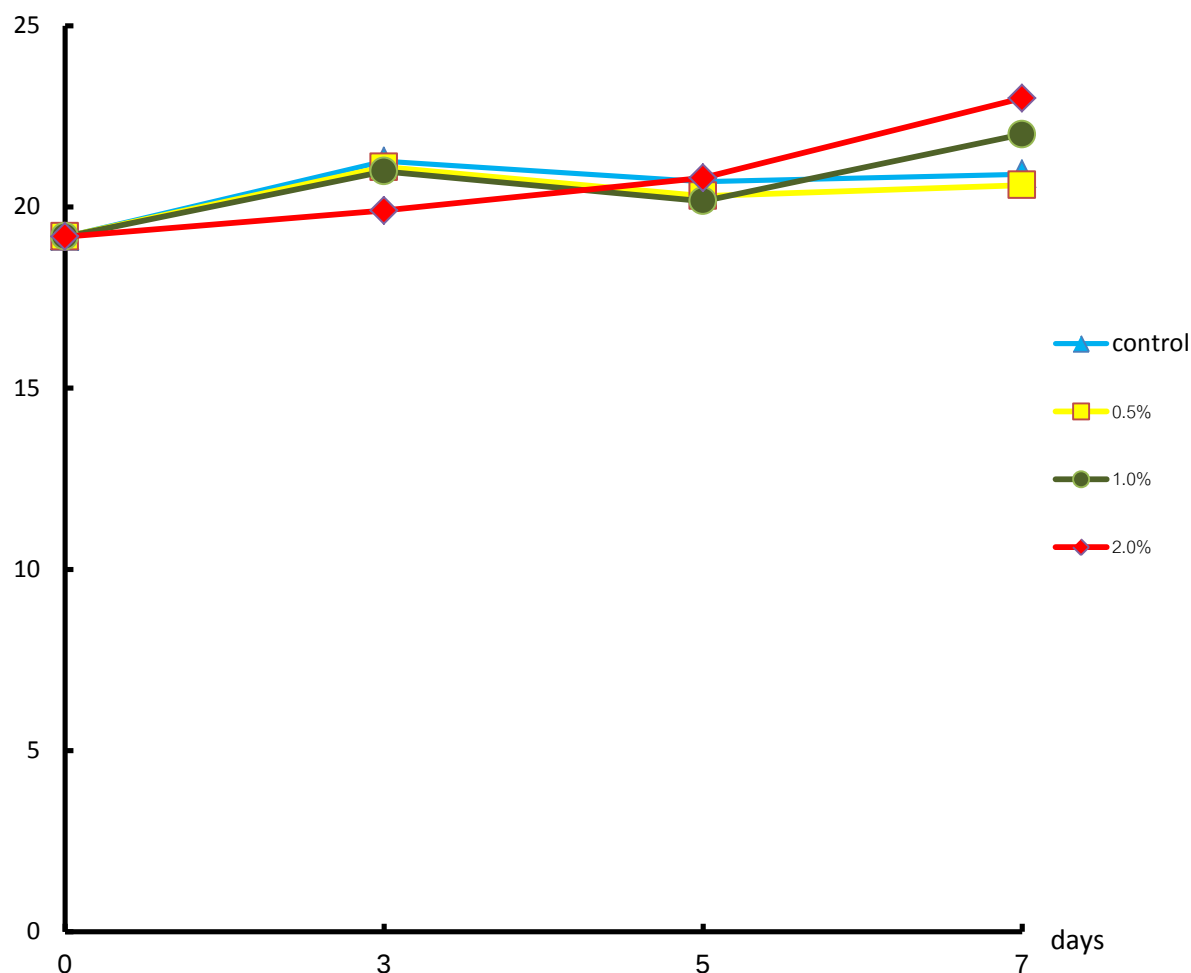
1. การเปลี่ยนแปลงสี

1.1 ค่าความสว่าง (L^*) ของมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองพันธุ์ที่เคลือบผิวด้วยไคโตแซนทุกความเข้มข้นมีค่าความสว่างลดลงตามอายุการเก็บรักษา 0-7 วัน โดยพบว่ามะม่วงน้ำดอกไม้สีทองพันธุ์ที่เคลือบผิวด้วยไคโตแซนมีค่าความสว่างมีค่าใกล้เคียงกันอยู่ระหว่าง 40-50 และไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ



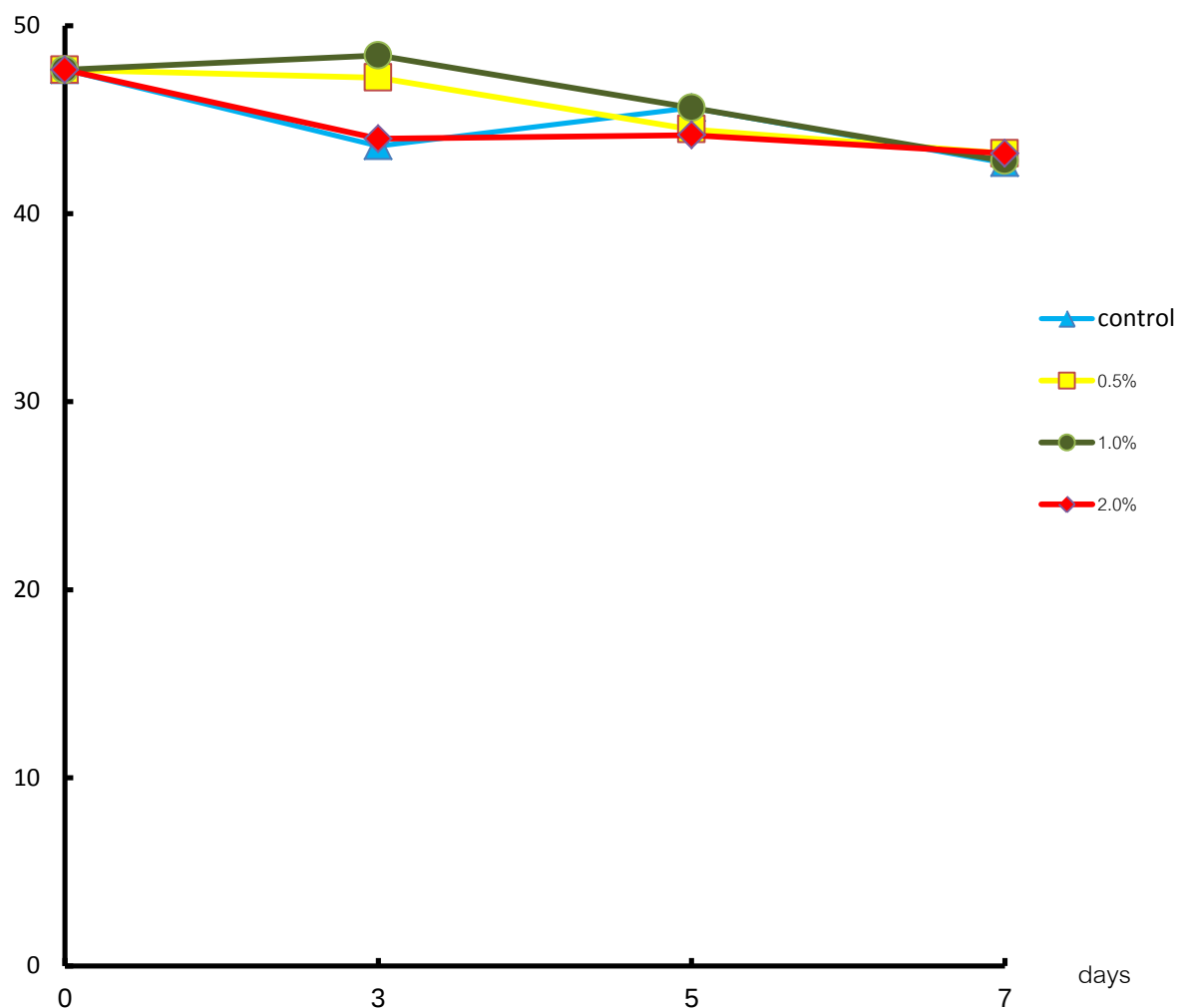
ภาพ 1 การเปลี่ยนแปลงสีแสดงค่าความสว่าง (L^*) ของมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองพันธุ์ที่เคลือบผิวด้วยไคโตแซนและไม่เคลือบผิว เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส

1.2 ค่าสีแดง (a^*) ของมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองหั่นชิ้นที่เคลือบผิวด้วยไคโตแซน พบว่าค่าสีแดงของมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองหั่นชิ้นเพิ่มสูงขึ้น ตามอายุการเก็บรักษา 0-7 วัน โดยพบว่ามะม่วงน้ำดอกไม้สีทองหั่นชิ้นที่เคลือบผิวด้วยไคโตแซนมีค่าสีแดงระหว่าง 20-25 และไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ



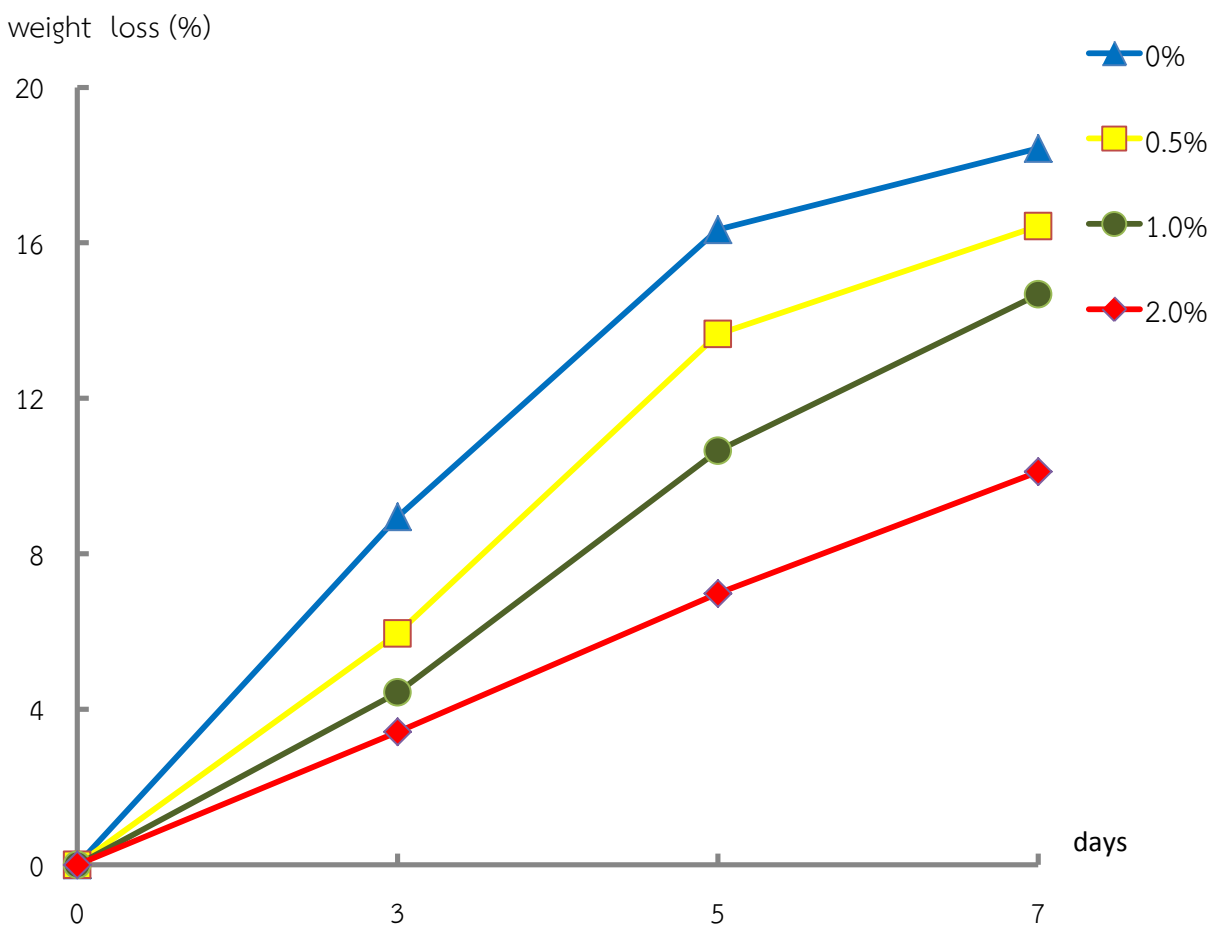
ภาพ 2 การเปลี่ยนแปลงสีแดงค่าสีแดง (a^*) ของมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองหั่นชิ้นที่เคลือบผิวด้วยไคโตแซน และไม่เคลือบผิว เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส

1.3 ค่าสีเหลือง (b^*) พบว่ามะม่วงน้ำดอกไม้สีทองพันธุ์ที่เคลือบผิวด้วยไคโตแซนมีค่าสีเหลืองใกล้เคียงกันทุกทริตเมนต์ โดยมีค่าลดลงตามอายุการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้น 0-7 วัน มีค่าอยู่ระหว่าง 40-50 และไม่มี ความแตกต่างกันทางสถิติ



ภาพ 3 การเปลี่ยนแปลงสีแสดงค่าสีเหลือง (b^*) ของมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองพันธุ์ที่เคลือบผิวด้วยไคโตแซน และไม่เคลือบผิว เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส

2. การสูญเสียน้ำหนัก พบว่ามะม่วงน้ำดอกไม้สีทองหั่นชิ้นที่เคลือบผิวด้วยไคโตแซน และไม่เคลือบผิวมีการเพิ่มขึ้นของการสูญเสียน้ำหนักในระหว่าง 0-16% โดยพบว่า มะม่วงน้ำดอกไม้สีทองหั่นชิ้นไม่เคลือบผิวมีการสูญเสียน้ำหนักสูงสุดเท่ากับ 18% เมื่อเก็บรักษานาน 7 วัน รองลงมาได้แก่การเคลือบผิวด้วยไคโตแซน 0.5, 1.0 และ 2.0% ตามลำดับ



ภาพ 4 ผลของสารเคลือบผิวต่อการสูญเสียน้ำหนักของมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองหั่นชิ้นที่เคลือบผิวด้วยไคโตแซน และไม่เคลือบผิว เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส

3. การเปลี่ยนแปลงทางเคมี พบว่า

3.1 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (soluble solid content) ก่อนการเคลือบผิวมีค่าเท่ากับ 18.53 องศาบริกซ์ ภายหลังการเก็บรักษาที่ 10 องศาเซลเซียส นาน 7 วัน พบว่าการเคลือบผิวไม่มีผลต่อการเพิ่มหรือลดของปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ และมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ

3.2 ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (titratable acidity) พบว่ามะม่วงน้ำดอกไม้สีทองหั่นชิ้นก่อนการทดลองมีค่าเท่ากับ 0.98% ภายหลังการเก็บรักษาที่ 10 องศาเซลเซียส นาน 7 วัน พบว่าปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ของมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองหั่นชิ้นมีความแตกต่างกันทางสถิติเล็กน้อย อยู่ระหว่าง 0.65-0.78%

3.3 ปริมาณวิตามินซี (vitamin c content) พบว่า ก่อนการเก็บรักษาที่ 10 องศาเซลเซียส มีปริมาณวิตามินซี 26.05 mg/100ml ภายหลังการเก็บรักษา 7 วัน พบว่าปริมาณวิตามินซีลดลงตามอายุการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้น โดยพบว่ามะม่วงน้ำดอกไม้สีทองหั่นชิ้นที่เคลือบผิวด้วยไคโตแซนความเข้มข้น 2% มีค่าวิตามินซีสูงสุดเท่ากับ 23.30 mg/100ml รองลงมาคือ การเคลือบผิวด้วยความเข้มข้น 1.0, 0.5 และไม่เคลือบผิว เท่ากับ 22.34, 19.87 และ 17.89 mg/100ml

ตาราง 1 การเปลี่ยนแปลงทางเคมี และสมบัติทางกายภาพของมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองหั่นชิ้นที่เคลือบผิวด้วยไคโตแซน ภายหลังจากเก็บรักษา 7 วัน ที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส

Chitosan (%)	SS (°Brix)	Titrateable acidity (%)	Vitamin C (mg/100 ml)
Before treatment After storage	18.53 a	0.98 a	26.05 a
0	16.87 c	0.78 b	17.89 d
0.5	17.32 b	0.76 b	19.87 c
1.0	17.63 b	0.74 b	22.34 b
2.0	17.28 b	0.69 c	23.30 b

ตัวอักษรที่เหมือนกันทางแนวดิ่งไม่มีความแตกต่างกันทางนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

4. ปริมาณจุลินทรีย์

พบว่าปริมาณจุลินทรีย์ของมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองหั่นชิ้นมีปริมาณเพิ่มขึ้นตามอายุการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้นอยู่ระหว่าง 2.84-6.69 Log CFU/g โดยพบว่า มะม่วงน้ำดอกไม้สีทองหั่นชิ้นที่เคลือบผิวด้วยไคโตแซนความเข้มข้น 2.0% มีปริมาณจุลินทรีย์น้อยที่สุด

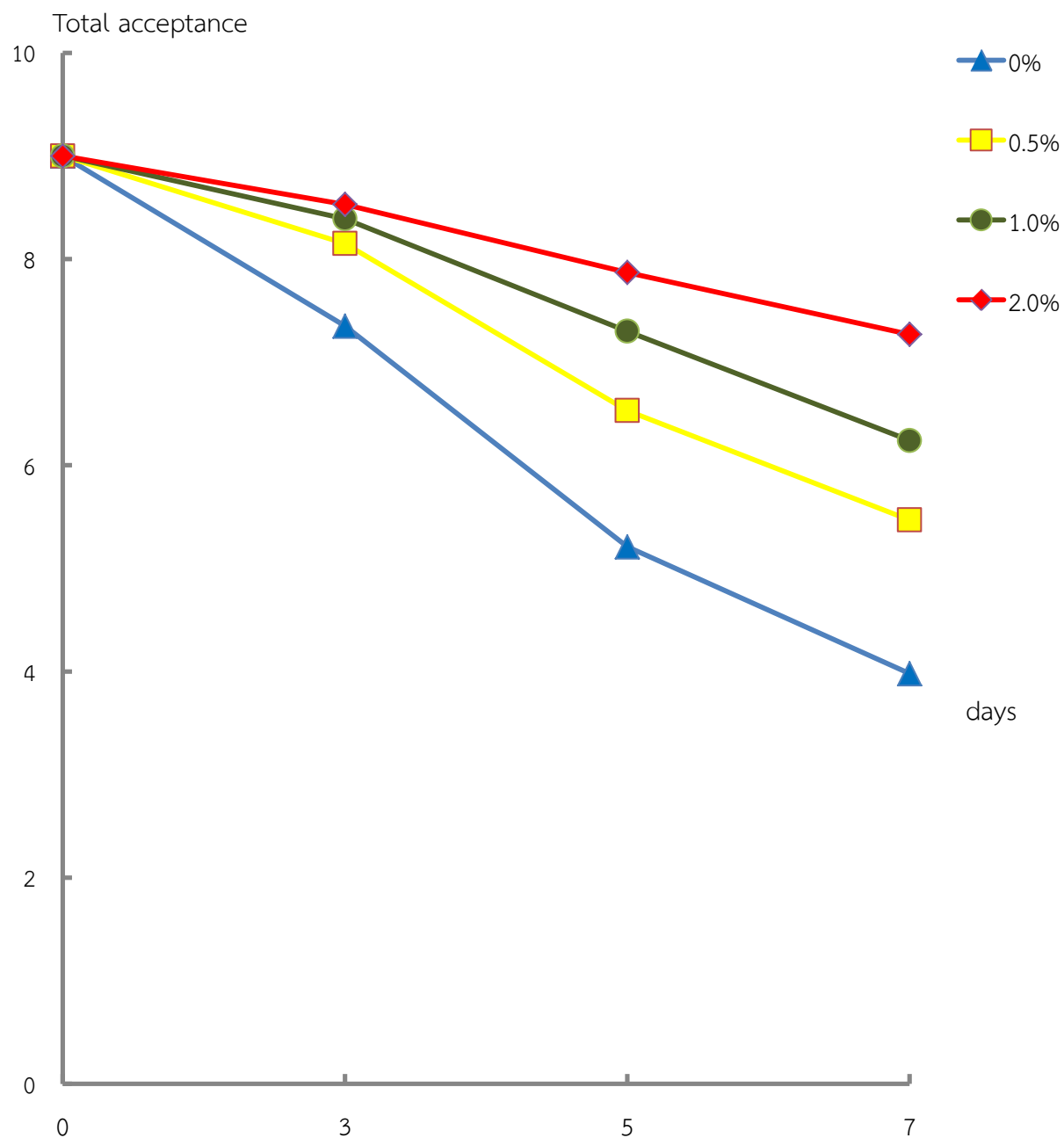
ตาราง 2 ผลของสารเคลือบผิวไคโตแซนต่อการเปลี่ยนแปลงทางจุลชีววิทยาของมะม่วงหั่นชิ้น ที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส (log CFU / g)

Chitosan (%)	0 day	1 day	2days	3 days	4 days	5 days	6 days	7 days
0	2.84	4.35 a	4.65 a	4.97 a	5.21 a	5.89 a	6.26 a	6.69 a
0.5	2.84	3.95 b	4.45 b	4.56 b	4.76 b	5.33 b	5.57 b	5.74 b
1.0	2.84	3.94 b	4.34 b	4.47 b	4.61 b	5.10 b	5.36 c	5.32 b
2.0	2.84	3.92 b	4.30 b	4.26 c	4.38 c	4.86 c	5.12 c	5.28 c

ตัวอักษรที่เหมือนกันทางแนวดิ่งไม่มีความแตกต่างกันทางนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

5. การทดสอบทางประสาทสัมผัส

พบว่ามะม่วงน้ำดอกไม้สีทองหั่นชิ้น เมื่อมีการทดสอบด้วยผู้ชิมที่ไม่ได้ผ่านการฝึกฝน (untrained panelist) โดยใช้ hedonic scale (0-9) พบว่า คะแนนความพึงพอใจโดยรวมของมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองหั่นชิ้นที่เคลือบผิวด้วยไคโตแซน 2.0% มีค่าความพึงพอใจโดยรวมสูงสุดเท่ากับ 7.8 เมื่อเก็บรักษาที่ 10 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 7 วัน ในขณะที่มะม่วงน้ำดอกไม้สีทองหั่นชิ้นที่ไม่ได้เคลือบผิวมีค่าความพึงพอใจโดยรวมสูงสุดเท่ากับ 4.0



ภาพ 5 ผลของสารเคลือบผิวไคโตซานต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสของมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองหั่นชิ้น เก็บรักษา 7 วัน ที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส

6. ลักษณะปรากฏของมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองหั่นชิ้นภายหลังการเก็บรักษาที่ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน พบว่า มะม่วงน้ำดอกไม้สีทองหั่นชิ้นมีลักษณะปรากฏดีที่สุด คือ มะม่วงน้ำดอกไม้สีทองหั่นชิ้นที่เคลือบผิวด้วยไคโตแซน 2.0% ยังคงมีสีเหลืองสดใส ในขณะที่มะม่วงน้ำดอกไม้สีทองหั่นชิ้นที่เคลือบผิวด้วยไคโตแซนความเข้มข้นน้อยกว่า มีสีเหลืองคล้ำ และมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองหั่นชิ้นที่ไม่ได้เคลือบผิว มีสีคล้ำมากที่สุด



control

chitosan
0.5 %chitosan
1 %chitosan
2 %

ภาพ 6 ลักษณะปรากฏของมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองหั่นชิ้นภายหลังการเก็บรักษาที่ 10 องศาเซลเซียส เวลา 7 วัน

วิจารณ์ผลการทดลอง

จากการทดลองพบว่า มะม่วงน้ำดอกไม้สีทองพันธุ์ที่เคลือบผิวด้วยไคโตแซน 2% ให้ผลดีที่สุดในด้าน การวิเคราะห์ทางเคมี กายภาพ และการทดสอบทางประสาทสัมผัส โดยมีอายุการเก็บรักษานาน 7 วัน ในสภาพ การเก็บรักษาที่ 10 องศาเซลเซียส มีผลการทดลองเช่นเดียวกับการยืดอายุการเก็บรักษามะม่วงพันธุ์ Irwin พันธุ์ ที่เคลือบผิวด้วยสารละลายไคโตแซนความเข้มข้น 2% การทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่า มะม่วงน้ำดอกไม้ สีทองพันธุ์ที่เคลือบผิวด้วยสารละลายไคโตแซนมีคุณภาพทางประสาทสัมผัสดีกว่าการไม่เคลือบผิว โดยไม่มีการเปลี่ยนแปลงรสชาติ นอกจากนี้ยังพบว่าการเคลือบผิวไม่ทำให้เกิดความแตกต่างจากการไม่เคลือบผิว จาก การเปลี่ยนแปลงของค่าความสว่าง (L^*) ค่าสีแดง (a^*) และค่าสีเหลือง (b^*) นอกจากนี้ยังพบว่าการเคลือบผิวด้วย ไคโตแซนความเข้มข้น 2% สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์และชะลอการสูญเสียน้ำได้ดีกว่าการไม่ เคลือบผิว การเคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวที่บริโภคนได้สามารถยืดอายุการเก็บรักษาของมะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง ในเชิงพาณิชย์ได้ เนื่องจากปัจจุบันผู้บริโภคมีความตระหนักถึงอันตรายจากการใช้สารเคมีในการยืดอายุผักและ ผลไม้เช่นเดียวกันผักและผลไม้อื่นๆ (Chaiprasart and Handswasdi (2006), Du et al. (1997), Ghaouth et al. (2000), Jiang and Li (2001))

สรุป

มะม่วงน้ำดอกไม้สีทองพันธุ์ที่เคลือบผิวด้วยไคโตแซนความเข้มข้น 2% ให้ผลดีที่สุด ในการเก็บรักษานาน 7 วัน ในสภาพการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส