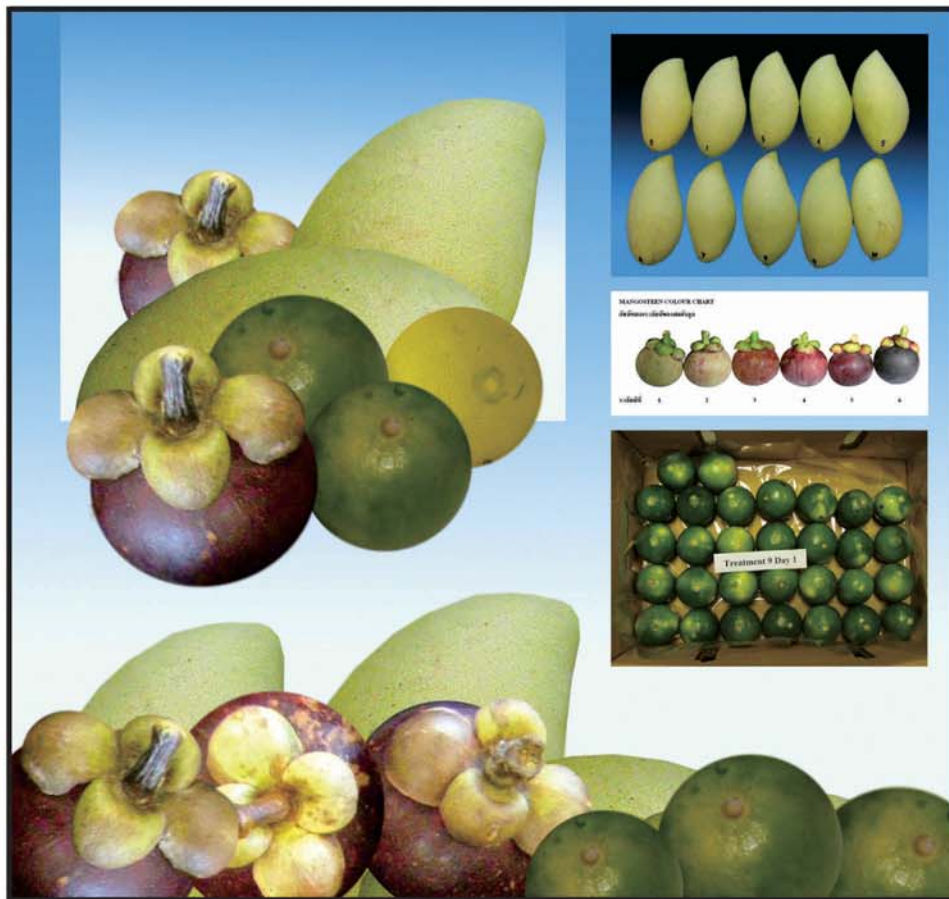




วว.

โครงการวิจัยที่ ภ. 49-06 / ย.2 / รายงานฉบับที่ 1 (ฉบับสมบูรณ์)

การพัฒนาสารเคลือบผิวเพื่อยืดอายุ การเก็บรักษามะม่วง มังคุด และมะนาว



สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย

กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย

โครงการวิจัยที่ ภ. 49-06

การวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการยืดอายุและปรับปรุงคุณภาพ
ผลิตผลสดหลังการเก็บเกี่ยว

โครงการย่อยที่ 2

การพัฒนาสารเคลือบผิวเพื่อยืดอายุการเก็บรักษามะม่วง มังคุด และมะนาว

รายงานฉบับที่ 1 (ฉบับสมบูรณ์)

การพัฒนาสารเคลือบผิวเพื่อยืดอายุการเก็บรักษามะม่วง มังคุด และมะนาว

โดย

ศิริพงษ์ พัฒนวิบูลย์

อนวัช สุวรรณกุล

มนทิณี กมลธรรม

สุพัทธา เปี่ยมวารี

สุภาวดี ชนะพาล

สดศรี เนียมเปรม

คณิงนิจ บุศราคำ

สรวิศ แจ่มจำรูญ

พรพรรณ จันทร์เนียม

บรรณาธิการ

ลิขิต หาญจางสิทธิ์

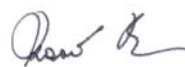
บุญเรียม น้อยชุมแพ

พิสุทธิ พลัฒ์สวาท

วว., กรุงเทพฯ 2554

สงวนลิขสิทธิ์

รายงานฉบับนี้ได้รับการอนุมัติให้พิมพ์โดย
ผู้ว่าการสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย



(นางเกษมศรี หอมชื่น)

ผู้ว่าการ

คำนำ

เทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวที่ใช้อยู่ในอุตสาหกรรมการส่งออกผลิตผลพืชสวนสดของประเทศไทยในปัจจุบันนี้ แทบทุกอย่างถูกพัฒนาขึ้นโดยอาศัยเทคโนโลยีพื้นฐานจากประเทศที่พัฒนาแล้ว เช่น สหรัฐอเมริกา, กลุ่มประเทศทางยุโรป, ออสเตรเลีย นิวซีแลนด์ และอิสราเอล. โดยเทคโนโลยีและผลงานวิจัยเหล่านี้ได้ถูกนำมาพัฒนาวิจัยและรวมทั้งนำมาประยุกต์ใช้ในประเทศไทย เช่น แอปเปิล, แพร์, อะโวคาโด, สตอร์เบอร์รี่, กีวี, และส้ม เป็นต้น.

การพัฒนาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวที่เหมาะสมกับผลิตผลเขตร้อนบางชนิด นอกจากศึกษาและวิจัยเกี่ยวกับสรีรวิทยา, ชีวเคมีของผลิตผลแต่ละชนิด เพื่อได้ข้อมูลพื้นฐานหรือองค์ความรู้ในการนำมาพัฒนาเทคโนโลยีแล้ว ยังจำเป็นต้องการงานวิจัยอย่างริบถ้วนเพื่อประเมินความเป็นไปได้ในการนำเอาเทคโนโลยีใหม่ ๆ ที่มีการพัฒนาขึ้นในประเทศที่พัฒนาแล้วเพื่อทดแทนใช้กับผลิตผลเขตร้อนในประเทศไทย, การใช้สารเคมีชนิดต่างๆ ที่มีผลในการยืดอายุการเก็บรักษาหรือการควบคุมการสุกของผลิตผล.

สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย วว. เป็นหน่วยงานวิจัยด้านเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวหน่วยงานแรกของประเทศไทย ได้พยายามพัฒนาเทคโนโลยีที่เหมาะสม เพื่อพัฒนาไปสู่อุตสาหกรรมส่งออกผลิตผลสดของไทยมาเป็นระยะเวลากว่า 20 ปี. โดยระยะเวลาที่ผ่านมาได้ทำการศึกษาวิจัยพื้นฐานและประยุกต์ เพื่อเป็นรากฐานในการพัฒนาประเทศและพัฒนาเทคโนโลยีที่สำคัญ. ดังนั้น ฝ่ายเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวได้มองถึงการวิจัยและพัฒนาสารเคลือบผิวสำหรับผลไม้ เช่น มะม่วง, มังคุด ฯลฯ เพื่อทดแทนการนำเข้าและลดต้นทุนการผลิตสารต่าง ๆ จึงทำการวิจัยและพัฒนาสารเคลือบผิวดังกล่าวเพื่อนำไปสู่อุตสาหกรรมการส่งออกและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวต่อไป.

วัตถุประสงค์ของโครงการ

1. เพื่อวิจัยและพัฒนาสารเคลือบผิวผลไม้สดที่มีความปลอดภัยและลดการนำเข้าจากต่างประเทศ.
2. เพื่อพัฒนาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวในการใช้สารเคลือบผิวให้มีประสิทธิภาพกับผลไม้สดที่มีศักยภาพสูงในการส่งออก ได้แก่ มะม่วง มังคุด และมะนาว.
3. เพื่อศึกษาข้อมูลทางกายภาพ สรีรวิทยาและชีวเคมีหลังการเก็บเกี่ยวของผลิตผลพืชสวนสดภายหลังการเคลือบผิว.
4. เพื่อให้คำแนะนำและปรึกษาด้านข้อมูลผลงานวิจัยแก่ผู้สนใจ, ผู้ประกอบการรวมทั้งหน่วยงานของรัฐที่เกี่ยวข้อง.

กิตติกรรมประกาศ

โครงการการพัฒนาสารเคลือบผิวเพื่อยืดอายุการเก็บรักษามะม่วง, มังคุด และมะนาว สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี โดยได้รับความร่วมมือจากนักวิจัยหลายๆ ท่านที่ได้ให้การเสนอแนะและตรวจสอบ. ขอขอบคุณ ดร. อนวัช สุวรรณกุล ที่ได้ให้คำแนะนำในการทดลองในงานวิจัยครั้งนี้ รวมทั้งนักวิชาการ ซึ่งเป็นพนักงานของสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทยที่มีส่วนร่วมในการไปปฏิบัติงานในสวนผลไม้. ขอขอบคุณ ร.อ.ศรีศักดิ์ ตรังวัชรกุล ที่ช่วยให้คำแนะนำตรวจสอบแก้ไขรายงานฉบับนี้. ขอขอบคุณ คุณบุญโชค บุญบงการ (สวนคุณชโล) เจ้าของสวนมังคุดและทุเรียนเพื่อการส่งออก รวมทั้งคุณชวลิต, คุณสงวน บุญฤทธิ์ เจ้าของสวนที่ได้ให้ความเอื้อเฟื้อเก็บและคัดเลือกมังคุดเพื่อการวิจัย ขอขอบคุณ คุณวิรัช ธนะไพบูรณ์ (สวนธนะไพบูรณ์) อำเภอบ้านฉาง จังหวัดระยอง ที่ได้ให้ความเอื้อเฟื้อในการเก็บและคัดเลือกมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองสำหรับงานวิจัยครั้งนี้เช่นกัน, รวมทั้งขอขอบคุณเจ้าของร้านมะนาวที่ตลาดไทที่ได้ให้คัดเลือกมะนาวตามขนาดที่ต้องการ มา ณ ที่นี้.

สารบัญ

| | หน้า |
|-----------------------------|------|
| คำนำ | ก |
| วัตถุประสงค์ของโครงการ | ข |
| กิตติกรรมประกาศ | ค |
| สารบัญตาราง | จ |
| สารบัญรูป | ช |
| ABSTRACT | 1 |
| บทคัดย่อ | 2 |
| 1. บทนำ | 3 |
| 2. วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ | 5 |
| 3. ผลการทดลองและวิจารณ์ | 14 |
| 4. สรุปผล | 74 |
| 5. ข้อเสนอแนะ | 75 |
| 6. เอกสารอ้างอิง | 76 |
| ภาคผนวก ก | 79 |
| ภาคผนวก ข | 82 |

สารบัญตาราง (ต่อ)

| | หน้า |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| ตารางที่ 14. ค่า pH ของน้ำมะนาวที่ผ่านการเคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว 12 สูตร แล้วเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 22 °ซ. เป็นเวลา 18 วัน | 70 |
| ตารางที่ 15. เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของมะม่วงที่ผ่านการเคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว 10 สูตร เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 °ซ. | 80 |
| ตารางที่ 16. ระดับคะแนนการเกิดโรคของมะม่วงที่ผ่านการเคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว 10 สูตร เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 °ซ. | 80 |
| ตารางที่ 17. ระดับคะแนนการสุกของมะม่วงที่ผ่านการเคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว 10 สูตร เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 °ซ. | 81 |
| ตารางที่ 18. การเปลี่ยนแปลงของสีเปลือกมังคุดที่ผ่านการเคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว 8 สูตร ตาม Mangosteen color chart ระดับที่ 1 ถึง 6 เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 5 สัปดาห์. | 83 |
| ตารางที่ 19. ระดับคะแนนการเกิดสีน้ำตาลที่ขั้วผลและกลีบเลี้ยงของมังคุดที่ผ่านการเคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว 8 สูตร และเก็บรักษาไว้เป็นเวลา 5 สัปดาห์. | 82 |
| ตารางที่ 20. ระดับคะแนนของสีเนื้อมังคุดที่ผ่านการเก็บรักษาเป็นเวลา 5 สัปดาห์ | 84 |
| ตารางที่ 21. ระดับคะแนนศักยภาพทางการตลาดของมังคุดที่ผ่านการเคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว 8 สูตร และเก็บรักษาไว้เป็นเวลา 5 สัปดาห์. | 85 |
| ตารางที่ 22. ระดับคะแนนกลิ่นรสที่ผิดปกติของมังคุดที่ผ่านการเคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว 8 สูตร และเก็บรักษาไว้เวลานาน 2, 4 และ 5 สัปดาห์. | 85 |
| ตารางที่ 23. เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของมังคุดที่ผ่านการเคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว 8 สูตร และเก็บรักษาเป็นเวลา 2, 4 และ 5 สัปดาห์. | 86 |
| ตารางที่ 24. เปอร์เซ็นต์แสดงปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของมังคุดที่ผ่านการเคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว 8 สูตร และเก็บรักษาเป็นเวลานาน 2, 4 และ 5 สัปดาห์. | 87 |
| ตารางที่ 25. ปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ของมังคุดที่ผ่านการเคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว 8 สูตร และเก็บรักษาเป็นเวลา 2, 4 และ 5 สัปดาห์. | 87 |
| ตารางที่ 26. ค่า pH ของมังคุดที่ผ่านการเคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว 8 สูตร และเก็บรักษาเป็นเวลา 2, 4 และ 5 สัปดาห์. | 88 |

สารบัญรูป

| | หน้า |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| รูปที่ 1. ดัชนีแสดงระดับสีของมังคุด. | 10 |
| รูปที่ 2. มังคุดที่ใช้ในการทดลองและการบรรจุกล่อง. | 11 |
| รูปที่ 3. การเคลือบผิวมะนาวและการบรรจุกล่อง. | 13 |
| รูปที่ 4. L* a* b* Color Chart. | 14 |
| รูปที่ 5. เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของของมะม่วงที่ผ่านการเคลือบผิวด้วย สารเคลือบผิว 10 สูตร เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 °ซ. | 16 |
| รูปที่ 6. ระดับคะแนนการเกิดโรคของมะม่วงที่ผ่านการเคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว 10 สูตร เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 °ซ. | 17 |
| รูปที่ 7. ระดับคะแนนการสุกของมะม่วงที่ผ่านการเคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว 10 สูตร เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 °ซ. | 18 |
| รูปที่ 8. มะม่วงที่ผ่านการเคลือบผิวและเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 °ซ. เป็นเวลา 4 วัน | 20 |
| รูปที่ 9. มะม่วงที่ผ่านการเคลือบผิวและเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 °ซ. เป็นเวลา 6 วัน. | 21 |
| รูปที่ 10. มะม่วงที่ผ่านการเคลือบผิวและเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 °ซ. เป็นเวลา 8 วัน. | 22 |
| รูปที่ 11. มะม่วงที่ผ่านการเคลือบผิวและเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 °ซ. เป็นเวลา 11 วัน. | 23 |
| รูปที่ 12. การเปลี่ยนแปลงของสีเปลือกมังคุดที่ผ่านการเคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว 8 สูตร ตาม Mangosteen color chart ระดับที่ 1 ถึง 6 เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 5 สัปดาห์. | 24 |
| รูปที่ 13. ระดับคะแนนการเกิดสีน้ำตาลที่ขั้วผลและกลีบเลี้ยงของมังคุดที่ผ่านการเคลือบผิว ด้วยสารเคลือบผิว 8 สูตร และเก็บรักษาไว้เป็นเวลา 5 สัปดาห์. | 25 |
| รูปที่ 14. ระดับคะแนนของสีเนื้อมังคุดที่ผ่านการเก็บรักษาเป็นเวลา 5 สัปดาห์. | 26 |
| รูปที่ 15. ระดับคะแนนศักยภาพทางการตลาดของมังคุดที่ผ่านการเคลือบผิวด้วย สารเคลือบผิว 8 สูตร และเก็บรักษาไว้เป็นเวลา 5 สัปดาห์. | 27 |
| รูปที่ 16. ระดับคะแนนกลิ่นรสที่ผิดปกติของมังคุดที่ผ่านการเคลือบผิวด้วย สารเคลือบผิว 8 สูตร และเก็บรักษาไว้เวลานาน 2, 4 และ 5 สัปดาห์. | 28 |
| รูปที่ 17. เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของมังคุดที่ผ่านการเคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว 8 สูตร และเก็บรักษาเป็นเวลา 2, 4 และ 5 สัปดาห์. | 29 |
| รูปที่ 18. เปอร์เซ็นต์แสดงปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของมังคุดที่ผ่านการเคลือบผิว ด้วยสารเคลือบผิว 8 สูตร และเก็บรักษาเป็นเวลานาน 2, 4 และ 5 สัปดาห์. | 30 |

สารบัญรูป (ต่อ)

| | หน้า |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| รูปที่ 19. ปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ของมังคุดที่ผ่านการเคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว 8 สูตร และเก็บรักษาเป็นเวลา 2, 4 และ 5 สัปดาห์. | 31 |
| รูปที่ 20. ค่า pH ของมังคุดที่ผ่านการเคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว 8 สูตร และเก็บรักษาเป็นเวลา 2, 4 และ 5 สัปดาห์ | 32 |
| รูปที่ 21. มังคุดที่ผ่านการเคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว 8 สูตร และเก็บรักษาเป็นเวลา 2 สัปดาห์ที่อุณหภูมิ 13 °ซ. | 34 |
| รูปที่ 22. มังคุดที่ผ่านการเคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว 8 สูตร และเก็บรักษาเป็นเวลา 4 สัปดาห์ที่อุณหภูมิ 13 °ซ. | 35 |
| รูปที่ 23. เนื้อมังคุดที่ผ่านการเคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว 8 สูตร และเก็บรักษาเป็นเวลา 4 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิ 13 °ซ. | 36 |
| รูปที่ 24. มังคุดที่ผ่านการเคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว 8 สูตร และเก็บรักษาเป็นเวลา 5 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิ 13 °ซ. | 37 |
| รูปที่ 25. เนื้อมังคุดที่ผ่านการเคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว 8 สูตร และเก็บรักษาเป็นเวลา 5 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิ 13 °ซ. | 38 |
| รูปที่ 26. เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของมะนาวที่ผ่านการเคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว 12 สูตร แล้วเก็บรักษาแล้วเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 12 °ซ. เป็นเวลา 2, 4 และ 5 สัปดาห์. | 40 |
| รูปที่ 27. ค่า L* ของเปลือกมะนาวที่ผ่านการเคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว 12 สูตร แล้วเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 12 °ซ. เป็นเวลา 2, 4 และ 5 สัปดาห์. | 42 |
| รูปที่ 28. ค่า a* ของเปลือกมะนาวที่ผ่านการเคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว 12 สูตร แล้วเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 12 °ซ. เป็นเวลา 2, 4 และ 5 สัปดาห์. | 44 |
| รูปที่ 29. ค่า b* ของเปลือกมะนาวที่ผ่านการเคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว 12 สูตร แล้วเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 12 °ซ. เป็นเวลา 2, 4 และ 5 สัปดาห์. | 46 |
| รูปที่ 30. ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของมะนาวที่ผ่านการเคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว 12 สูตร แล้วเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 12 °ซ. เป็นเวลา 2, 4 และ 5 สัปดาห์. | 48 |
| รูปที่ 31. ปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ของมะนาวที่ผ่านการเคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว 12 สูตร แล้วเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 12 °ซ. เป็นเวลา 2, 4 และ 5 สัปดาห์. | 50 |

สารบัญรูป (ต่อ)

| | หน้า |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| รูปที่ 32. ค่า pH ของน้ำมะนาวที่ผ่านการเคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว 12 สูตร แล้วเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 12 °ซ. เป็นเวลา 2, 4 และ 5 สัปดาห์. | 52 |
| รูปที่ 33. มะนาวที่ผ่านการเคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว 12 สูตร แล้วเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 12 °ซ. เป็นเวลา 2 สัปดาห์. | 54 |
| รูปที่ 34. มะนาวที่ผ่านการเคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว 12 สูตร แล้วเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 12 °ซ. เป็นเวลา 4 สัปดาห์. | 55 |
| รูปที่ 35. มะนาวที่ผ่านการเคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว 12 สูตร แล้วเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 12 °ซ. เป็นเวลา 5 สัปดาห์. | 56 |
| รูปที่ 36. เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของมะนาวที่ผ่านการเคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว 12 สูตร เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 22 °ซ. เป็นเวลา 18 วัน. | 59 |
| รูปที่ 37. ค่า L* ของเปลือกมะนาวที่ผ่านการเคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว 12 สูตร เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 22 °ซ เป็นเวลา 18 วัน. | 61 |
| รูปที่ 38. ค่า a* ของเปลือกมะนาวที่ผ่านการเคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว 12 สูตร แล้วเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 22 °ซ. เป็นเวลา 18 วัน. | 63 |
| รูปที่ 39. ค่า b* ของเปลือกมะนาวที่ผ่านการเคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว 12 สูตร แล้วเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 22 °ซ. เป็นเวลา 18 วัน. | 65 |
| รูปที่ 40. ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของมะนาวที่ผ่านการเคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว 12 สูตร แล้วเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 22 °ซ. เป็นเวลา 18 วัน. | 67 |
| รูปที่ 41. ปริมาณกรดที่ไทเตรทได้ของมะนาวที่ผ่านการเคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว 12 สูตร แล้วเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 22 °ซ. เป็นเวลา 18 วัน. | 69 |
| รูปที่ 42. ค่า pH ของน้ำมะนาวที่ผ่านการเคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว 12 สูตร แล้วเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 22 °ซ. เป็นเวลา 18 วัน. | 71 |
| รูปที่ 43. มะนาวที่ผ่านการเคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว 12 สูตร แล้วเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 22 °ซ. เป็นเวลา 7 วัน. | 72 |
| รูปที่ 44. มะนาวที่ผ่านการเคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว 12 สูตร แล้วเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 22 °ซ. เป็นเวลา 14 วัน. | 73 |

DEVELOPMENT OF COATING MATERIALS FOR SHELF LIFE EXTENSION OF MANGO, MANGOSTEEN AND LIME

**Siriphong Pattanavibul, Anawat Suwanagul, Sodsri Neamprem,
Montinee Kamoltham, Kanungnid Busarakam, Supatra Paemvaree,
Soravit Jamjumroon, Supavadee Chanapan and Pornpan Channiam**

ABSTRACT

Coating materials for shelf-life extension of mango, mangosteen and lime were developed by using various materials and storing at different temperatures compared with control (coating with distilled water). For mango (CV. Nam Dok Mai), the optimal coating material for shelf life extension was 1% chitosan which could reduce weight loss and disease ratio and be stored at 25 °C for 8 days. The best material for mangosteen was 250 ppm gibberellic acid in distilled water. This restrained color change of calyx and stem of fruit and weight loss. Overall marketability was good and off flavor was not found during storage for 4 weeks at 13 °C. The optimal coating material for lime (CV. Pan) was 2.0% medium molecular weight of chitosan that delayed weight loss whereas acidity and pH were slightly different compared to the ambient tests. Storage times were extended to 4 weeks at 12 °C and 14 days at 22 °C.

การพัฒนาสารเคลือบผิวเพื่อยืดอายุการเก็บรักษา มะม่วง มังคุด และมะนาว

ศิริพงษ์ พัฒนวิบูลย์¹, อนวัช สุวรรณกุล¹, สดศรี เนียมเปรม¹, มณฑิณี กมลธรรม¹,
คณินิจ บุศราคำ¹, สุพัตรา เปี่ยมวารี¹, สรวิต แจ่มจำรูญ¹, สุภาวดี ชนะपाल¹
และพรพรรณ จันทร์เนียม¹

บทคัดย่อ

ศึกษาสารเคลือบผิวที่เหมาะสมในการยืดอายุการเก็บรักษามะม่วง, มังคุด และมะนาวโดยใช้สารเคลือบผิวหลายสูตรและเก็บรักษาในห้องควบคุมอุณหภูมิที่เหมาะสมในการเก็บรักษาผลไม้แต่ละชนิด. สารเคลือบผิวที่ดีที่สุดสำหรับการยืดอายุการเก็บรักษามะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้คือ ไคโตซาน 1% โดยสามารถลดการสูญเสียน้ำหนักและลดอัตราการเกิดโรค เมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม, สามารถเก็บรักษาได้นาน 8 วัน ที่อุณหภูมิ 25 °ซ. สารเคลือบผิวที่เหมาะสมเพื่อใช้ในการเก็บรักษามังคุดคือ น้ำกลั่นที่มี gibberellic acid ผสมอยู่ในปริมาณ 250 ppm, โดยสามารถชะลอการเปลี่ยนสีของกลีบเลี้ยงและขั้วผลของมังคุด, ลดการสูญเสียน้ำหนัก, ค่าศักยภาพทางการตลาดยังอยู่ในเกณฑ์ดีและไม่มีการเน่าที่ผิดปกติ เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 4 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิ 13 °ซ. และสารเคลือบผิวที่ช่วยชะลอการเปลี่ยนสีของผลมะนาวพันธุ์เป็นได้ดีที่สุดคือ ไคโตซานน้ำหนักโมเลกุลปานกลาง 2.0% ช่วยลดการสูญเสียน้ำหนักและทำให้ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำ, ปริมาณกรด และค่า pH ของน้ำมะนาวไม่เปลี่ยนแปลงแตกต่างจากค่าเริ่มต้นของการทดลองมากนัก และสารเคลือบผิวนี้ทำให้สามารถเก็บรักษามะนาวได้นานถึง 4 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิ 12°ซ. และเก็บได้นาน 14 วัน ที่อุณหภูมิ 22 °ซ.

¹ฝ่ายเทคโนโลยีการเกษตร, สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.)

1. บทนำ

ผลไม้ นับได้ว่า มีความสำคัญต่อเศรษฐกิจของประเทศที่สามารถส่งออกทำรายได้ให้ประเทศอีกทางหนึ่งด้วย จากสถิติการส่งออกปี พ.ศ. 2545 ประเทศไทยส่งออกมังคุด จำนวน 17,687.84 ตัน คิดเป็นมูลค่า 379.6 ล้านบาท, ส่วนมะม่วงส่งออกจำนวน 30,035.50 ตัน คิดเป็นมูลค่า 393.34 ล้านบาท. ปัญหาสำคัญที่ทำให้ผลิตผลทางการเกษตรสูญเสียคุณภาพคือ การคายน้ำของผลไม้หลังการเก็บเกี่ยว. โดยปกติผลไม้จะประกอบด้วยน้ำเป็นส่วนใหญ่ ประมาณ 80% หรือมากกว่า. ความชื้นเป็นสิ่งจำเป็นและสำคัญต่อผักและผลไม้ในแง่ของการสูญเสียน้ำหนัก. ในห้องเก็บควรมีความชื้นสูงเพื่อจะได้ลดการสูญเสียน้ำหนัก ผลไม้ที่นำไปเก็บรักษาจะคายน้ำได้น้อยทำให้สดและไม่เหี่ยวง่าย. การสูญเสียน้ำเป็นกระบวนการที่น้ำเคลื่อนที่จากผลิตผลออกไปสู่อากาศภายนอก ซึ่งเป็นเหตุที่ทำให้ผลไม้เหี่ยวเร็วและไม่สามารถเก็บไว้ได้เป็นเวลานาน, สูญเสียคุณภาพอีกด้วย.

การแก้ไขในการเก็บรักษาผลิตผลให้มีการสูญเสียน้ำน้อยที่สุด คือ การเก็บเกี่ยวด้วยความระมัดระวัง, อย่าให้เกิดรอยชำหรือมีบาดแผลและต้องทำให้เย็นลงอย่างรวดเร็ว, ต้องเก็บรักษาไว้ในสภาพที่มีความชื้นสูง (ห้องเย็นปรับความชื้น) และอุณหภูมิต่ำ แต่วิธีนี้ค่าใช้จ่ายสูง, ในบางโอกาสไม่สามารถที่จะกระทำได้. การใช้ฟิล์มพลาสติกในการบรรจุหีบห่อผลไม้มีอยู่หลายชนิดทำมาจาก LDPE, HDPE, PVC และ PVDC, แต่ละชนิดจะมีคุณภาพที่แตกต่างกันออกไป เนื่องจากมีทั้งฟิล์มยืดและฟิล์มหด. การซึมผ่านของก๊าซต้องเลือกชนิดที่ก๊าซออกซิเจน และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ผ่านเข้าออกได้ง่าย การใช้ฟิล์มหดห่อหุ้มผลไม้ในปัจจุบันไม่ค่อยนิยม เนื่องจากมีต้นทุนสูงกว่าการใช้สารเคลือบผิว.

การใช้สารเคลือบผิวกับผลไม้จะช่วยลดการสูญเสียน้ำ, ลดปริมาณของก๊าซออกซิเจนภายในผล จากการถูกใช้ไปในการหายใจ, ปริมาณของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มสูงขึ้น. ปริมาณเอทิลีนที่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงอาจเกิดขึ้นได้น้อย จากการที่มีปริมาณของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่มีอยู่มาก จะขัดขวางการทำงานของเอทิลีน. ส่วนผลไม้ที่ยังไม่ได้ผลิตเอทิลีน, การเคลือบผิวจะยับยั้งการสร้างและทำให้ความเข้มข้นของเอทิลีนภายในผลต่ำกว่าปกติ (ศิริพานิช 2538). สารเคลือบผิวที่จำหน่ายเป็นการค้าในปัจจุบันเป็นการพัฒนาในต่างประเทศใช้ได้กับส้ม,

แอปเปิล, สับปะรด เป็นหลัก ยังไม่มีการใช้กับผลไม้เขตร้อน เช่น มะม่วง, มังคุด และมะนาว. ดังนั้นจึงน่าจะนำมาพัฒนาให้มีประสิทธิภาพเพื่อใช้กับมะม่วง, มังคุด และมะนาว ดังกล่าว.

ฝ่ายเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย ได้ตระหนักถึงการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีใหม่ๆ เพื่อการพัฒนาสารเคลือบผิวเพื่อยืดอายุการเก็บรักษาผลไม้ให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น. ในปัจจุบัน พบว่า ได้มีการใช้สารเคมีชนิดต่างๆ จากต่างประเทศ ทำให้ต้องเสียเงินค่านำเข้าเป็นจำนวนมาก. ผลที่ได้ของการวิจัยและพัฒนาในด้านนี้ ที่สามารถนำไปใช้งานได้เป็นอย่างดีเป็นรูปธรรม จะช่วยลดการนำเข้าสารเคมีหรือสารเคลือบจากต่างประเทศได้, เป็นการลดมูลค่าการนำเข้าได้อีกทางหนึ่ง.

2. วัสดุ อุปกรณ์และวิธีการ

2.1 วัสดุ

1. มะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์ 4 จากบริษัทจัดการสวนเกษตร จังหวัดราชบุรี.
2. มังคุดจากสวนของเกษตรกรในจังหวัดจันทบุรี.
3. มะนาวจากตลาดกลางมะนาว อำเภอท่ายาง จังหวัดเพชรบุรี.
4. สารเคมีได้แก่ ไคโตซาน, กรดซิตริก, กรดซาลิไซลิก, Gibberellic acid, Gustec-s, Natural Fresh, Tween, NaOH.
5. กล่องกระดาษบรรจุผลไม้, ตาข่ายโพล.

2.2 อุปกรณ์

1. เครื่องวัดสี (Chroma meter) Minolta รุ่น CR-200.
2. เครื่องวัดปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ (abbe refractometer)

ATAGO DR-A1.

3. เครื่องไทเทรตอัตโนมัติ (auto titrator) Metter Toledo DL53.
4. เครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง.
5. pH meter.
6. เครื่องกวนสาร (stirrer).

2.3 วิธีการ

2.3.1 การพัฒนาสารเคลือบผิวเพื่อยืดอายุการเก็บรักษามะม่วง

การทดลองนี้ใช้มะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์ 4 จากบริษัทจัดการสวนเกษตร จังหวัดราชบุรี. ทำการคัดคุณภาพผลมะม่วงที่มีขนาดและสีใกล้เคียงกัน, ไม่มีร่องรอยการเกิดโรค. จากนั้น ล้างทำความสะอาดผลมะม่วง, ผึ่งลมให้แห้ง, นำมาเคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว 10 สูตร, โดยใช้ภู่กันขนาดใหญ่วางสารเคลือบผิวให้ทั่วผลแล้วผึ่งลมให้แห้งในที่ร่ม, บรรจุกล่องผลมะม่วงลงในกล่อง. จากนั้น เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 °ซ. บันทึกผลการทดลองทุก 2 วัน.

สารเคลือบผิวที่ใช้ในการทดลองมี 10 สูตร ดังนี้.

1. น้ำกลั่น (control)
2. ไคโตซาน 1%

3. น้ำคั้นว่านหางจระเข้ 100%
4. ไคโตซาน+ว่านหางจระเข้ 25%
5. ไคโตซาน+ว่านหางจระเข้ 50%
6. ไคโตซาน+ว่านหางจระเข้ 75%
7. ไคโตซาน+ว่านหางจระเข้ 100%
8. ไคโตซาน+กรดซาลิไซลิก 0.01%
9. ไคโตซาน+กรดซาลิไซลิก 0.05%
10. ไคโตซาน+กรดซาลิไซลิก 0.1%

การเตรียมสารเคลือบผิว

1. การเตรียมไคโตซาน โดยการละลายไคโตซาน 10 กรัมในกรดซิตริก 4% จากนั้นเติม tween 0.1% เพื่อลดแรงตึงผิว, ปรับปริมาตรโดยใช้น้ำกลั่นให้ได้ 1 ลิตร, คนให้ละลายเข้ากันโดยใช้ stirrer.

2. การเตรียมน้ำว่านหางจระเข้โดยนำว่านหางจระเข้มาปอกเปลือก, ล้างน้ำให้สะอาด, นำส่วนวุ้นมาคั้นน้ำ, จากนั้นกรองด้วยผ้าขาวบางเอาแต่น้ำใส, นำมาเจือจางด้วยน้ำกลั่นตามเปอร์เซ็นต์ที่กำหนดใช้.

การบันทึกผลการทดลอง

1. การสูญเสียน้ำหนัก (weight loss) จัดชุดมะม่วงสำหรับบันทึกการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนัก ใช้ทริตเมนต์ละ 5 ผล นำผลมะม่วงมาชั่งน้ำหนักสดก่อนการเก็บรักษาและหลังการเก็บรักษา นำน้ำหนักที่ได้มาคิดเป็นร้อยละของการสูญเสียน้ำหนัก ดังนี้.

$$\% \text{ การสูญเสียน้ำหนัก} = \left(\frac{\text{น้ำหนักเริ่มต้น} - \text{น้ำหนักหลังการเก็บ}}{\text{น้ำหนักเริ่มต้น}} \right) \times 100$$

2. การเกิดโรค (disease score) ให้เป็นระดับคะแนน 1= เกิดโรค 0-25% ของพื้นที่เปลือก, 2= เกิดโรค 26-50% ของพื้นที่เปลือก, 3= เกิดโรค 51-75% ของพื้นที่เปลือก, 4= เกิดโรค 76-100% ของพื้นที่เปลือก.

3. ความสุก (softening scale) ให้เป็นระดับคะแนน 1= แข็ง, 2 = หย่น-เริ่มนิ่ม, 3 = นิ่ม, 4 = สุกเละ.

2.3.2 การพัฒนาสารเคลือบผิวเพื่อยืดอายุการเก็บรักษามังคุด

ในการทดลองนี้ใช้มังคุดจากสวนของเกษตรกรในจังหวัดจันทบุรี คัดเลือกมังคุดในระยะสายเลือดลำดับที่ 2 ตามดัชนีแสดงระดับสีของมังคุด (รูปที่ 1.) คัดเลือกลูกที่ไม่ช้ำและไม่มีแผลฉีกขาด, น้ำหนักต่อลูกไม่ต่ำกว่า 80 กรัม, นำมาเคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว 8 สูตร สูตรละ 60 ผล โดยการจุ่มผลมังคุดในสารเคลือบผิว แล้วปล่อยให้แห้งในที่ร่ม, บรรจุกล่อง 2 กล่อง กล่องละ 25 ผล, นำมาใช้บันทึกผลการทดลอง กล่องละ 10 ผล 1 กล่อง เพื่อใช้บันทึกผลการสูญเสียน้ำหนัก, จากนั้นนำไปเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 13 °ซ. ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 95±2 บันทึกผลการทดลองทุก 2 สัปดาห์.

สารเคลือบผิวที่ใช้ในการทดลองมี 8 สูตร ดังนี้.

1. น้ำกลั่น (control).
2. น้ำกลั่น + GA (ความเข้มข้น 250 ppm).
3. ไคโตซาน (ละลายไคโตซาน 1 กรัม ในกรดซิตริก 4%, จากนั้นเติม tween 0.1%, ปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ได้ 100 มิลลิลิตร).
4. ไคโตซาน+GA.
5. Gustec-s (ผสม Gustec-s 30 มิลลิลิตร ต่อน้ำกลั่น 1 ลิตร).
6. Gustec-s+GA.
7. Natural fresh (Natural fresh 1 ส่วน+น้ำกลั่น 2 ส่วน).
8. Natural fresh+GA.

หมายเหตุ : ไคโตซานที่ใช้ในการทดลองความเข้มข้น 1%.

GA ที่ใช้ในการทดลองความเข้มข้น 250 ppm.

การบันทึกผลการทดลอง

1. การเปลี่ยนแปลงของสีเปลือกมังคุด ดูตามดัชนีแสดงระดับสีของมังคุด (รูปที่ 1.) (Mangosteen color chart) แบ่งเป็นระดับที่ 1 ถึง 6.

2. การเกิดสีน้ำตาลที่ผิวผลและกลีบเลี้ยง ให้เป็นระดับคะแนน

5 = Absense of these symtoms

4 = Slight occurrence

3 = Moderate

2 = Severe

1 = Extreamly severe browning and dehydration

3. ลักษณะสีของเนื้อ (flesh quality) ให้คะแนนระดับสีของเนื้อมังคุด ดังนี้ 3 = White,

2 = White + Yellow, 1 = Yellow.

4. ตักยภาพทางการตลาด (overall marketability) ให้เป็นระดับคะแนน 5 = Field Fresh,

4 = Good, 3 = Moderate, 2 = Poor, 1 = Very Poor.

5. ลักษณะกลิ่นรสที่ผิดปกติ (off flavor) ให้เป็นระดับคะแนน 3 = Normal, 2 = Moderate,

1 = Poor.

6. การสูญเสียน้ำหนัก จัดชุดมังคุดสำหรับบันทึกการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนัก, ใช้ที่รีตเมนต์ละ 5 ผล. นำผลมังคุดมาชั่งน้ำหนักสดก่อนการเก็บรักษาและหลังการเก็บรักษา, นำน้ำหนักที่ได้มาคิดเป็นร้อยละของการสูญเสียน้ำหนัก.

7. ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (soluble solid content) นำน้ำคั้นจากเนื้อมังคุด มาวัดค่าความเข้มข้นของ soluble solid ด้วยเครื่องวัดปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ (abbe refractometer) ATAGO DR-A1.

8. ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (Titratable acidity) คั้นน้ำจากส่วนเนื้อมังคุดปริมาตร 5 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่นให้ได้ปริมาตร 50 มิลลิลิตร, เติม 1%Phenolphthaline 2-3 หยดเป็น indicator. ไทเทรตด้วย 0.1 N NaOH จนถึงจุด end point คือสารละลายมีสีชมพูอย่างน้อย 30 วินาที. ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้เป็นกรดซิตริก คำนวนเปอร์เซ็นต์กรดดังนี้.

$$\% \text{ titratable acidity} = \frac{(\text{ml NaOH}) (N \text{ NaOH}) (\text{meq.wt.Citric acid})}{\text{wt. of Sample}}$$

ml NaOH : ปริมาตร NaOH ที่ใช้ในการไทเทรต (ml)

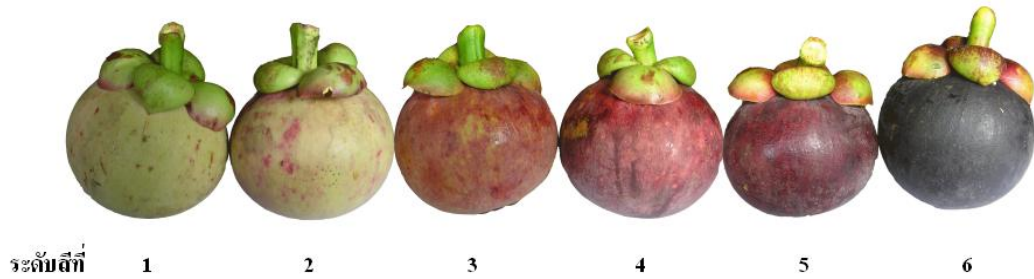
N NaOH : ความเข้มข้นของ NaOH ที่ใช้ในการไทเทรต (Normal)

Meq. wt. : Milliequivalent ของ citric acid = 0.064

9. ค่า pH คั้นน้ำมั่งคุดจากเนื้อผลของแต่ละทรีตเมนต์ ทรีตเมนต์ละ 3 ผล นำน้ำมาวัดค่า pH ด้วย pH meter.

MANGOSTEEN COLOUR CHART

ดัชนีแสดงระดับสีของผลมังคุด



- ระดับสีที่ 1.** ผลมีสีเขียวอ่อนทั้งผล มียางสีเหลืองภายในเปลือกมาก เนื้อและเปลือกไม่สามารถแยกออกจากกันได้.
- ระดับสีที่ 2.** ผลมีสายเลือดมีสีเหลืองอ่อนอมเขียว มีจุดสีชมพูกระจายอยู่ในบางส่วนของผล ยางภายในเปลือกยังมีอยู่มาก เนื้อและผลยังไม่สามารถแยกจากกันได้.
- ระดับสีที่ 3.** ผลมีสีน้ำตาลแดงเรื่อๆ เกือบทั้งผล มีสีเหลืองอ่อนกระจายไปทั่วผล ยางภายในเปลือกอยู่ในระดับปานกลาง การแยกระหว่างเนื้อและเปลือกทำได้ยาก.
- ระดับสีที่ 4.** ผลสีน้ำตาลหรือน้ำตาลอมแดง บางครั้งมีแต้มสีม่วง ยางภายในเปลือกมีน้อย การแยกตัวระหว่างเนื้อและเปลือกทำได้ดี เป็นระยะที่เกือบรับประทานได้.
- ระดับสีที่ 5.** ผลสีม่วงอมแดง ภายในเปลือกไม่มียางเหลืออยู่ เนื้อและเปลือกสามารถแยกออกจากกันได้ง่าย เป็นระยะที่รับประทานได้.
- ระดับสีที่ 6.** ผลมีสีม่วงเข้มจนถึงม่วงดำ ภายในเปลือกไม่มียางเหลืออยู่ เนื้อและเปลือกสามารถแยกออกจากกันได้ง่าย เป็นระยะที่รับประทานได้ดี.

รูปที่ 1. ดัชนีแสดงระดับสีของมังคุด.



มังคุดที่เคลือบผิวแล้วตากให้แห้ง.



รูปที่ 2. มังคุดที่ใช้ในการทดลองและการบรรจุกล่อง.

2.3.3 การพัฒนาสารเคลือบผิวเพื่อยืดอายุการเก็บรักษามะนาว

ในการทดลองนี้ใช้มะนาวพันธุ์เป็นจากตลาดกลางมะนาว อำเภอท่ายาง จังหวัดเพชรบุรี. ทำการคัดคุณภาพมะนาวที่มีขนาดผลและสีใกล้เคียงกัน ไม่มีร่องรอยการเกิดโรค, นำมาล้างน้ำให้สะอาด, ผึ่งลมให้แห้ง. เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวทั้งหมด 12 สูตร สูตรละ 70 ลูกโดยใช้ภูกันขนาดใหญ่ทาสารเคลือบผิวให้ทั่วทั้งผลมะนาว, ปล่อยให้แห้งเองในที่ร่ม. จากนั้น บรรจุผลมะนาวลงกล่อง 2 กล่อง กล่องละ 35 ผล. แยกมะนาวแต่ละทรีตเมนต์เป็น 2 กลุ่ม กลุ่มหนึ่งเก็บที่อุณหภูมิ 12 °ซ. อีกกลุ่มเก็บที่ 22 °ซ. มะนาวเก็บที่ 12 °ซ. บันทึกผลการทดลองทุกๆ 2 สัปดาห์ และมะนาวเก็บที่ 22 °ซ. บันทึกผลการทดลองทุกๆ 4 วัน.

สารเคลือบผิวที่ใช้ในการทดลองมีทั้งหมด 12 สูตร ดังนี้.

1. ไคโตซานน้ำหนักโมเลกุลต่ำ 0.5%
2. ไคโตซานน้ำหนักโมเลกุลต่ำ 1.0%
3. ไคโตซานน้ำหนักโมเลกุลต่ำ 2.0%
4. ไคโตซานน้ำหนักโมเลกุลปานกลาง 0.5%
5. ไคโตซานน้ำหนักโมเลกุลปานกลาง 1.0%
6. ไคโตซานน้ำหนักโมเลกุลปานกลาง 2.0%
7. ไคโตซานน้ำหนักโมเลกุลปานสูง 0.5%
8. ไคโตซานน้ำหนักโมเลกุลปานสูง 1.0%
9. ไคโตซานน้ำหนักโมเลกุลปานสูง 2.0%
10. กรดซิตริก 4%
11. Gustec-s
12. น้ำกลั่น (Control)

หมายเหตุ : ไคโตซานน้ำหนักโมเลกุลต่ำ 1% มีความหนืด 20 cps.

ไคโตซานน้ำหนักโมเลกุลปานกลาง 1% มีความหนืด 200 cps.

ไคโตซานน้ำหนักโมเลกุลสูง 1% มีความหนืด 800 cps.

การเตรียมสารเคลือบผิว

1. การเตรียมไคโตซานโดยละลายไคโตซานตามเปอร์เซ็นต์ที่กำหนดของแต่ละสูตรในกรดซิตริก 4% คนให้ละลาย เติม tween 0.1%. จากนั้น ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น คนให้ละลายเข้ากันหมดโดยใช้ stirrer.

2. การเตรียม Gustec-s โดยการใส่ Gustec-s 30 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่น ปรับปริมาตรให้ได้ 1 ลิตร.



รูปที่ 3. การเคลือบผิวมะนาวและการบรรจุกล่อง.

การบันทึกผลการทดลอง

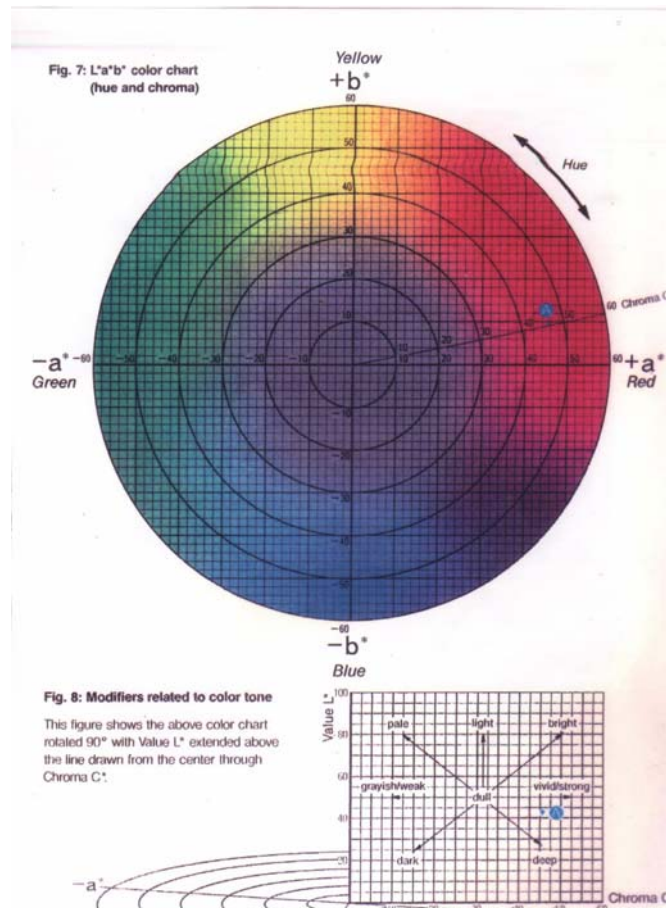
1. การสูญเสียน้ำหนัก (weight loss) จัดหุ้ดมะนาวสำหรับบันทึกการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนัก โดยแยกจากกลุ่มมะนาวที่ใช้ตรวจสอบลักษณะอื่น โดยในแต่ละทริตเมนต์ ใช้มะนาว 5 ผล นำผลมะนาวมาชั่งน้ำหนักสดก่อนการเก็บรักษาและหลังการเก็บรักษา นำน้ำหนักที่ได้มาคิดเป็นร้อยละการสูญเสียน้ำหนัก.

2. การเปลี่ยนแปลงสีของผล การวัดสีของผลมะนาวทริตเมนต์ละ 5 ผลโดยใช้เครื่องวัดสี โดยให้หัววัดแนบกับผลมะนาวมากที่สุด รายงานเป็นค่าดังนี้.

ค่า L^* แสดงถึงความสว่างของสี มีค่าตั้งแต่ 0 ถึง 100 ถ้ามีค่าสูงแสดงว่ามีความสว่างมาก ถ้ามีค่าต่ำแสดงว่าสีมีความเข้มมาก.

ค่า a^* แสดงถึงสีแดงและสีเขียว ถ้าค่าเป็นบวกแสดงว่าเป็นสีแดง แต่ถ้าค่า a^* ติดลบแสดงว่าเป็นสีเขียว เมื่อห่างจาก 0 มากแสดงว่าเป็นสีแดงมากหรือสีเขียวมาก.

ค่า b^* แสดงถึงสีเหลืองและสีน้ำเงิน ถ้าค่าเป็นบวกแสดงว่าเป็นสีเหลือง ถ้าค่าลบแสดงว่าเป็นสีน้ำเงิน ถ้าห่างจาก 0 มากแสดงว่าเป็นสีเหลืองหรือสีน้ำเงินมากขึ้น.



รูปที่ 4. L* a* b* Color Chart

3. ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (Soluble solid content) ใช้น้ำคั้นจากมะนาวทริตเมนต์ ละ 3 ผล มาวัดค่า soluble solids ด้วยเครื่องวัดปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ (abbe refractometer) ATAGO DR-A1.

4. ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (Titratable acidity) คั้นน้ำมะนาว 5 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่นให้ได้ปริมาตร 50 มิลลิลิตร เติม 1%Phenolphthaline 2-3 หยดเป็น indicator. ไทเทรตด้วย 0.1N NaOH จนถึงจุด end point คือ สารละลายมีสีชมพูอย่างน้อย 30 วินาที. ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้เป็นกรดซิตริกนำไปคำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์กรด.

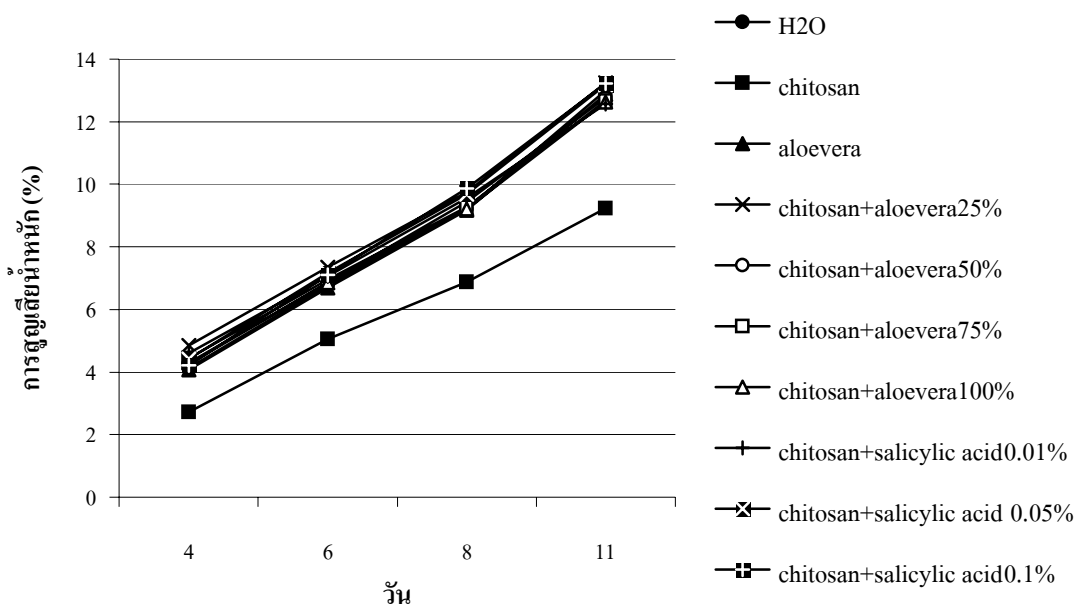
5. ค่า pH ของน้ำมะนาว คั้นน้ำมะนาวจากผลมะนาวแต่ละทรีตเมนต์ ๓ ผล นำมาวัดค่า pH โดย pH meter.

3. ผลการทดลองและวิจารณ์

3.1 การพัฒนาสารเคลือบผิวเพื่อยืดอายุการเก็บรักษามะม่วง

3.1.1. การสูญเสียน้ำหนัก (weight loss)

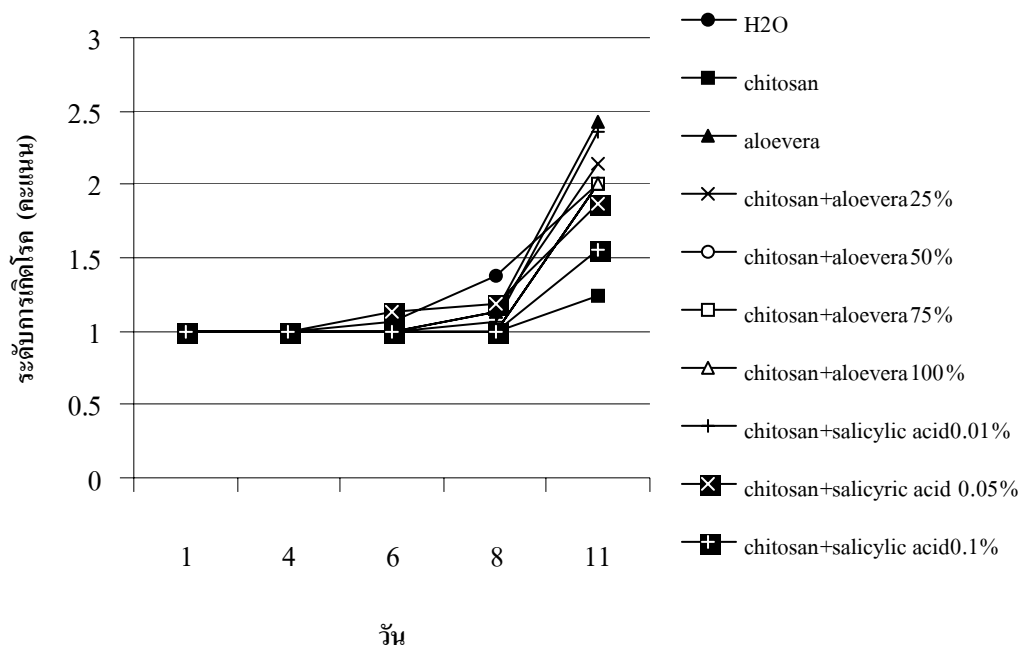
จากผลการทดลอง พบว่า มะม่วงสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการทดลองที่นานขึ้น. สารเคลือบผิวที่ทำให้มีการสูญเสียน้ำหนักต่ำที่สุดคือ ไคโตซาน 1% โดยมีการสูญเสียน้ำหนักเท่ากับ 2.73, 5.06, 6.87 และ 9.24% เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 4, 6, 8 และ 11 วัน ตามลำดับ. รองลงมาคือ ชุดการทดลองที่ใช้สารเคลือบผิวไคโตซานร่วมกับว่านหางจระเข้เข้มข้น 100% โดยมีการสูญเสียน้ำหนัก 12.62% เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 11 วัน ตามด้วยสารเคลือบไคโตซานร่วมกับว่านหางจระเข้ 75 และ 50% ตามลำดับ (รูปที่ 5). ส่วนชุดการทดลองที่ใช้ไคโตซานร่วมกับว่านหางจระเข้ 25% มีการสูญเสียน้ำหนักสูงที่สุด คือ 13.24% เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 11 วัน ซึ่งสูงกว่าในชุดควบคุมคือ 12.99%. ในสารเคลือบผิวที่ใช้กรดซาลิไซลิกร่วมกับไคโตซานนั้น ทำให้เกิดการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้นตามเปอร์เซ็นต์กรดที่สูงขึ้น, รวมทั้งมีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสูงกว่าในชุดควบคุม และการใช้ไคโตซานเคลือบเพียงอย่างเดียว.



รูปที่ 5. เปอร์เซนต์การสูญเสียน้ำหนักของมะม่วงที่ผ่านการเคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว 10 สูตร แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 °ซ.

3.1.2. การเกิดโรค (disease score)

ผลการทดลองพบว่า วันที่ 1 ถึงวันที่ 6 ของการทดลองมะม่วงที่เคลือบผิวด้วยไคโตซาน, ว่านหางจระเข้, ไคโตซานร่วมกับว่านหางจระเข้, ไคโตซานร่วมกับกรดซาลิไซลิก และชุดควบคุม ไม่มีความแตกต่างของการเกิดโรคอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ. ในวันที่ 11 ของการทดลองเริ่มพบความแตกต่างของการเกิดโรคในแต่ละกลุ่มทดลอง โดยพบว่า มะม่วงที่เคลือบผิวด้วยไคโตซานร่วมกับกรดซาลิไซลิก 0.01 % มีการเกิดโรคสูงที่สุด คือ 2.36 คะแนน. ส่วนสารเคลือบผิวสูตรที่ทำให้เกิดโรคต่ำที่สุดคือไคโตซาน 1.0% โดยมีคะแนนการเกิดโรคเท่ากับ 1.24 คะแนน, รองลงมาคือมะม่วงที่เคลือบผิวด้วยไคโตซานร่วมกับกรดซาลิไซลิก 0.1 และ 0.05%, โดยมีระดับคะแนน 1.56 และ 1.87 คะแนน ตามลำดับ. ส่วนมะม่วงที่เคลือบผิวด้วยไคโตซานร่วมกับว่านหางจระเข้มีระดับคะแนนการเกิดโรคไม่แตกต่างจากกลุ่มควบคุมมากนัก. ดังผลการทดลองแสดงในรูปที่ 6.



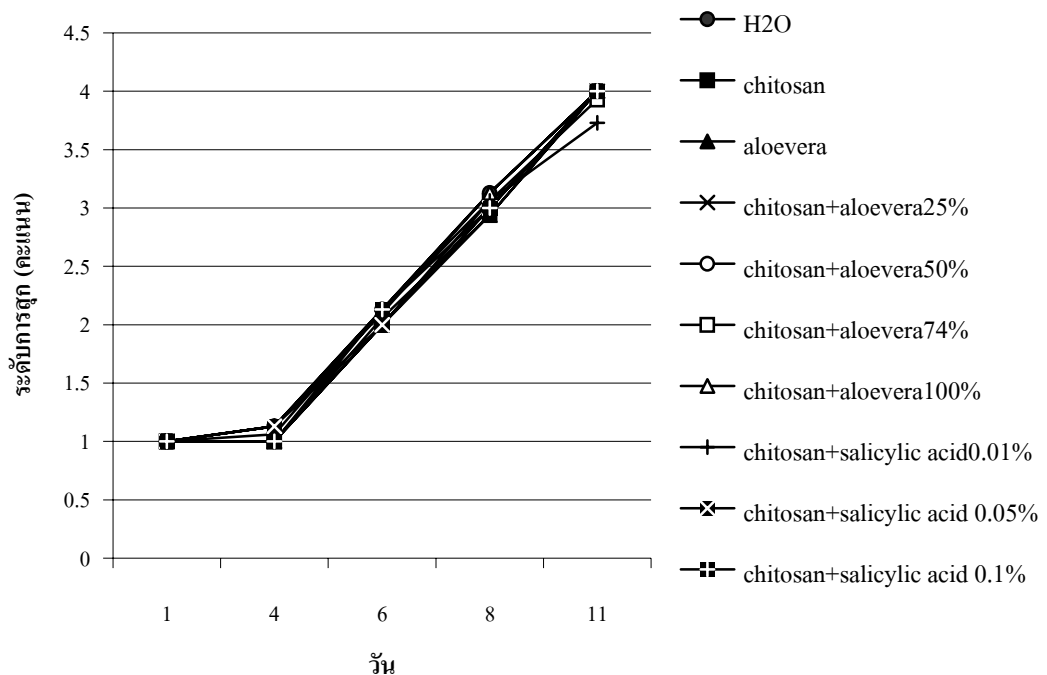
รูปที่ 6. ระดับคะแนนการเกิดโรคของมะม่วงที่ผ่านการเคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว 10 สูตร เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 °ซ.

3.1.3. ความสุก (softening scale)

มะม่วงเริ่มนิ่มในวันที่ 6 และเริ่มสุกในวันที่ 8 ของการทดลอง. โดยในวันที่ 6 ระดับคะแนนของการสุกของมะม่วงที่เคลือบผิวด้วยไคโตซานร่วมกับว่านหางจระเข้และชุดควบคุมไม่มี

ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ. ส่วนในวันที่ 8 ระดับคะแนนการสุกของมะม่วงที่เคลือบด้วยไคโตซานร่วมกับว่านหางจระเข้และชุดควบคุมมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมะม่วงชุดควบคุมมีระดับคะแนนการสุกสูงที่สุดคือ 3.13 คะแนน และมะม่วงที่เคลือบด้วยไคโตซานร่วมกับว่านหางจระเข้เข้มข้น 25% มีระดับคะแนนการสุกต่ำที่สุดคือ 2.94 คะแนน (รูปที่ 7).

จากผลการทดลองพบว่า การใช้ไคโตซานและว่านหางจระเข้เพียงชนิดเดียวในการเคลือบผิวมะม่วงไม่มีผลต่อการสุกของมะม่วง และผลจากการใช้กรดซาลิไซลิกร่วมกับสารเคลือบไคโตซานพบว่า มีผลต่อการชะลอการสุกของมะม่วงให้ช้าลง เมื่อเทียบกับชุดควบคุม โดยแตกต่างเพียงเล็กน้อยไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ.



รูปที่ 7. ระดับคะแนนการสุกของมะม่วงที่ผ่านการเคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว 10 สูตร เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 °ซ.

การใช้สารเคลือบผิวกับผลิตผลเกษตรนั้น เป็นการทดแทนสารประเภทไข่จากธรรมชาติที่หลุดไปจากผลไม้เมื่อผ่านกระบวนการต่างๆ หลังการเก็บเกี่ยว, ช่วยปิดรอยเปิดตามธรรมชาติและ

รอยแผลที่เกิดหลังการเก็บเกี่ยว ทำให้ลดการคายน้ำได้. ส่งผลให้ผลิตผลนั้นมีอายุในการวางขาย นานขึ้น จึงมีการใช้ไคโตซาน (chitosan) ซึ่งเป็นสารไบโอพอลิเมอร์ (biopolymer) ที่มี องค์ประกอบทางเคมีคือ D-glucosamine หรือ poly- β -(1-4)-N-acetyl-D-glucosamine. ข้อดีคือ สามารถย่อยสลายได้ตามธรรมชาติ, มีความปลอดภัยเมื่อนำมาใช้กับมนุษย์ และไม่ตกค้างใน สิ่งแวดล้อม. เมื่อนำไปใช้กับพืชสามารถกระตุ้นให้เกิดความต้านทานต่อจุลินทรีย์ก่อโรค, เมื่อนำไปละลายในกรดอินทรีย์ที่เหมาะสมสามารถขึ้นรูปเป็นแผ่นฟิล์มเหนียวยืดหยุ่น จึงสามารถ นำไปใช้เป็นสารเคลือบผิวของผลิตผลการเกษตรได้. นอกจากคุณสมบัติเป็นสารเคลือบที่ช่วย ชะลอการเปลี่ยนแปลงของคุณภาพผลิตผลแล้ว, ไคโตซานยังมีคุณสมบัติในการยับยั้งการ เจริญเติบโตของราสาเหตุโรคหลังการเก็บเกี่ยว (Ghaout *et al.* 1992), ช่วยชะลอการสุกในผลไม้ หลายชนิดเช่น มะม่วง, มังคุด, สตรอเบอรี่ เป็นต้น (Kongkaew *et al.* 2005).

จากผลการทดลองในการใช้สารเคลือบไคโตซานร่วมกับว่านหางจระเข้ที่ระดับความ เข้มข้นต่างๆ พบว่า ชุดการทดลองที่มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของมะม่วงน้อยที่สุดคือ การ เคลือบด้วยไคโตซานเพียงชนิดเดียว. ดังนั้นว่านหางจระเข้จึงไม่มีประสิทธิภาพในการช่วยลดการ สูญเสียน้ำหนัก. เมื่อศึกษาคุณสมบัติของว่านหางจระเข้ต่อการยับยั้งการเกิดโรคพบว่า ทำให้การ เกิดโรคของมะม่วงนั้นลดลงไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ, เช่นเดียวกับไม่มีผลต่อการยืด อายุการสุกของมะม่วง สอดคล้องกับรายงานของ จารุชาติและคณะ (2552).

กรดซาลิไซลิก (salicylic acid; SA) เป็นสารประกอบ phenolic ที่มีผลต่อกระบวนการ เจริญเติบโตของพืช เช่น การเปิด-ปิดของปากใบ, การงอกของเมล็ด, การดูดซึบของประจุ, การ แสดงออกของเพศและการต้านทานต่อการเข้าทำลายโรค. นอกจากนี้ ยังมีความสัมพันธ์กับ กระบวนการสังเคราะห์และการทำงานของเอทิลีน (biosynthesis and action of ethylene) (Romani *et al.* 1989).

ผลจากการใช้กรดซาลิไซลิกร่วมกับสารเคลือบไคโตซานพบว่า มีผลต่อการชะลอการสุก ของมะม่วงให้ช้าลงเมื่อเทียบกับชุดควบคุม โดยแตกต่างเพียงเล็กน้อยอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ. สาเหตุที่ทำให้ชุดที่มีการใช้กรดซาลิไซลิกมีการสุกช้าลง เนื่องจากกรดชนิดนี้มีผลต่อการทำงานของ เอนไซม์ ACC oxidase ที่ทำหน้าที่ในการเปลี่ยนสาร 1-aminocyclopropane-1-carboxylate (ACC) ไปเป็นเอทิลีนเช่น ศึกษาในกัญชง (Srivastava and Dwivedi 2000) และกีวี (Yu *et al.* 2003) กรดซาลิไซลิก สามารถลดอัตราการหายใจและการผลิตเอทิลีนของผลไม้ได้ จึงทำให้การสุกช้าลง.



H₂O



chitosan



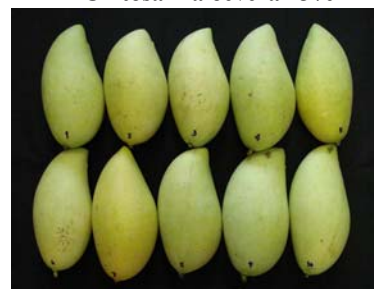
aloevera



Chitosan+aloevera 25%



Chitosan+aloevera 50%



Chitosan+aloevera 75%



Chitosan+aloevera 100%



chitosan+salicylic acid 0.01%



chitosan+salicylic acid 0.05%



chitosan+salicylic acid 0.1%

รูปที่ 8. มะม่วงที่ผ่านการเคลือบผิวและเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 °ซ. เป็นเวลา 4 วัน.



H₂O



chitosan



aloevera



chitosan+aloevera 25%



chitosan+aloevera 50%



chitosan+aloevera 75%



chitosan+aloevera 100%



chitosan+salsylic acid 0.01%

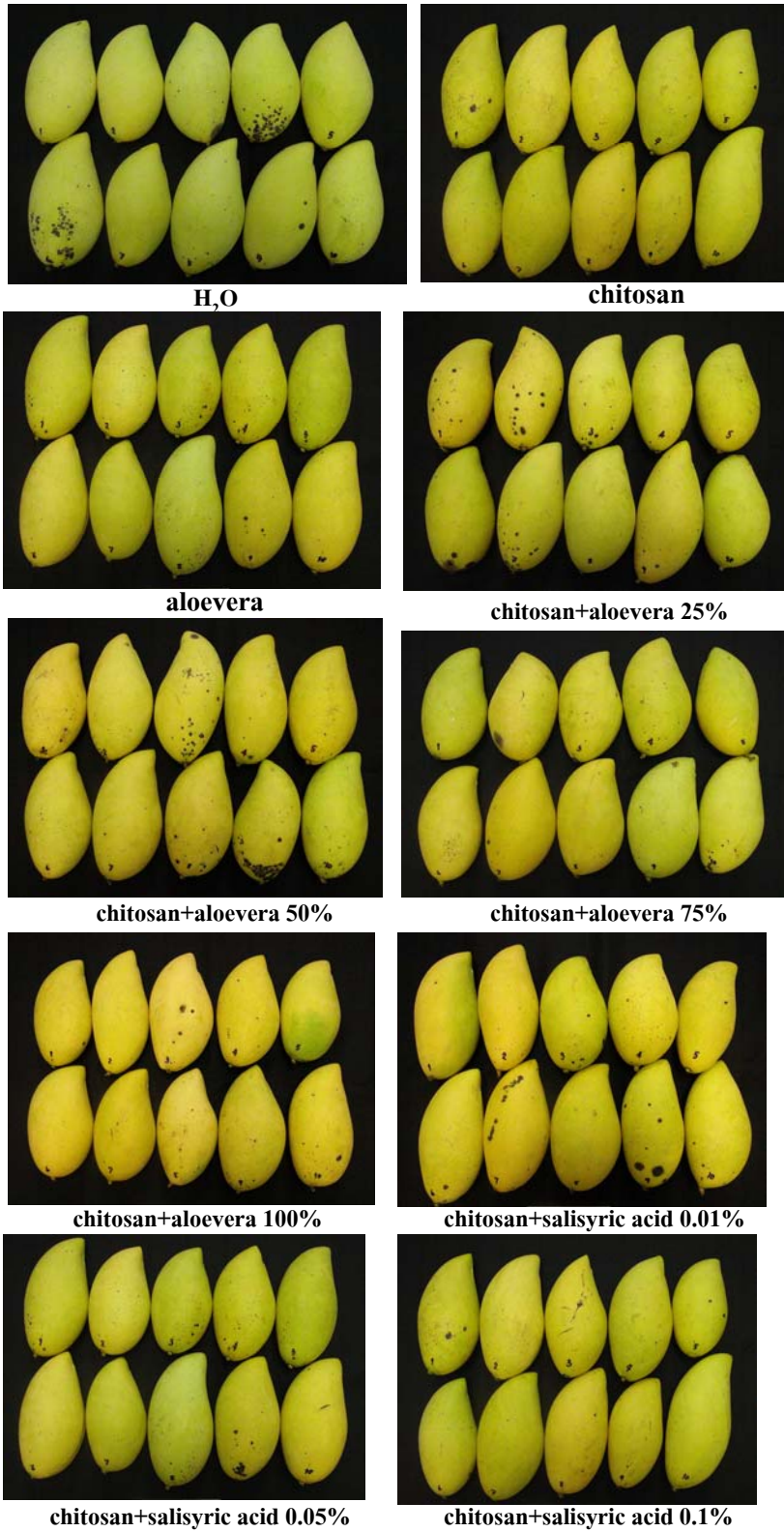


chitosan+salsylic acid 0.05%

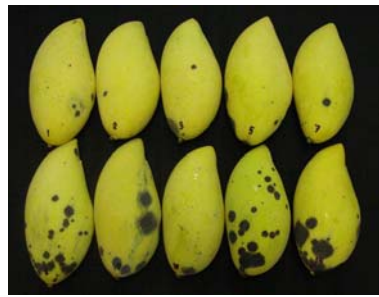


chitosan+salsylic acid 0.1%

รูปที่ 9. มะม่วงที่ผ่านการเคลือบผิวและเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 °ซ. เป็นเวลา 6 วัน.



รูปที่ 10. มะม่วงที่ผ่านการเคลือบผิวและเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 °ซ. เป็นเวลา 8 วัน.



H₂O



chitosan



aloe vera



chitosan+aloe vera 25%



chitosan+aloe vera 50%



chitosan+aloe vera 75%



chitosan+aloe vera 100%



chitosan+salicylic acid 0.01%



chitosan+salicylic acid 0.05%



chitosan+salicylic acid 0.1%

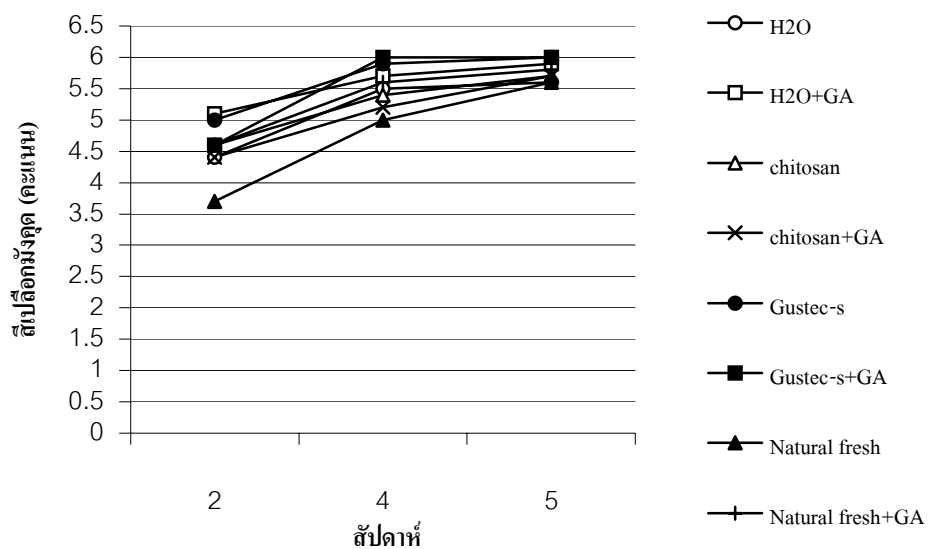
รูปที่ 11. มะม่วงที่ผ่านการเคลือบผิวและเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 °ซ. เป็นเวลา 11 วัน.

3.2. การพัฒนาสารเคลือบผิวเพื่อยืดอายุการเก็บรักษามังคุด

มังคุดที่ผ่านการเคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวทั้งหมด 8 สูตร บรรจุลงกล่องแล้วนำไปเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 13 °ซ. ทำการบันทึกผลการทดลองในสัปดาห์ที่ 2, สัปดาห์ที่ 4 และ สัปดาห์ที่ 5 โดยมีผลการทดลองดังนี้.

3.2.1. การเปลี่ยนแปลงของสีเปลือกมังคุด

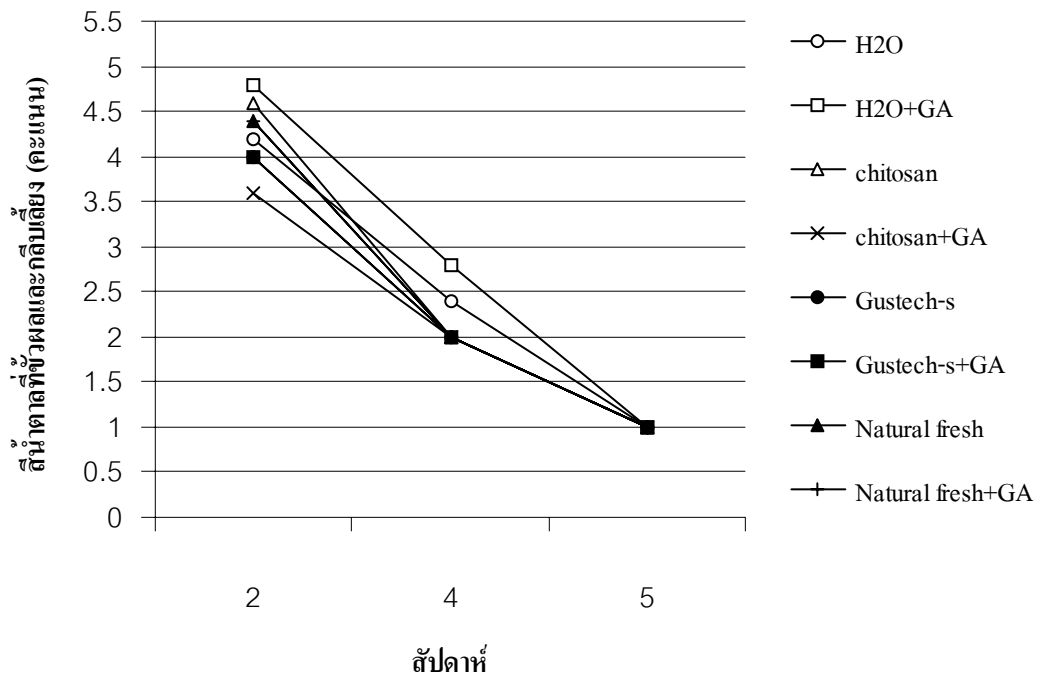
การเปลี่ยนแปลงของสีเปลือกมังคุดจากการให้คะแนนตาม color chart (รูปที่ 1.) หลังจากเก็บรักษาเป็นเวลา 2 สัปดาห์ พบว่า มังคุดที่เคลือบด้วย Natural fresh และที่เคลือบด้วย ไคโตซาน+GA มีการเปลี่ยนแปลงของสีเปลือกช้าที่สุดคืออยู่ที่ระดับ 3.7 และ 4.4 ตามลำดับ. ในสัปดาห์ที่ 4 มังคุดที่เคลือบด้วย Natural fresh และไคโตซาน+GA ยังมีการเปลี่ยนแปลงของสีเปลือกช้าที่สุดคืออยู่ที่ระดับ 5.0 และ 5.2 ตามลำดับ. แต่ในสัปดาห์ที่ 5 การเปลี่ยนแปลงของสีเปลือกในแต่ละทริตเมนต์ไม่มีความแตกต่างกัน คือสีเปลือกเปลี่ยนไปเป็นที่ระดับ 6 ทั้งหมด.



รูปที่12. การเปลี่ยนแปลงของสีเปลือกมังคุดที่ผ่านการเคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว 8 สูตร ตาม Mangosteen color chart ระดับสีที่ 1 ถึง 6 เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 5 สัปดาห์.

3.2.2. การเกิดสีน้ำตาลที่ขั้วผลและกลีบเลี้ยง

การเกิดสีน้ำตาลที่ขั้วผลและกลีบเลี้ยงมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาที่เก็บรักษานานขึ้น. ในสัปดาห์ที่ 2 มังคุดที่เคลือบด้วยน้ำกลั่น+GA และที่เคลือบด้วยไคโตซานมีการเกิดสีน้ำตาลน้อยกว่าทรีตเมนต์อื่น คือมีระดับคะแนนอยู่ที่ 4.8 และ 4.6 ตามลำดับ (5 = Absense of these symtoms, 4 = Slight occurrence). ในสัปดาห์ที่ 4 มังคุดที่เคลือบด้วยน้ำกลั่น+GA ยังมีระดับคะแนนที่สูงที่สุดคือ 2.8 คะแนน ส่วนทรีตเมนต์อื่นๆมีคะแนนอยู่ที่ 2 คะแนน (3 = Moderate, 2 = Severe). ในสัปดาห์ที่ 5 ทุกทรีตเมนต์มีระดับที่ 1 หมายถึง Extremely severe browning and dehydration (รูปที่ 13).

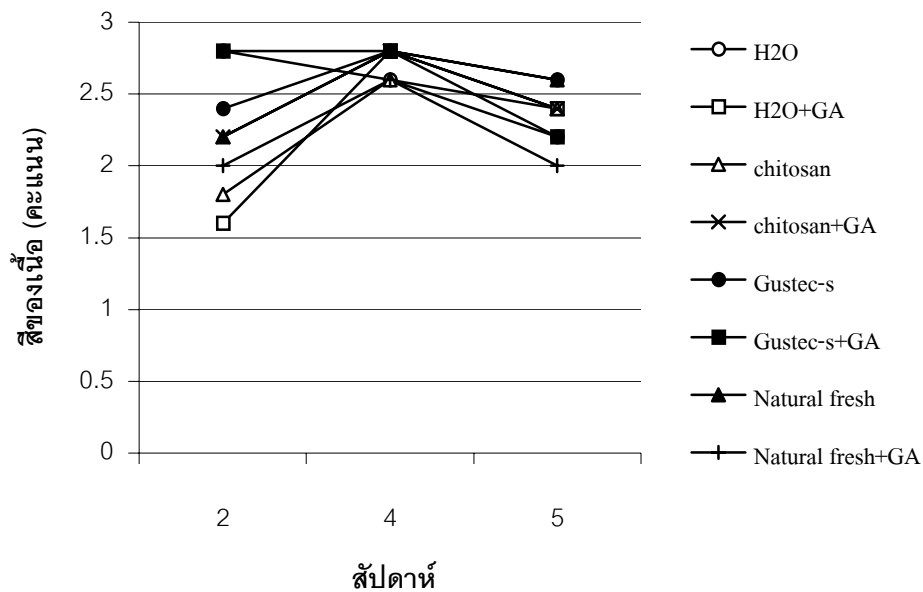


รูปที่ 13. ระดับคะแนนการเกิดสีน้ำตาลที่ขั้วผลและกลีบเลี้ยงของมังคุดที่ผ่านการเคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว 8 สูตร และเก็บรักษาไว้เป็นเวลา 5 สัปดาห์

(5 = Absense of these symtoms, 4 = Slight occurrence, 3 = Moderate, 2 = Severe, 1 = Extremely severe browning and dehydration).

3.2.3. ลักษณะสีของเนื้อ (Fresh Quality)

คะแนนของสีเนื้อมังคุดที่เก็บในสัปดาห์ที่ 4 มีระดับคะแนนที่ยังดีอยู่และมีคะแนนใกล้เคียงกันในทุกทริตเมนต์ คือมีคะแนนอยู่ที่ 2.6 ถึง 2.8 (3 = White, 2 = White+Yellow). แต่ในสัปดาห์ที่ 5 คะแนนเริ่มแตกต่างกันโดยมังคุดที่เคลือบด้วย Gustec-s และที่เคลือบด้วย Natural fresh มีคะแนนที่สูงที่สุดคือ 2.6 คะแนน, แต่มังคุดที่เคลือบด้วย Natural fresh+GA มีคะแนนต่ำที่สุดคือ 2 คะแนน. ส่วนทริตเมนต์อื่น ๆ มีคะแนนอยู่ที่ 2.2 ถึง 2.4 คะแนน (รูปที่ 14).

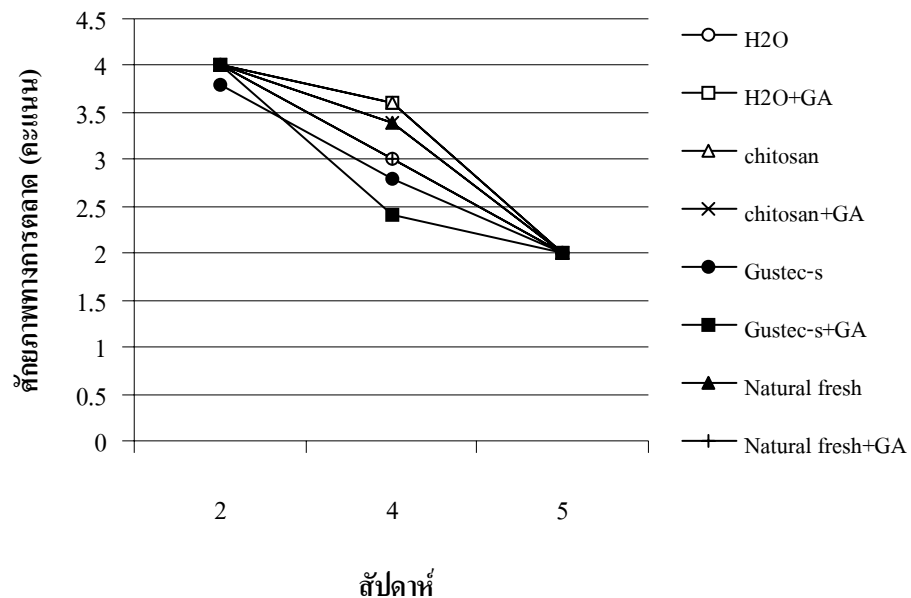


รูปที่ 14. ระดับคะแนนของสีเนื้อมังคุดที่ผ่านการเก็บรักษาเป็นเวลา 5 สัปดาห์ (3 = White, 2 = White + Yellow, 1 = Yellow).

3.2.4. ศักยภาพทางการตลาด (Overall Marketability)

ในสัปดาห์ที่ 2 ของการเก็บรักษามังคุดที่ผ่านการเคลือบผิวพบว่า ระดับคะแนนทางการตลาดของมังคุดในแต่ละทริตเมนต์ยังมีค่าสูงอยู่คือ 3.8 ถึง 4 คะแนน (4 = Good, 3 = Moderate). ในสัปดาห์ที่ 4 ของการเก็บรักษาพบว่า มังคุดที่เคลือบด้วยน้ำกลั่น+GA และไคโตซานมีระดับคะแนนสูงที่สุดคือ 3.6 คะแนน, รองลงมาคือมังคุดที่เคลือบด้วยไคโตซาน+GA และที่เคลือบด้วย Natural fresh มีระดับคะแนน 3.4. ส่วนทริตเมนต์ที่ได้ระดับคะแนนต่ำที่สุดคือ มังคุดที่เคลือบด้วย

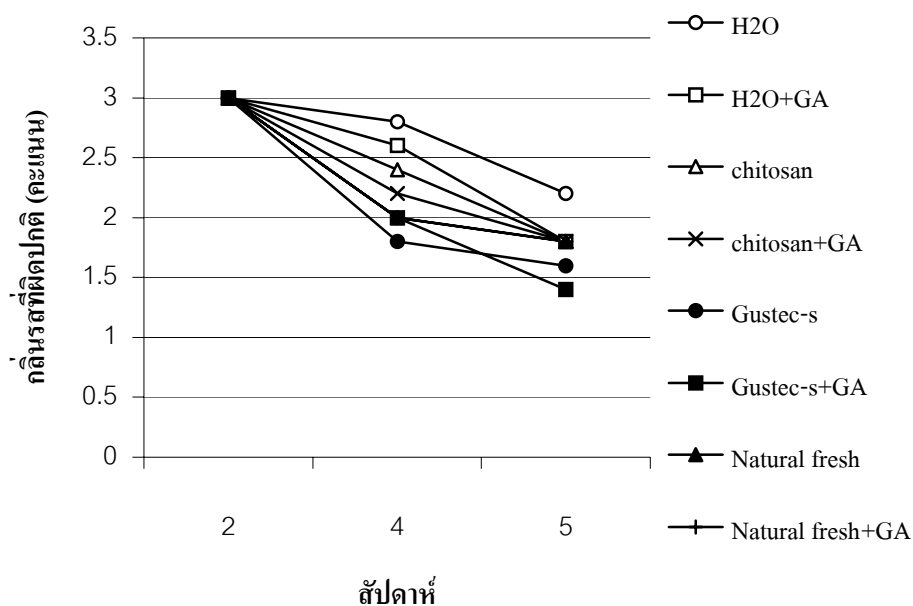
Gustec-s ได้ 2.8 คะแนน (2 = Poor) และในสัปดาห์ที่ 5 มังคุดทุกทรีตเมนต์มีคะแนนเท่ากันหมดคือ 2 คะแนน (รูปที่ 15).



รูปที่ 15. ระดับคะแนนดัชนีภาพทางการตลาดของมังคุดที่ผ่านการเคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว 8 สูตร และเก็บรักษาไว้เป็นเวลา 5 สัปดาห์ (5 = Field Fresh, 4 = Good, 3 = Moderate, 2 = Poor, 1 = Very Poor).

3.2.5. ลักษณะกลิ่นรสที่ผิดปกติ (Off Flavor)

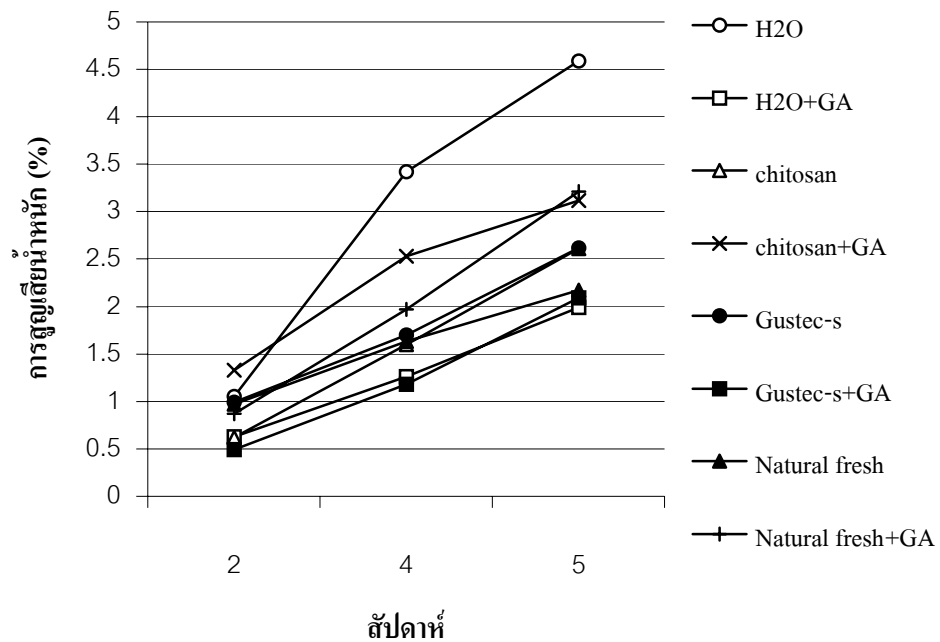
จากค่าคะแนนกลิ่นรสที่ผิดปกติของมังคุดที่เก็บรักษาในสัปดาห์ที่ 2 มีคะแนนเท่ากันหมดในทุกทรีตเมนต์คือ 3 (Normal) แต่ในสัปดาห์ที่ 4 คะแนนเริ่มแตกต่างกันคือ มังคุดที่เคลือบด้วยน้ำกลั่น (control) และน้ำกลั่น+GA มีคะแนนสูงที่สุดคือ 2.8 และ 2.6 ตามลำดับ, รองลงมาคือมังคุดที่เคลือบด้วยไคโตซานได้ 2.4 คะแนน และทรีตเมนต์ที่ได้คะแนนต่ำที่สุดคือมังคุดที่เคลือบด้วย Gustec-s ได้ 1.8 คะแนน. ในสัปดาห์ที่ 5 คะแนนของแต่ละทรีตเมนต์ไม่แตกต่างกันมากนักและอยู่ในระดับที่ต่ำคือประมาณ 1.6 ถึง 1.8 คะแนน (2 = Moderate, 1 = Poor) (รูปที่ 16).



รูปที่ 16. ระดับคะแนนกลิ่นรสที่ผิดปกติ (3 = Normal, 2 = Moderate, 3 = Poor) ของมังคุด ที่ผ่านการเคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว 8 สูตร และเก็บรักษาไว้วันน 2, 4 และ 5 สัปดาห์.

3.2.6. การสูญเสียน้ำหนัก (Weight loss)

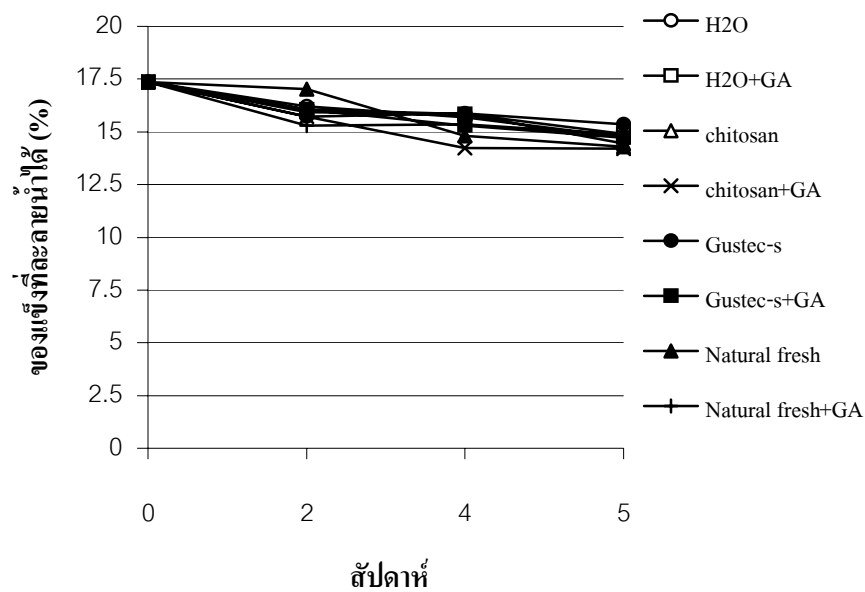
การสูญเสียน้ำหนักของมังคุดในสัปดาห์ที่ 2 ยังไม่แตกต่างกันมากนักในแต่ละทริตเมนต์ คือ อยู่ที่ประมาณ 0.5 ถึง 1.0%. แต่ในสัปดาห์ที่ 4 พบว่า กลุ่มควบคุม (H_2O) มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสูงกว่าทริตเมนต์อื่นอย่างมีนัยสำคัญ, โดยกลุ่มควบคุมสูญเสียน้ำหนัก 3.42% และทริตเมนต์ที่สูญเสียน้ำหนักต่ำที่สุดคือ น้ำกลั่น+GA สูญเสียน้ำหนัก 1.26%. ในสัปดาห์ที่ 5 มังคุดที่เคลือบด้วยน้ำกลั่น+GA ยังสูญเสียน้ำหนักต่ำที่สุดคือ 1.99%, รองลงมาคือ Gustec-s+GA สูญเสียน้ำหนัก 2.09%, ส่วนกลุ่มควบคุมสูญเสียน้ำหนักสูงสุดคือ 4.59%.



รูปที่ 17. เปอร์เซนต์การสูญเสียน้ำหนักของมังคุดที่ผ่านการเคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว 8 สูตร และเก็บรักษาเป็นเวลา 2, 4 และ 5 สัปดาห์.

3.2.7. ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (Soluble solid content)

จากค่าเปอร์เซ็นต์ของของแข็งที่ละลายน้ำได้ในแต่ละทรีตเมนต์พบว่า มีแนวโน้มลดลงจากเริ่มต้นจนถึงสัปดาห์ที่ 5. ในสัปดาห์ที่ 2 พบว่า ค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของมังคุดที่เคลือบด้วย Natural fresh มีค่าสูงกว่าทรีตเมนต์อื่นอย่างมีนัยสำคัญ. แต่ในสัปดาห์ที่ 4 และ 5, ค่าเปอร์เซ็นต์ของแข็งที่ละลายน้ำได้ในแต่ละทรีตเมนต์ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติและไม่แตกต่างจากกลุ่มควบคุม (รูปที่ 18.).

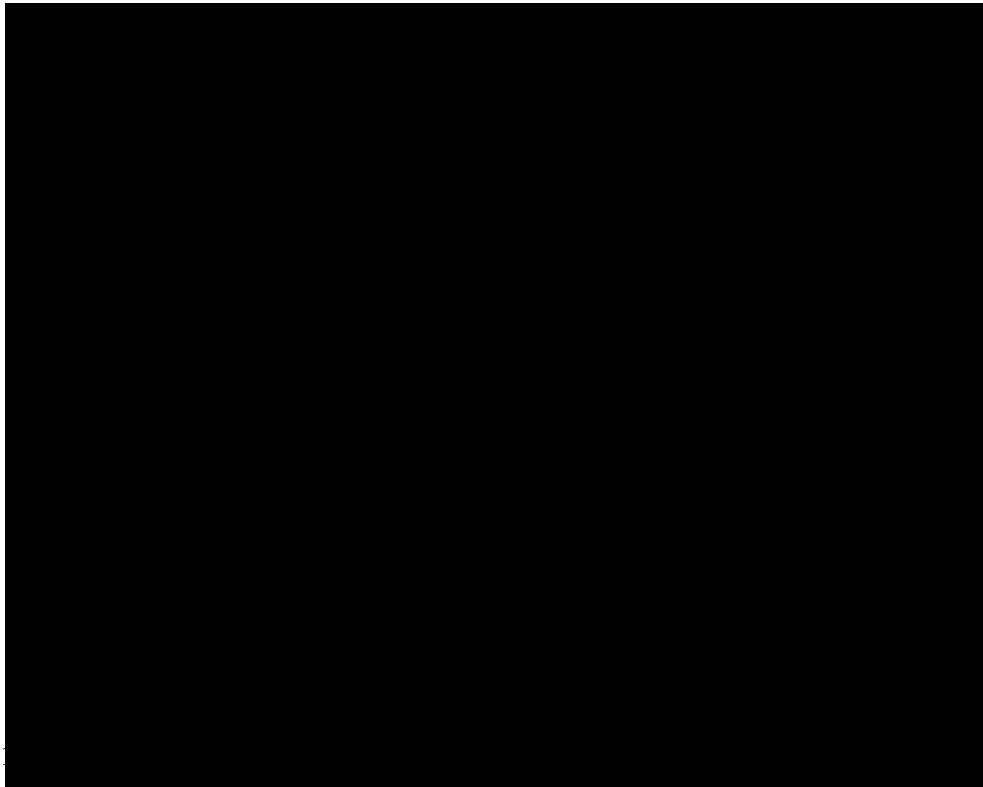


รูปที่ 18. เปอร์เซ็นต์แสดงปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของมังคุดที่ผ่านการเคลือบผิวด้วยสาร เคลือบผิว 8 สูตร และเก็บรักษาเป็นเวลานาน 2, 4 และ 5 สัปดาห์.

3.2.8. ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (Titratable acidity)

ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ของมังคุดที่เก็บรักษาเป็นเวลา 2 และ 4 สัปดาห์ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในทุกทริตเมนต์และไม่แตกต่างจากกลุ่มควบคุม แต่ในสัปดาห์ที่ 5 เริ่มมีความแตกต่างกัน โดยทริตเมนต์ที่มีปริมาณกรดสูงที่สุดคือ มังคุดที่เคลือบด้วย Gustec-s มีปริมาณกรด 0.55% ใกล้เคียงกับกลุ่มควบคุมคือ มีปริมาณกรด 0.52% และทริตเมนต์ที่มีปริมาณกรดต่ำที่สุดคือ มังคุดที่เคลือบด้วยไคโตซาน+GA มีปริมาณกรด 0.47% (รูปที่ 19).

รูปที่

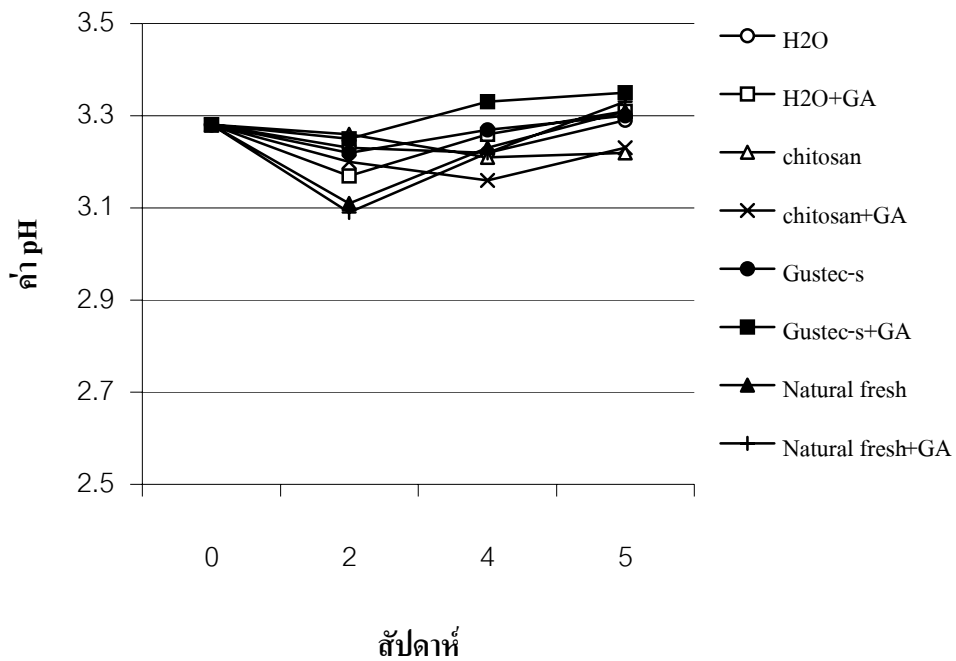


ะเก็บ

รักษาเป็นเวลา 2, 4 และ 5 สัปดาห์.

3.2.9. ค่า pH

ค่า pH ของมัจจุคมีแนวโน้มน้ำเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยจากเริ่มต้นจนถึงการเก็บรักษาเป็นเวลา 5 สัปดาห์. ค่า pH ก่อนข้างคงที่อยู่ประมาณ 3.2 ถึง 3.3 และค่าในแต่ละทริตเมนต์ไม่แตกต่างกันมากนัก. โดยในสัปดาห์ที่ 2 และ 4 แทบไม่แตกต่างกันเลย และในสัปดาห์ที่ 5 ค่าเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยคืออยู่ที่ประมาณ 3.33 และค่าในแต่ละทริตเมนต์ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (รูปที่ 20.).



รูปที่ 20. ค่า pH ของมังคุดที่ผ่านการเคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว 8 สูตร และเก็บรักษาเป็นเวลา 2, 4 และ 5 สัปดาห์.

การส่งมังคุดไปขายยังต่างประเทศยังมีปัญหาเนื่องจากมังคุดเปลี่ยนสภาพและสีเร็วเมื่อเก็บที่อุณหภูมิห้อง ซึ่งโดยปกติมังคุดมีอายุการวางขายเพียง 6 วันหลังการเก็บเกี่ยว (กัลยาณรัตน์และคณะ 2545). แต่ในการทดลองครั้งนี้ มังคุดผ่านการเคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดต่างๆ และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 °ซ. สามารถเก็บรักษาได้นาน 28 วันหรือ 4 สัปดาห์. ทั้งนี้ สารเคลือบผิวจะมาทดแทนชั้นของไขจากธรรมชาติที่อาจหลุดหายไปขณะเก็บเกี่ยวหรือล้างทำความสะอาด และช่วยปิดช่องต่างๆ ของเปลือกผลทำให้การคายน้ำลดลง. ดังนั้น การสูญเสียน้ำหนักและการเหี่ยวของผลก็ลดลงตามไปด้วย (รัตนไตรภพ 2546).

ตัวบ่งชี้คุณภาพของมังคุดอย่างหนึ่งก็คือกลิ่น. ถ้ากลิ่นเป็นสีเขียวทำให้ผลดูสดและเป็นที่ต้องการของตลาด, แต่ถ้ากลิ่นมีสีน้ำตาลแสดงว่า มังคุดไม่สด ทำให้ราคาตกลงและไม่สามารถส่งออกได้ (บุญเพิ่มราศี 2548). การเปลี่ยนสีของกลิ่นของมังคุดเกิดจากการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ เมื่อคลอโรฟิลล์ลดลงทำให้สีเขียวลดลงและเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลหรือแดงเนื่องจากการเพิ่มขึ้นของแอนโทไซยานิน (กัลยาณรัตน์ 2545).

จากการทดลองพบว่า สารเคลือบผิวที่เหมาะสมที่สุดในการยืดอายุการเก็บรักษามังคุดคือน้ำกลั่นที่มี gibberellic acid (GA) 250 ppm ทำให้มีการเปลี่ยนสีของกลีบเลี้ยงและขั้วผลจากสีเขียวเป็นสีน้ำตาลช้ากว่าในทรีตเมนต์อื่น เนื่องจาก GA ช่วยชะลอการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ (รัตนไตรภพ 2546). นอกจากนี้ มังคุดที่เคลือบด้วย GA ยังมีการสูญเสียน้ำหนักต่ำที่สุดเมื่อเทียบกับทรีตเมนต์อื่นๆ โดยมีการสูญเสียน้ำหนักเพียง 1.26% เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 4 สัปดาห์ ในขณะที่กลุ่มควบคุมมีการสูญเสียน้ำหนักถึง 3.42%. มังคุดที่เคลือบด้วย GA ยังมีค่าศักยภาพทางการตลาดสูงกว่าในทรีตเมนต์อื่นๆ และมีค่าคะแนนกลิ่นรสที่ผิดปกติต่ำกว่าทรีตเมนต์อื่นๆ อีกด้วย. นอกจากนี้ ยังมีค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้, ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้และค่า pH แตกต่างจากค่าเริ่มต้นเพียงเล็กน้อย แสดงว่า ผลมังคุดมีอัตราการหายใจต่ำ.

ส่วนสารเคลือบผิวที่ให้ผลดีในการเก็บรักษามังคุดรองลงมาจาก GA 250 ppm คือ โคลโตซาน 1% โดยมีค่าศักยภาพทางการตลาดรองลงมา และมีค่ากลิ่นรสที่ผิดปกติต่ำรองลงมาจาก GA 250 ppm.

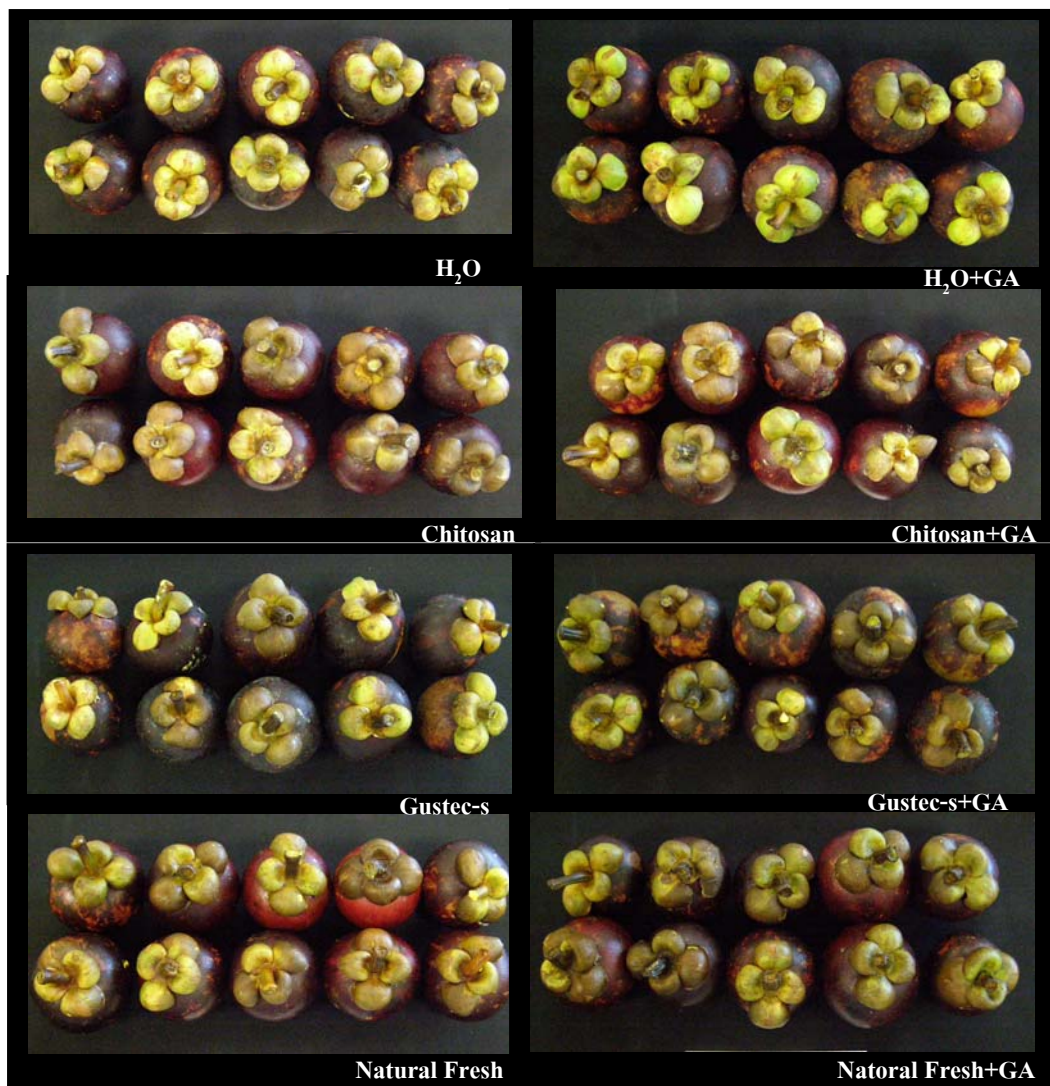
สารเคลือบผิวที่ทำให้สีของเปลือกเปลี่ยนแปลงช้าที่สุดคือ Natural fresh, รองลงมาคือ โคลโตซานที่เติม GA 250 ppm. ส่วนค่าลักษณะของสีเนื้อไม่แตกต่างกันมากนักในทุกทรีตเมนต์เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 4 สัปดาห์.

การเปลี่ยนแปลงสีของเปลือกมังคุดเกิดจากการผลิตเอทิลีนที่เพิ่มสูงขึ้น เข้าสู่กระบวนการสุกและมีการสร้างเอนไซม์แอนโทไซยานิน และมีการสลายตัวของคลอโรฟิลล์เนื่องจากมีการสร้างคลอโรฟิลเลส (รัตนไตรภพ 2546).

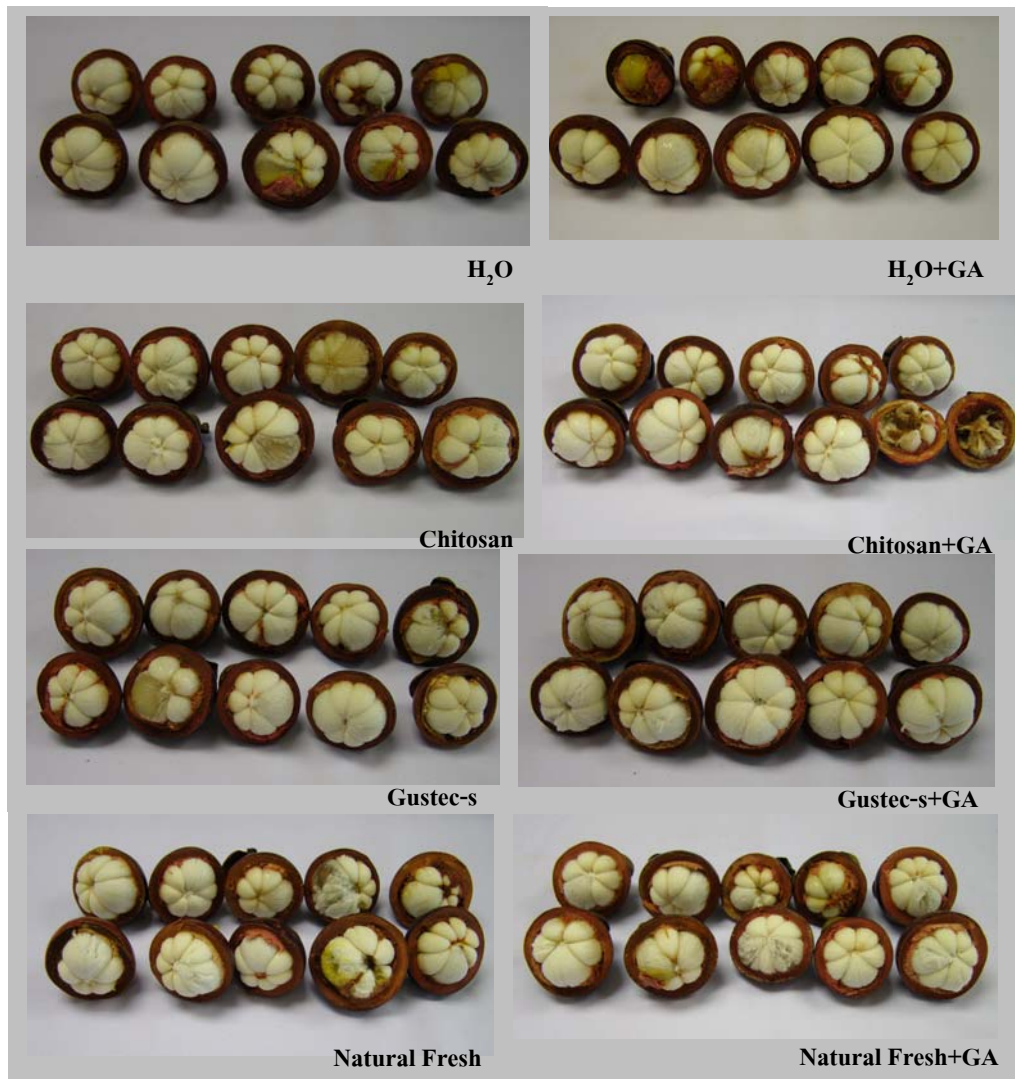
การใช้อุณหภูมิร่วมกับการเก็บรักษา ถ้าเก็บในอุณหภูมิที่ต่ำเกินไปจะทำให้ผลผลิตได้รับความเสียหายจากความเย็นเรียกว่าการสะท้อนหนาว (chilling injury), ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับว่า ผลไม้ที่เก็บเป็นผลไม้ในเขตร้อนหรือเขตหนาว. ถ้าเป็นผลไม้ในเขตร้อนจะเกิดการสะท้อนหนาวได้ง่ายกว่า. อาการสะท้อนหนาวของมังคุดเนื่องจากการเก็บในอุณหภูมิที่ต่ำเกินไปคือ เปลือกด้านในจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลทั่วทั้งผลและแข็ง, กลีบเลี้ยงเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลซีดและผลไม่สุก. อาการสะท้อนหนาวเกิดจากสลายโซ่ด้านกรดไขมัน phospholipid เปลี่ยนสภาพจากลักษณะอ่อนตัว (liquid crystalline) เป็นลักษณะแข็ง (solid line). อาการสะท้อนหนาวของมังคุดจะเกิดขึ้นเมื่อเก็บที่อุณหภูมิต่ำกว่า 9 °ซ. ดังนั้นจึงควรเก็บในที่อุณหภูมิไม่ต่ำกว่า 13 °ซ. (กัลยาณรัตน์ 2545).



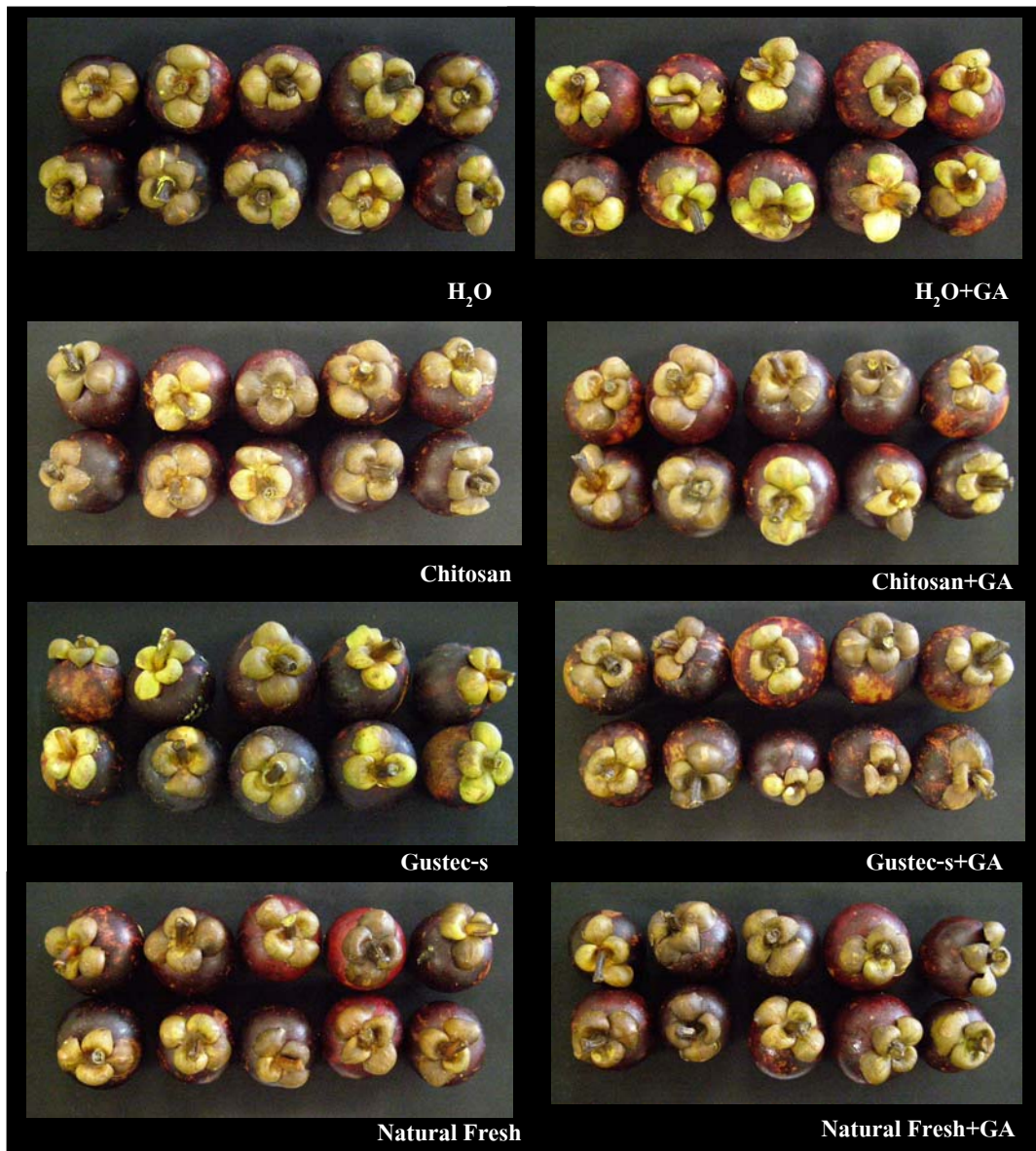
รูปที่ 21. มังคุดที่ผ่านการเคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว 8 สูตร และเก็บรักษาเป็นเวลา 2 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิ 13 °ซ.



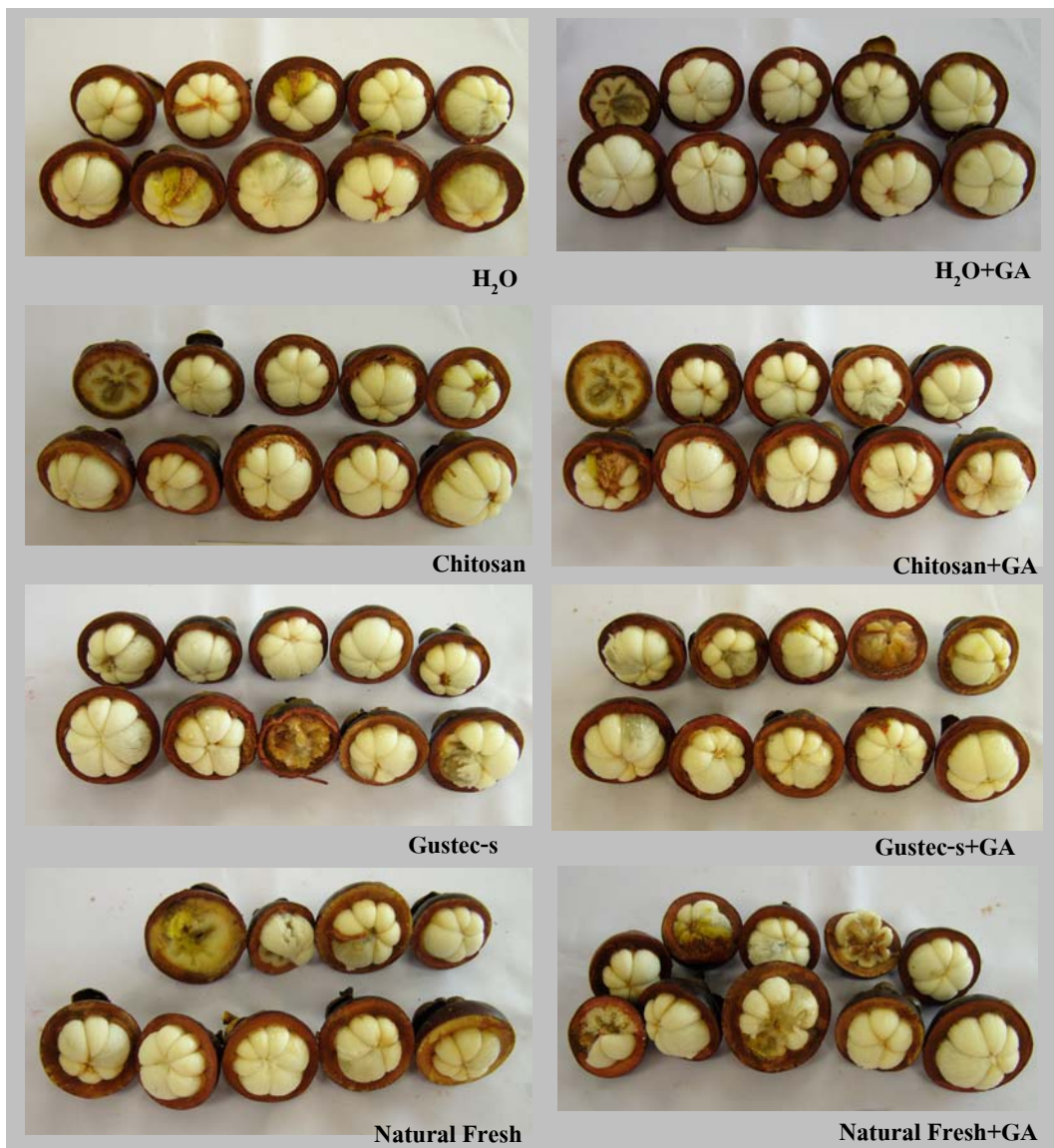
รูปที่ 22. มังคุดที่ผ่านการเคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว 8 สูตร และเก็บรักษาเป็นเวลา 4 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิ 13 °ซ.



รูปที่ 23. เนื้อมังคุดที่ผ่านการเคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว 8 สูตร และเก็บรักษาเป็นเวลา 4 สัปดาห์ที่อุณหภูมิ 13 °ซ.



รูปที่ 24. มังคุดที่ผ่านการเคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว 8 สูตร และเก็บรักษาเป็นเวลา 5 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิ 13 °ซ.



รูปที่ 25. เนื้อมังคุดที่ผ่านการเคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว 8 สูตร และเก็บรักษาเป็นเวลา 5 สัปดาห์ที่อุณหภูมิ 13 °ซ.

3.3 การพัฒนาสารเคลือบผิวเพื่อยืดอายุการเก็บรักษามะนาว

3.3.1. มะนาวที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 °ซ.

มะนาวที่ผ่านการเคลือบผิวทั้งหมด 12 สูตร แล้วนำมาบรรจุกล่องเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 12 °ซ. บันทึกผลการทดลองที่สัปดาห์ที่ 2, สัปดาห์ที่ 4 และสัปดาห์ที่ 5 โดยการบันทึกผลการ

สูญเสียน้ำหนัก, การเปลี่ยนแปลงสีของผล, ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้, ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ และค่า pH ของน้ำมะนาว มีผลการทดลองดังนี้.

1. การสูญเสียน้ำหนัก (Weight loss)

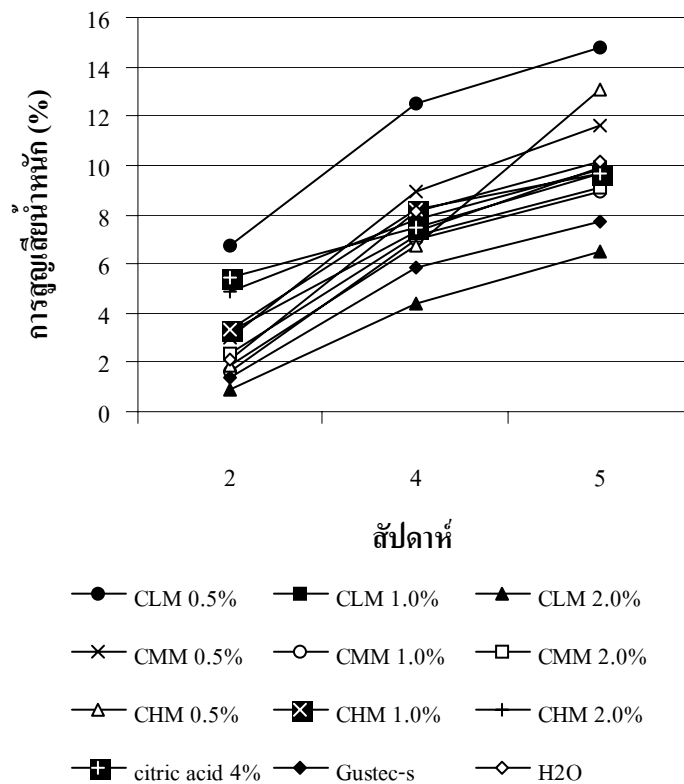
การสูญเสียน้ำหนักของมะนาวที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 °ซ. มีน้ำหนักลดลงเรื่อยๆ ตามเวลาที่เก็บรักษา โดยพบว่า มะนาวที่เคลือบด้วยไคโตซานน้ำหนักโมเลกุลต่ำ 2.0% มีการสูญเสียน้ำหนักต่ำที่สุดเมื่อเทียบกับทรีตเมนต์อื่น. โดยในสัปดาห์ที่ 2, 4 และ 5 มีน้ำหนักลดลงเพียง 0.89, 4.35 และ 6.51% ตามลำดับ และสารเคลือบผิวที่ทำให้มะนาวสูญเสียน้ำหนักต่ำรองลงมาคือ Gustec-s, โดยในสัปดาห์ที่ 2, 4 และ 5 มีการสูญเสียน้ำหนักเท่ากับ 1.62, 6.98 และ 8.90% ตามลำดับ. ส่วนสารเคลือบผิวที่ทำให้มะนาวมีการสูญเสียน้ำหนักมากที่สุดคือ ไคโตซานน้ำหนักโมเลกุลต่ำ 0.5% โดยมีการสูญเสียน้ำหนัก 6.76, 12.15 และ 14.81% ในสัปดาห์ที่ 2, 4 และ 5 ตามลำดับ (ตารางที่ 1).

ตารางที่ 1. เปอร์เซนต์การสูญเสียน้ำหนักของมะนาวที่ผ่านการเคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว 12 สูตร แล้วเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 12 °ซ. เป็นเวลา 2, 4 และ 5 สัปดาห์.

| สารเคลือบผิว สูตร | การสูญเสียน้ำหนัก (%) | | |
|----------------------|-----------------------|-----------|-----------|
| | 2 สัปดาห์ | 4 สัปดาห์ | 5 สัปดาห์ |
| 1 | 6.76f | 12.15d | 14.81e |
| 2 | 3.24cd | 7.28bc | 9.87bc |
| 3 | 0.89a | 4.35a | 6.51a |
| 4 | 3.04cd | 8.97c | 11.5cd |
| 5 | 1.62ab | 6.98bc | 8.90ab |
| 6 | 2.38bcd | 7.14bc | 9.10bc |
| 7 | 1.90abc | 6.77bc | 13.09de |
| 8 | 3.31d | 8.23c | 9.63bc |
| 9 | 4.86e | 7.78bc | 9.82bc |
| 10 | 5.42e | 7.47bc | 9.65bc |
| 11 | 1.37ab | 5.83ab | 7.74ab |
| 12 | 2.12a-d | 8.13c | 10.19bc |

*ตัวเลขค่าเฉลี่ย (n=5) ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันในคอลัมน์เดียวกัน ไม่แตกต่างกันทางสถิติตามวิธีวิเคราะห์แบบ Duncan's multiple range test ($P \leq 0.05$).

- | | |
|-------------------------------------|----------------------------------|
| 1=ไคโตซานน้ำหนักโมเลกุลต่ำ 0.5% | 7= ไคโตซานน้ำหนักโมเลกุลสูง 0.5% |
| 2=ไคโตซานน้ำหนักโมเลกุลต่ำ 1.0% | 8= ไคโตซานน้ำหนักโมเลกุลสูง 1.0% |
| 3=ไคโตซานน้ำหนักโมเลกุลต่ำ 2.0% | 9= ไคโตซานน้ำหนักโมเลกุลสูง 2.0% |
| 4=ไคโตซานน้ำหนักโมเลกุลปานกลาง 0.5% | 10= กรดซิตริก 4% |
| 5=ไคโตซานน้ำหนักโมเลกุลปานกลาง 1.0% | 11= Gustec-s |
| 6=ไคโตซานน้ำหนักโมเลกุลปานกลาง 2.0% | 12=น้ำกลั่น |



รูปที่ 26. เปอร์เซนต์การสูญเสียน้ำหนักของมะนาวที่ผ่านการเคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว 12 สูตร แล้วเก็บรักษาแล้วเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 12 °ซ. เป็นเวลา 2, 4 และ 5 สัปดาห์ (CLM= Chitosan, low molecular weight, CMM= Chitosan, medium molecular weight, CHM= Chitosan, high molecular weight).

2. การเปลี่ยนแปลงสีของผล

ค่า L* ของเปลือกมะนาว

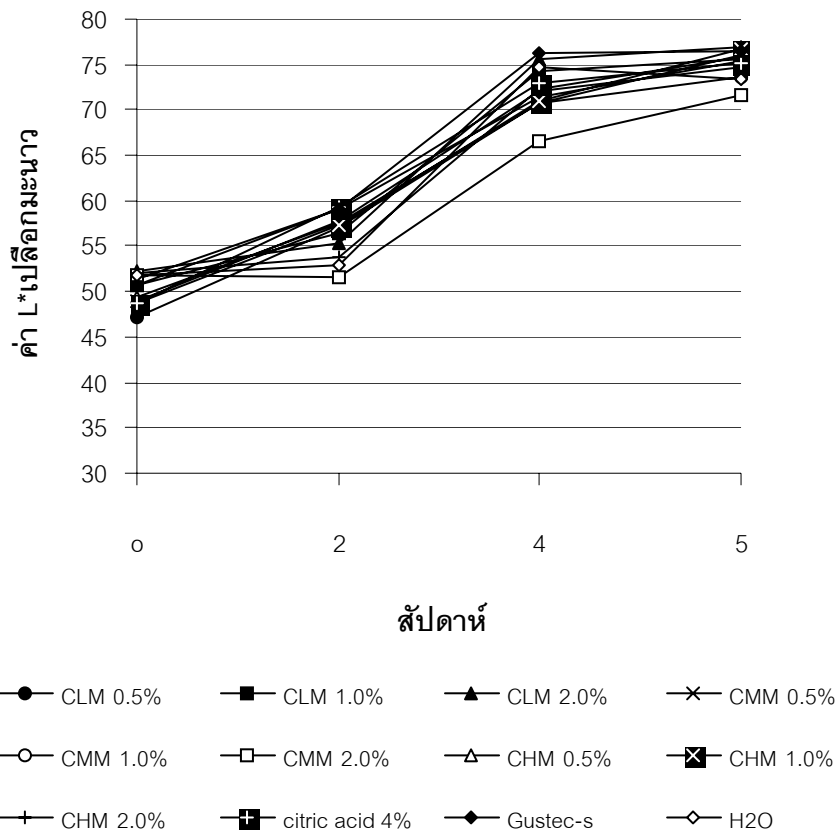
ค่า L* เป็นค่าที่แสดงถึงความสว่างของสี, ถ้าค่า L* สูงแสดงว่า มีความสว่างมาก, แต่ถ้าค่า L* ต่ำหมายถึงมีสีเข้มมาก. ค่า L* ของสีเปลือกมะนาวมีแนวโน้มสูงขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา แสดงว่าสีเปลือกมีความสว่างขึ้นคือ มะนาวเริ่มสุก ค่า L* ของมะนาวเริ่มต้นการทดลองอยู่ที่ประมาณ 48 ถึง 50, แต่เมื่อเก็บรักษาไปนาน 5 สัปดาห์ มีค่าสูงขึ้นถึงที่ประมาณ 75. มะนาวที่เคลือบด้วยโคโตซานน้ำหนักโมเลกุลปานกลาง 2.0% มีการเพิ่มขึ้นของค่า L* ต่ำที่สุด. โดยในสัปดาห์ที่ 2, 4 และ 5 มีค่า L* เท่ากับ 51.59, 66.54 และ 71.57 ตามลำดับ. ในทริตเมนต์อื่นๆ มีการเปลี่ยนแปลงของค่า L* ไม่แตกต่างกันมากนัก. โดยระหว่างทริตเมนต์ ค่า L* ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในแต่ละสัปดาห์. ในสัปดาห์ที่ 2 และ 4, ค่า L* ของแต่ละทริตเมนต์ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และในสัปดาห์ที่ 5, ค่า L* ของเปลือกมะนาวที่เคลือบด้วยโคโตซานน้ำหนักโมเลกุลปานกลาง 2.0% ต่ำกว่าทริตเมนต์อื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 2).

ตารางที่ 2. ค่า L* ของเปลือกมะนาวที่ผ่านการเคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว 12 สูตร แล้วเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 12 °ซ. เป็นเวลา 2, 4 และ 5 สัปดาห์.

| สารเคลือบผิว | ค่า L* ของเปลือกมะนาว | | | |
|--------------|-----------------------|-----------|-----------|-----------|
| | เริ่มต้น | 2 สัปดาห์ | 4 สัปดาห์ | 5 สัปดาห์ |
| 1 | 47.19a | 57.07a | 70.77ab | 73.64ab |
| 2 | 50.68a | 56.44a | 74.26b | 75.60b |
| 3 | 52.14a | 55.30a | 75.63b | 76.91b |
| 4 | 48.96a | 57.69a | 72.13ab | 74.70ab |
| 5 | 51.36a | 59.12a | 71.31ab | 75.32b |
| 6 | 51.79a | 51.59a | 66.54a | 71.57a |
| 7 | 49.45a | 57.59a | 70.78ab | 76.01b |
| 8 | 48.78a | 57.42a | 70.91ab | 76.73b |
| 9 | 51.95a | 53.77a | 72.29ab | 75.92b |
| 10 | 48.70a | 59.36a | 72.96b | 75.06b |
| 11 | 50.80a | 59.04a | 76.19b | 76.48b |
| 12 | 51.78a | 52.85a | 74.68b | 73.48ab |

*ตัวเลขค่าเฉลี่ย (n=5) ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันในคอลัมน์เดียวกัน ไม่แตกต่างกันทางสถิติตามวิธีวิเคราะห์แบบ Duncan's multiple range test ($P \leq 0.05$).

- | | |
|-------------------------------------|---------------------------------|
| 1=ไคโตซานน้ำหนักโมเลกุลต่ำ 0.5% | 7=ไคโตซานน้ำหนักโมเลกุลสูง 0.5% |
| 2=ไคโตซานน้ำหนักโมเลกุลต่ำ 1.0% | 8=ไคโตซานน้ำหนักโมเลกุลสูง 1.0% |
| 3=ไคโตซานน้ำหนักโมเลกุลต่ำ 2.0% | 9=ไคโตซานน้ำหนักโมเลกุลสูง 2.0% |
| 4=ไคโตซานน้ำหนักโมเลกุลปานกลาง 0.5% | 10=กรดซิตริก 4% |
| 5=ไคโตซานน้ำหนักโมเลกุลปานกลาง 1.0% | 11=Gustec-s |
| 6=ไคโตซานน้ำหนักโมเลกุลปานกลาง 2.0% | 12=น้ำกลั่น |



รูปที่ 27. ค่า L* ของเปลือกมะนาวที่ผ่านการเคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว 12 สูตร แล้วเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 12 °ซ. เป็นเวลา 2, 4 และ 5 สัปดาห์ (CLM= Chitosan, low molecular weight, CMM= Chitosan, medium molecular weight, CHM= Chitosan, high molecular weight).

ค่า a* ของเปลือกมะนาว

ค่า a* เป็นค่าที่แสดงถึงสีแดงและสีเขียว, เมื่อเป็นค่าบวกแสดงว่า เป็นสีแดง และถ้าเป็นค่าลบแสดงว่าเป็นสีเขียว, ห่างจาก 0 มากแสดงว่า แดงมากขึ้นหรือเขียวมากขึ้น. ค่า a* ของมะนาวจะเป็นค่าลบหมด และเป็นลบลดลงเมื่อเก็บรักษานานขึ้น, แสดงว่า มีความเข้มของสีเขียวลดลง. โดยในการเริ่มต้นการเก็บรักษามีค่า a* ประมาณ -18 ถึง -19 และในสัปดาห์ที่ 5 ของการเก็บรักษามีค่าประมาณ -9 ถึง -10 และในทริตเมนต์ที่มีค่าลบลดลงต่ำที่สุดคือ มะนาวที่เคลือบด้วยไคโตซาน น้ำหนักโมเลกุลปานกลาง 2.0%, โดยมีค่า a* อยู่ที่ -17.76, -15.32 และ -11.25 เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 2, 4 และ 5 สัปดาห์ ตามลำดับ. ในทริตเมนต์อื่นๆ มีการลดลงของค่า a* ไม่แตกต่างกันมากนักในแต่ละสัปดาห์ (ตารางที่ 3).

ตารางที่ 3. ค่า a* ของเปลือกมะนาวที่ผ่านการเคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว 12 สูตร แล้วเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 12 °ซ. เป็นเวลา 2, 4 และ 5 สัปดาห์.

| สูตร | ค่า a* ของเปลือกมะนาว | | | |
|------|-----------------------|-----------|-----------|-----------|
| | เริ่มต้น | 2 สัปดาห์ | 4 สัปดาห์ | 5 สัปดาห์ |
| 1 | -18.66a | -20.20a | -12.05ab | -9.92ab |
| 2 | -19.26a | -18.73a-d | -10.29b | -8.23ab |
| 3 | -18.15a | -18.67a-d | -9.69b | -8.09ab |
| 4 | -19.15a | -19.86ab | -11.94ab | -9.02ab |
| 5 | -20.02a | -18.03cd | -13.01b | -9.84ab |
| 6 | -18.10a | -17.76abc | -15.32a | -11.25a |
| 7 | -19.35a | -19.69d | -11.76ab | -8.16ab |
| 8 | -19.85a | -18.16bcd | -15.16a | -7.25b |
| 9 | -19.31a | -19.35a-d | -12.28ab | -8.32ab |
| 10 | -19.35a | -19.80abc | -11.65ab | -9.47ab |
| 11 | -18.99a | -18.86a-d | -9.74b | -7.04b |
| 12 | -19.15a | -19.67abc | -10.55b | -10.74a |

*ตัวเลขค่าเฉลี่ย (n=5) ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันในคอลัมน์เดียวกัน ไม่แตกต่างกันทางสถิติตามวิธีวิเคราะห์แบบ Duncan's multiple range test ($P \leq 0.05$).

1=ไคโตซานน้ำหนักโมเลกุลต่ำ 0.5%

2=ไคโตซานน้ำหนักโมเลกุลต่ำ 1.0%

3=ไคโตซานน้ำหนักโมเลกุลต่ำ 2.0%

4=ไคโตซานน้ำหนักโมเลกุลปานกลาง 0.5%

5=ไคโตซานน้ำหนักโมเลกุลปานกลาง 1.0%

6=ไคโตซานน้ำหนักโมเลกุลปานกลาง 2.0%

7=ไคโตซานน้ำหนักโมเลกุลสูง 0.5%

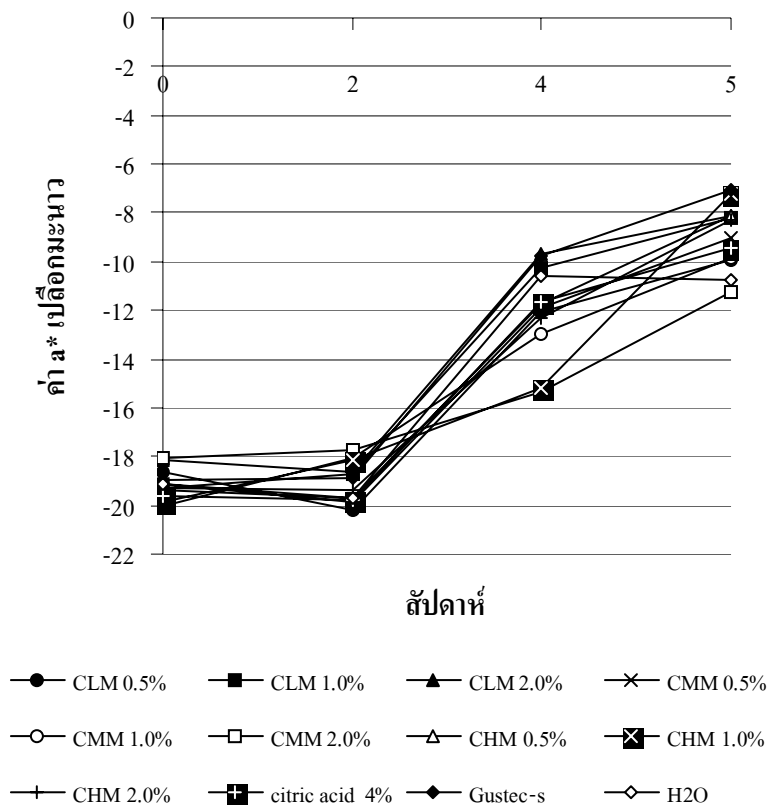
8=ไคโตซานน้ำหนักโมเลกุลสูง 1.0%

9=ไคโตซานน้ำหนักโมเลกุลสูง 2.0%

10= กรดซิตริก 4%

11= Gustec-s

12=น้ำกลั่น



รูปที่ 28. ค่า a* ของเปลือกมะนาวที่ผ่านการเคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว 12 สูตร แล้วเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 12 °ซ. เป็นเวลา 2, 4 และ 5 สัปดาห์ (CLM= Chitosan, low molecular weight, CMM= Chitosan, medium molecular weight, CHM= Chitosan, high molecular weight).

ค่า b* ของเปลือกมะนาว

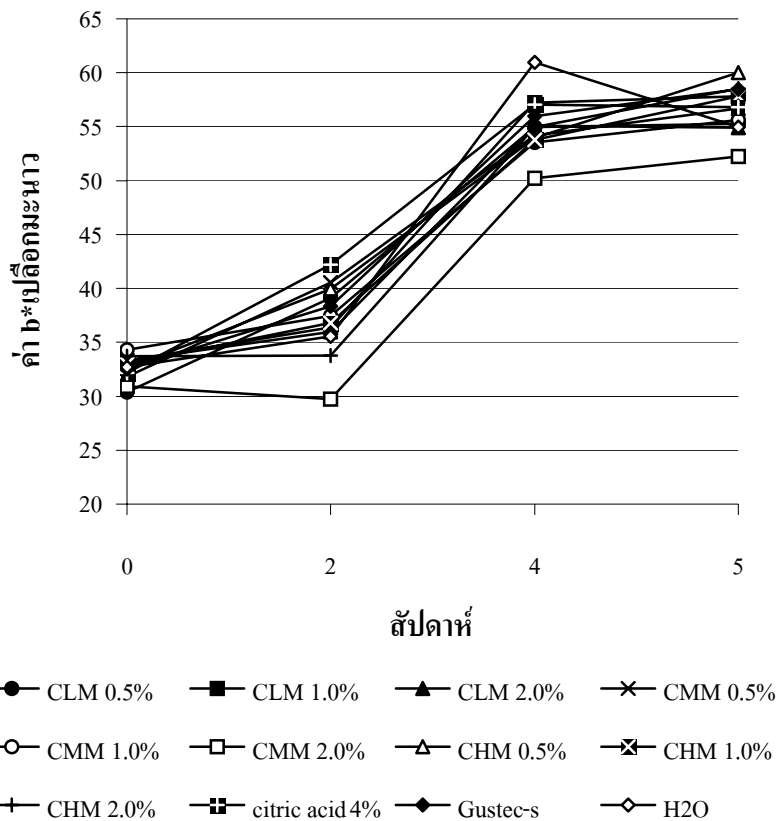
ค่า b* แสดงถึงสีเหลืองและสีน้ำเงิน, เมื่อค่า b* เป็นบวกแสดงถึงสีเหลือง และเมื่อค่า b* เป็นลบแสดงถึงสีน้ำเงิน, เมื่อห่างจาก 0 มากแสดงว่า เป็นสีเหลืองหรือสีน้ำเงินมากขึ้น ค่า b* ของเปลือกมะนาวมีแนวโน้มสูงขึ้นเรื่อยๆ เมื่อมีการเก็บรักษานานขึ้น แสดงว่า มะนาวมีสีเหลืองมากขึ้น. โดยในเวลาเริ่มต้นการเก็บรักษามะนาวมีค่า b* ประมาณ 32 และในสัปดาห์ที่ 5 ของการเก็บรักษามีค่า b* ประมาณ 55 ถึง 60 โดยในทริตเมนต์ที่มีค่า b* เพิ่มขึ้นต่ำที่สุดคือ มะนาวที่เคลือบด้วยไคโตซานน้ำหนักโมเลกุลปานกลาง 2.0%, โดยมีค่า b* อยู่ที่ 29.76, 50.23 และ 52.26 เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 2, 4 และ 5 สัปดาห์ ตามลำดับ. รองลงมาคือ มะนาวที่เคลือบด้วยไคโตซานน้ำหนักโมเลกุลต่ำ 2.0% ส่วนในทริตเมนต์อื่นๆ มีการเพิ่มขึ้นของค่า b* ไม่แตกต่างกันมากนักในแต่ละสัปดาห์ (ตารางที่ 4).

ตารางที่ 4. ค่า b* ของเปลือกมะนาวที่ผ่านการเคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว 12 สูตร แล้วเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 12 °ซ. เป็นเวลา 2, 4 และ 5 สัปดาห์.

| สูตร | ค่า b* ของเปลือกมะนาว | | | |
|------|-----------------------|-----------|-----------|-----------|
| | เริ่มต้น | 2 สัปดาห์ | 4 สัปดาห์ | 5 สัปดาห์ |
| 1 | 30.38a | 39.73b | 54.98ab | 55.28ab |
| 2 | 33.29a | 36.39ab | 57.21bc | 57.82bc |
| 3 | 33.27a | 35.99ab | 55.10ab | 54.93ab |
| 4 | 31.83a | 40.57b | 54.18ab | 56.68bc |
| 5 | 34.33a | 37.47ab | 53.52ab | 55.60ab |
| 6 | 30.92a | 29.76a | 50.23a | 52.26a |
| 7 | 32.58a | 39.92b | 53.95ab | 60.00c |
| 8 | 33.01a | 36.78ab | 53.78ab | 57.83bc |
| 9 | 33.74a | 33.76ab | 54.98ab | 58.52bc |
| 10 | 32.16a | 42.20b | 57.06bc | 56.83bc |
| 11 | 32.52a | 38.33ab | 55.97b | 58.44bc |
| 12 | 32.73a | 35.53ab | 60.98c | 54.94ab |

*ตัวเลขค่าเฉลี่ย (n=5) ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันในคอลัมน์เดียวกัน ไม่แตกต่างกันทางสถิติตามวิธีวิเคราะห์แบบ Duncan's multiple range test (P<0.05).

- 1=ไคโตซานน้ำหนักโมเลกุลต่ำ 0.5% 7= ไคโตซานน้ำหนักโมเลกุลสูง 0.5%
- 2=ไคโตซานน้ำหนักโมเลกุลต่ำ 1.0% 8= ไคโตซานน้ำหนักโมเลกุลสูง 1.0%
- 3=ไคโตซานน้ำหนักโมเลกุลต่ำ 2.0% 9= ไคโตซานน้ำหนักโมเลกุลสูง 2.0%
- 4=ไคโตซานน้ำหนักโมเลกุลปานกลาง 0.5% 10= กรดซิตริก 4%
- 5=ไคโตซานน้ำหนักโมเลกุลปานกลาง 1.0% 11= Gustec-s
- 6=ไคโตซานน้ำหนักโมเลกุลปานกลาง 2.0% 12=น้ำกลั่น



รูปที่ 29. ค่า b* ของเปลือกมะม่วงที่ผ่านการเคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว 12 สูตร แล้วเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 12 °ซ. เป็นเวลา 2, 4 และ 5 สัปดาห์ (CLM= Chitosan, low molecular weight, CMM= Chitosan, medium molecular weight, CHM= Chitosan, high molecular weight).

3. ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (Soluble Solid Content)

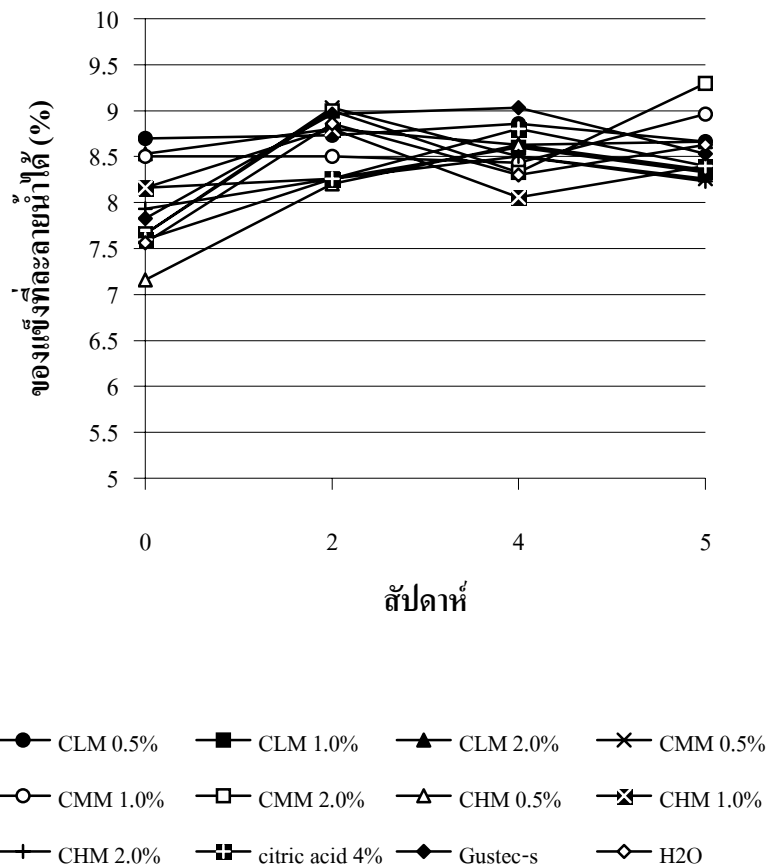
ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของมะนาวมีแนวโน้มไม่เปลี่ยนแปลงตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่นานขึ้น และไม่มี ความแตกต่างกันในแต่ละทรีตเมนต์ที่เก็บรักษาเป็นเวลา 2, 4 และ 5 สัปดาห์ และไม่แตกต่างจากกลุ่มควบคุม (ตารางที่ 5).

ตารางที่ 5. ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของมะนาวที่ผ่านการเคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว 12 สูตร แล้วเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 12 °ซ. เป็นเวลา 2, 4 และ 5 สัปดาห์.

| สูตร | ของแข็งที่ละลายน้ำได้ (%) | | | |
|------|---------------------------|-----------|-----------|-----------|
| | เริ่มต้น | 2 สัปดาห์ | 4 สัปดาห์ | 5 สัปดาห์ |
| 1 | 8.70b | 8.73a | 8.86a | 8.66a |
| 2 | 8.16ab | 8.26a | 8.60a | 8.33a |
| 3 | 8.53b | 8.80a | 8.63a | 8.36a |
| 4 | 7.66ab | 9.03a | 8.50a | 8.26a |
| 5 | 8.50ab | 8.50a | 8.43a | 8.96a |
| 6 | 7.66ab | 9.00a | 8.33a | 9.30a |
| 7 | 7.16a | 8.20a | 8.63a | 8.66a |
| 8 | 8.16ab | 8.80a | 8.06a | 8.40a |
| 9 | 7.93ab | 8.26a | 8.50a | 8.23a |
| 10 | 7.60ab | 8.26a | 8.80a | 8.40a |
| 11 | 7.83ab | 8.96a | 9.03a | 8.53a |
| 12 | 7.56ab | 8.86a | 8.30a | 8.63a |

*ตัวเลขค่าเฉลี่ย (n=3) ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันในคอลัมน์เดียวกัน ไม่แตกต่างกันทางสถิติตามวิธีวิเคราะห์แบบ Duncan's multiple range test ($P \leq 0.05$).

- | | |
|-------------------------------------|----------------------------------|
| 1=ไคโตซานน้ำหนักโมเลกุลต่ำ 0.5% | 7= ไคโตซานน้ำหนักโมเลกุลสูง 0.5% |
| 2=ไคโตซานน้ำหนักโมเลกุลต่ำ 1.0% | 8= ไคโตซานน้ำหนักโมเลกุลสูง 1.0% |
| 3=ไคโตซานน้ำหนักโมเลกุลต่ำ 2.0% | 9= ไคโตซานน้ำหนักโมเลกุลสูง 2.0% |
| 4=ไคโตซานน้ำหนักโมเลกุลปานกลาง 0.5% | 10= กรดซิตริก 4% |
| 5=ไคโตซานน้ำหนักโมเลกุลปานกลาง 1.0% | 11= Gustec-s |
| 6=ไคโตซานน้ำหนักโมเลกุลปานกลาง 2.0% | 12=น้ำกลั่น |



รูปที่ 30. ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของมะนาวที่ผ่านการเคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว 12 สูตร แล้วเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 12 °ซ. เป็นเวลา 2, 4 และ 5 สัปดาห์ (CLM= Chitosan, low molecular weight, CMM= Chitosan, medium molecular weight, CHM= Chitosan, high molecular weight).

4. ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (Titratable acidity)

ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ของมะนาวมีแนวโน้มไม่เปลี่ยนแปลงมากนักตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 5 สัปดาห์ และพบว่า มะนาวที่เคลือบด้วยไคโตซานน้ำหนักโมเลกุลปานกลาง 2.0% มีปริมาณกรดสูงสุดที่สุดคือ 8.53%, รองลงมาคือมะนาวที่เคลือบด้วยไคโตซานน้ำหนักโมเลกุลต่ำ 2.0% คือ มีปริมาณกรด 7.89%, ส่วนในทรีตเมนต์อื่นมีปริมาณกรดไม่แตกต่างกันมากนัก (ตารางที่ 6).

ตารางที่ 6. ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ของมะนาวที่ผ่านการเคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว 12 สูตร แล้วเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 12 °ซ. เป็นเวลา 2, 4 และ 5 สัปดาห์

| สารเคลือบผิว | ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (%) | | | |
|--------------|---------------------------|-----------|-----------|-----------|
| | เริ่มต้น | 2 สัปดาห์ | 4 สัปดาห์ | 5 สัปดาห์ |
| 1 | 8.31b | 7.66abc | 6.74a | 7.72abc |
| 2 | 7.89ab | 7.70abc | 7.63a | 7.76abc |
| 3 | 7.63ab | 8.30bc | 7.08a | 7.89bc |
| 4 | 7.12ab | 8.55c | 7.68a | 6.82a |
| 5 | 7.12ab | 7.67abc | 7.72a | 7.85bc |
| 6 | 6.99a | 7.67abc | 7.04a | 8.53c |
| 7 | 7.12ab | 6.93a | 7.29a | 7.85bc |
| 8 | 7.82ab | 7.63abc | 7.00a | 7.59abc |
| 9 | 7.38ab | 7.10ab | 7.72a | 7.59abc |
| 10 | 7.72ab | 7.50abc | 7.63a | 7.68abc |
| 11 | 6.99a | 7.91abc | 7.59a | 7.29ab |
| 12 | 7.29ab | 7.89abc | 7.38a | 7.68abc |

*ตัวเลขค่าเฉลี่ย (n=3) ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันในคอลัมน์เดียวกัน ไม่แตกต่างกันทางสถิติตามวิธีวิเคราะห์แบบ Duncan's multiple range test ($P \leq 0.05$).

1=ไคโตซานน้ำหนักริมเลกุลต่ำ 0.5%

2=ไคโตซานน้ำหนักริมเลกุลต่ำ 1.0%

3=ไคโตซานน้ำหนักริมเลกุลต่ำ 2.0%

4=ไคโตซานน้ำหนักริมเลกุลปานกลาง 0.5%

5=ไคโตซานน้ำหนักริมเลกุลปานกลาง 1.0%

6=ไคโตซานน้ำหนักริมเลกุลปานกลาง 2.0%

7= ไคโตซานน้ำหนักริมเลกุลสูง 0.5%

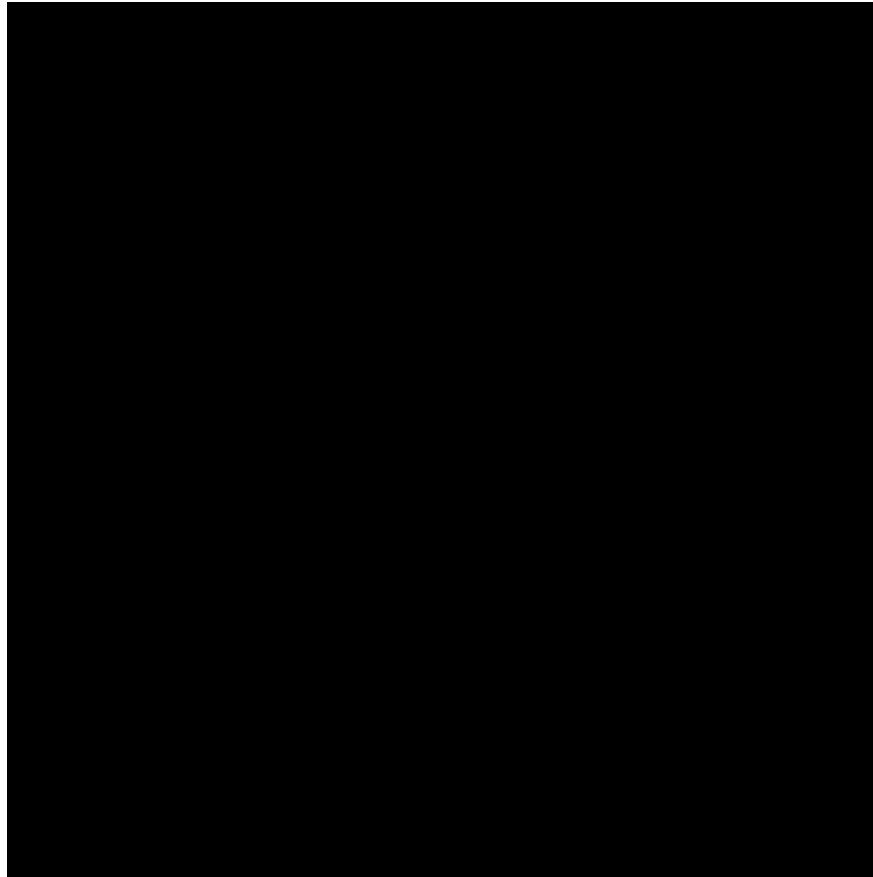
8= ไคโตซานน้ำหนักริมเลกุลสูง 1.0%

9= ไคโตซานน้ำหนักริมเลกุลสูง 2.0%

10= กรดซิตริก 4%

11= Gustec-s

12=น้ำกลั่น



รูปที่ 31. ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ของมะนาวที่ผ่านการเคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว 12 สูตร แล้ว เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 12 °ซ. เป็นเวลา 2, 4 และ 5 สัปดาห์ (CLM= Chitosan, low molecular weight, CMM= Chitosan, medium molecular weight, CHM= Chitosan, high molecular weight).

5. ค่า pH ของน้ำมะนาว

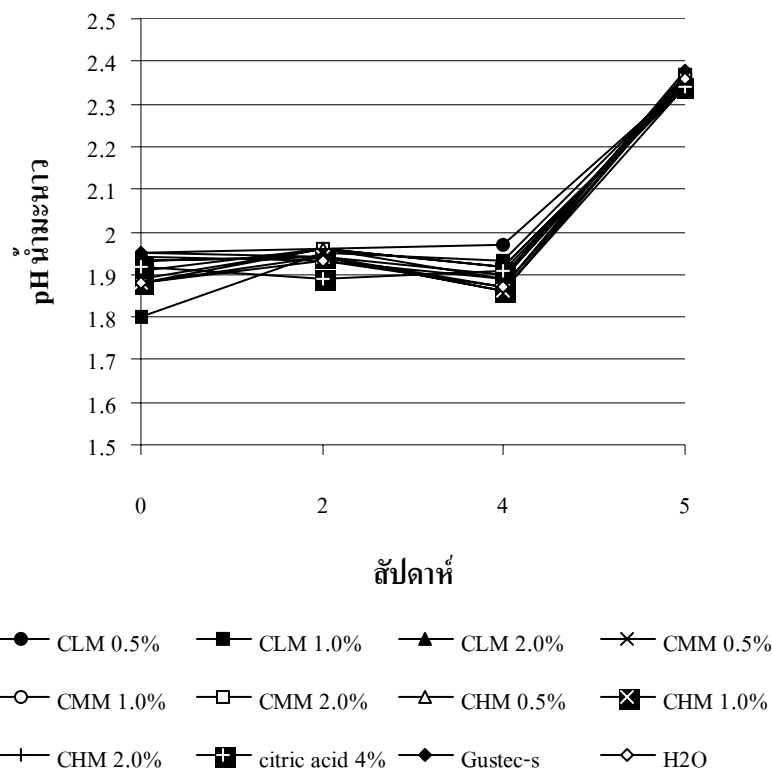
ค่า pH ของน้ำมะนาวแสดงถึงความเป็นกรดของมะนาว ถ้ามีค่าต่ำแสดงว่าเป็นกรดหรือเปรี้ยวมาก. โดยค่า pH น้ำมะนาวก่อนการเก็บรักษามีค่าประมาณ 1.8 ถึง 1.9 และเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 2 ถึง 4 สัปดาห์ ค่า pH ยังคงอยู่ที่ประมาณ 1.8 ถึง 1.9 คือไม่แตกต่างจากเริ่มต้น. แต่เมื่อเก็บรักษาไปถึงสัปดาห์ที่ 5 ค่า pH เพิ่มขึ้นไปเป็นประมาณ 2.3 แสดงว่าน้ำมะนาวมีความเปรี้ยวน้อยลง. โดยในแต่ละทริตเมนต์มีค่า pH ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในแต่ละสัปดาห์และไม่แตกต่างจากกลุ่มควบคุม (ตารางที่ 7).

ตารางที่ 7. ค่า pH ของน้ำมะนาวที่ผ่านการเคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว 12 สูตร แล้วเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 12 °ซ. เป็นเวลา 2, 4 และ 5 สัปดาห์.

| สารเคลือบผิว สูตร | ค่า pH ของน้ำมะนาว | | | |
|----------------------|--------------------|-----------|-----------|-----------|
| | เริ่มต้น | 2 สัปดาห์ | 4 สัปดาห์ | 5 สัปดาห์ |
| 1 | 1.89ab | 1.96b | 1.97b | 2.35a |
| 2 | 1.80a | 1.95b | 1.93ab | 2.36a |
| 3 | 1.95b | 1.96b | 1.92ab | 2.34a |
| 4 | 1.93b | 1.94ab | 1.86a | 2.36a |
| 5 | 1.93b | 1.94ab | 1.90ab | 2.35a |
| 6 | 1.91b | 1.96b | 1.89a | 2.37a |
| 7 | 1.88ab | 1.96b | 1.92ab | 2.34a |
| 8 | 1.88ab | 1.94ab | 1.86a | 2.34a |
| 9 | 1.94b | 1.93ab | 1.89a | 2.36a |
| 10 | 1.92b | 1.89a | 1.91ab | 2.34a |
| 11 | 1.95b | 1.94ab | 1.87a | 2.38a |
| 12 | 1.88ab | 1.93ab | 1.87a | 2.36a |

*ตัวเลขค่าเฉลี่ย (n=3) ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันในคอลัมน์เดียวกัน ไม่แตกต่างกันทางสถิติตามวิธีวิเคราะห์แบบ Duncan's multiple range test ($P \leq 0.05$).

- | | |
|--------------------------------------|-----------------------------------|
| 1=ไคโตซานน้ำหนักริมเลกุลต่ำ 0.5% | 7= ไคโตซานน้ำหนักริมเลกุลสูง 0.5% |
| 2=ไคโตซานน้ำหนักริมเลกุลต่ำ 1.0% | 8= ไคโตซานน้ำหนักริมเลกุลสูง 1.0% |
| 3=ไคโตซานน้ำหนักริมเลกุลต่ำ 2.0% | 9= ไคโตซานน้ำหนักริมเลกุลสูง 2.0% |
| 4=ไคโตซานน้ำหนักริมเลกุลปานกลาง 0.5% | 10= กรดซิตริก 4% |
| 5=ไคโตซานน้ำหนักริมเลกุลปานกลาง 1.0% | 11= Gustec-s |
| 6=ไคโตซานน้ำหนักริมเลกุลปานกลาง 2.0% | 12=น้ำกลั่น |

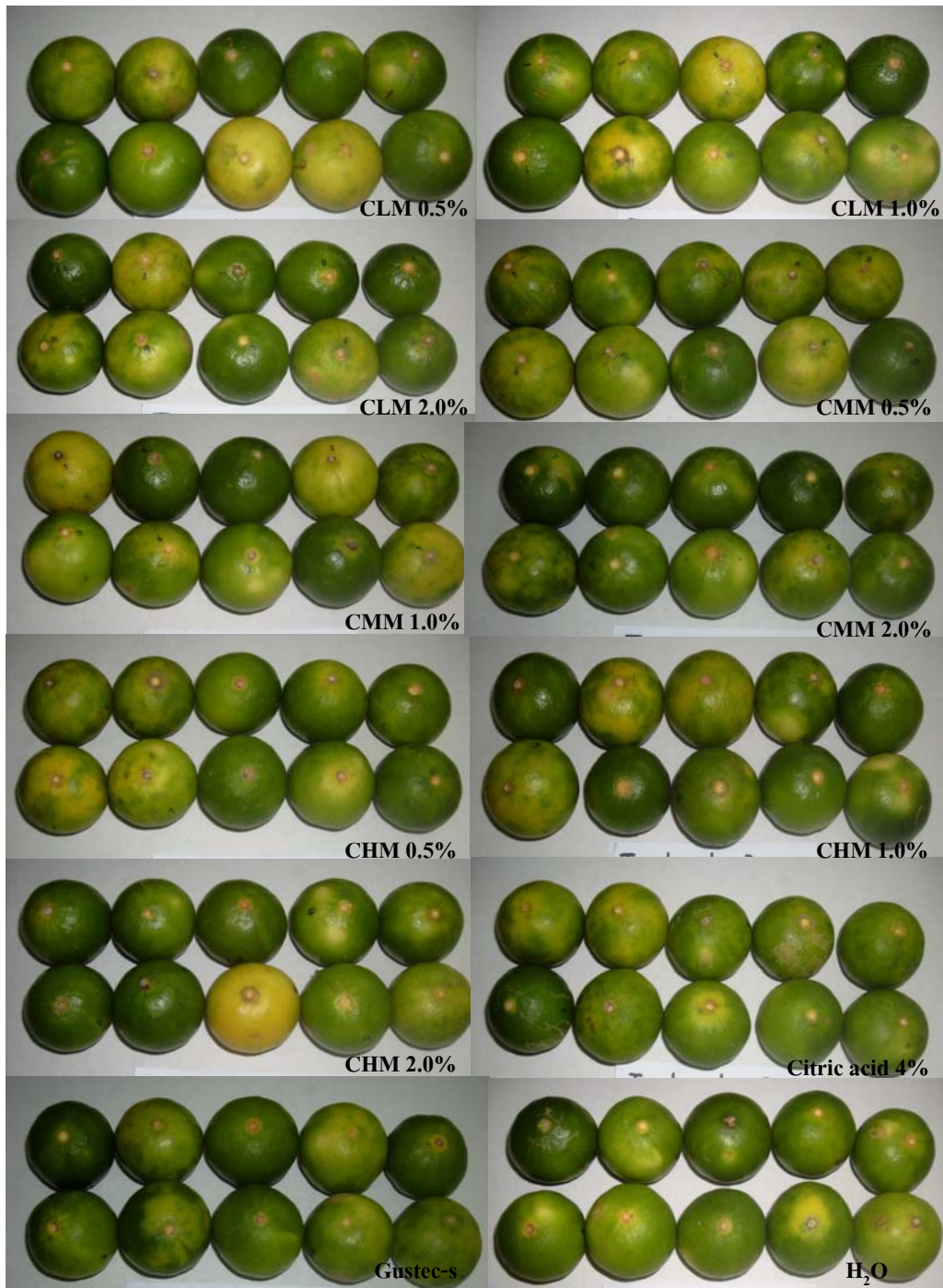


รูปที่ 32. ค่า pH ของน้ำมะนาวที่ผ่านการเคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว 12 สูตร แล้วเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 12 °C เป็นเวลา 2, 4 และ 5 สัปดาห์ (CLM= Chitosan, low molecular weight, CMM= Chitosan, medium molecular weight, CHM= Chitosan, high molecular weight).

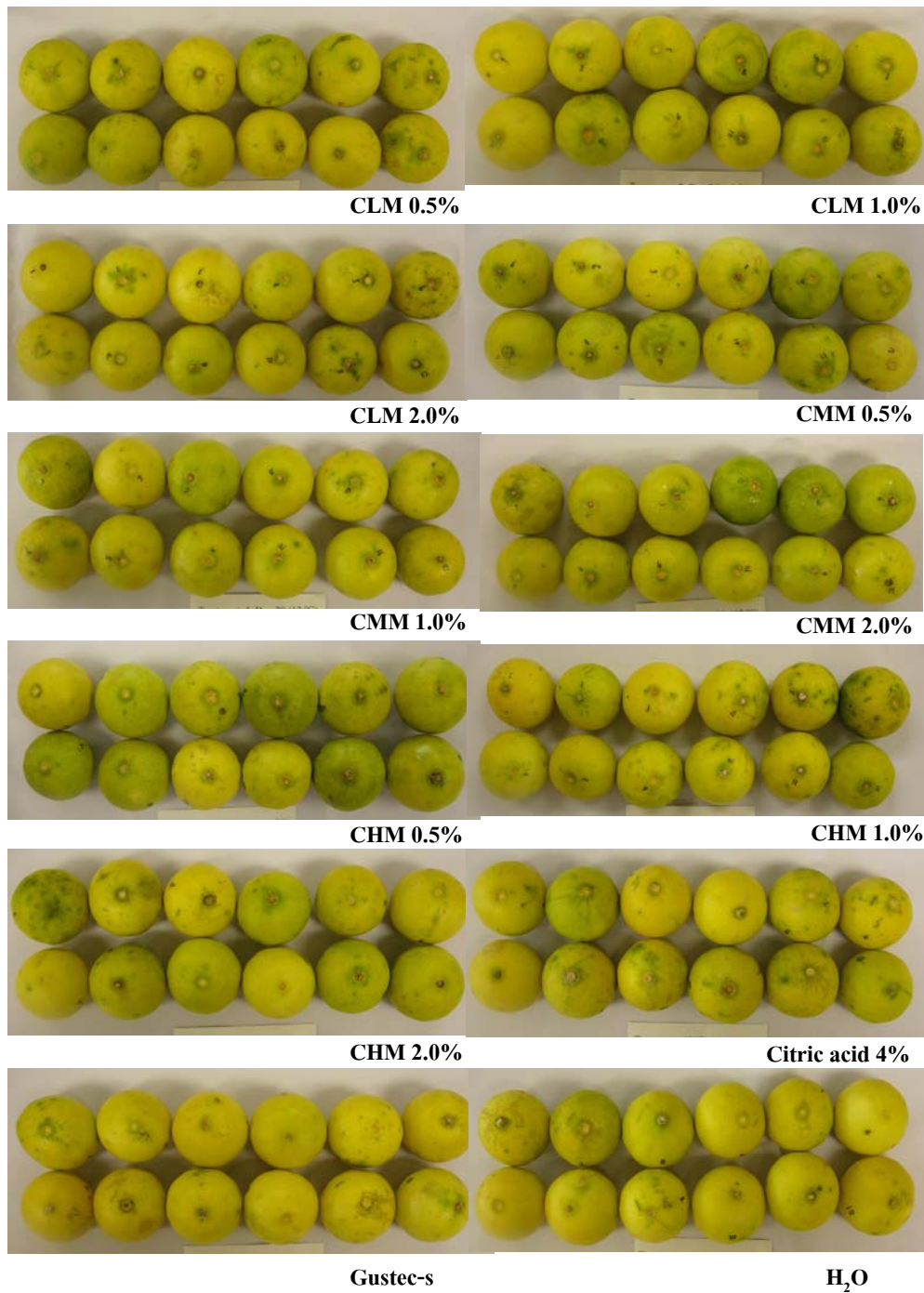
ในการทดลองนี้ใช้ไคโตซานเป็นสารเคลือบผิวหลัก ไคโตซานเป็นอนุพันธ์ของไคติน เป็นพอลิเมอร์ของ D-glucosamine, มีลักษณะใส, เหนียว, ยืดหยุ่นดี และสามารถขวางกั้นก๊าซออกซิเจนได้ดี (รัตนไตรภพ 2546) มะนาวที่ผ่านการเคลือบผิวจะมีความมันวาวเพิ่มขึ้นเล็กน้อย.

จากการทดลองเคลือบผิวมะนาวด้วยไคโตซานน้ำหนักโมเลกุลต่ำ, ไคโตซานน้ำหนักโมเลกุลปานกลาง และไคโตซานน้ำหนักโมเลกุลสูง ความเข้มข้น 0.5, 1.0 และ 2.0% พบว่า สารเคลือบผิวที่ใช้เก็บรักษามะนาวที่อุณหภูมิ 12 °ซ. ได้ดีที่สุดคือ ไคโตซานน้ำหนักโมเลกุลปานกลาง 2.0% โดยเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 2 สัปดาห์ ค่าสี $L^* a^* b^*$ มีค่าไม่แตกต่างจากค่าเริ่มต้นของการเก็บรักษา แสดงว่า ผลมะนาวยังมีสีเขียวเหมือนตอนเริ่มต้นของการเก็บรักษา นอกจากนี้ ยังมีค่าปริมาตรกรดไม่แตกต่างจากค่าเริ่มต้น และเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 4 สัปดาห์พบว่า ผลมะนาวยังมีสีเขียว

มากกว่าทริทเมนตอื่นๆ. เมื่อดูจากค่า L^* a^* b^* และค่าปริมาณกรด ค่า pH ของน้ำมะนาวไม่แตกต่างจากค่าเริ่มต้น และมีการสูญเสียน้ำหนักเพียง 7.14%. ในสารเคลือบผิวสูตรอื่นๆ จะมีค่าการสูญเสียน้ำหนัก, การเปลี่ยนแปลงของสีเปลือกผล, ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำ, ปริมาณกรดและค่า pH ไม่แตกต่างกันมากนัก. โดยมะนาวที่ผ่านการเคลือบผิวใน 4 สัปดาห์แรกมีค่าปริมาณกรดและค่า pH ของมะนาวไม่แตกต่างกันจากค่าเริ่มต้นเลย. ค่า pH ของมะนาวจะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 5 สัปดาห์ แสดงว่า มะนาวที่ผ่านการเคลือบผิวด้วยไคโตซานสามารถเก็บรักษาได้นาน 4 สัปดาห์ที่อุณหภูมิ 12 °ซ. โดยมีการสูญเสียน้ำหนักต่ำกว่ามะนาวที่ไม่เคลือบผิว สอดคล้องกับในการทดลองของอรรคสีวรและคณะ (2549) ที่ทำการเคลือบผิวมะนาวและเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำสามารถเก็บรักษาได้นาน 4 สัปดาห์ และในงานทดลองของนิมิตรเกียรติไกลและคณะ (2549) พบว่ามะนาวที่เคลือบด้วยไคโตซานสามารถชะลอการเปลี่ยนสีของเปลือกได้. นอกจากนี้ยังพบว่า การใช้ไคโตซานเคลือบผิวส้มไม่มีผลต่อค่าปริมาณกรดและปริมาณวิตามินซีในผลส้ม โดยมีค่าไม่ต่างจากกลุ่มควบคุม (Kantahan 2003).



รูปที่ 33. มะนาวที่ผ่านการเคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว 12 สูตร แล้วเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 12 °ซ. เป็นเวลา 2 สัปดาห์ (CLM=Chitosan Low Molecular Weight, CMM=Chitosan Medium Molecular Weight, CHM=Chitosan High Molecular Weight).



รูปที่ 34. มะนาวที่ผ่านการเคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว 12 สูตร แล้วเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 12 °ซ. เป็นเวลา 4 สัปดาห์ (CLM=Chitosan Low Molecular Weight, CMM=Chitosan Medium Molecular Weight, CHM=Chitosan High Molecular Weight).



รูปที่ 35. มะนาวที่ผ่านการเคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว 12 สูตร แล้วเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 12 °ซ. เป็นเวลา 5 สัปดาห์ (CLM=Chitosan Low Molecular Weight, CMM=Chitosan Medium Molecular Weight, CHM=Chitosan High Molecular Weight).

3.3.2. มะนาวที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 22 °ซ.

มะนาวที่ผ่านการเคลือบผิวทั้งหมด 12 สูตร แล้วนำมาบรรจุกล่องเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 22 °ซ. บันทึกผลการทดลองทุกๆ 4 วัน โดยการบันทึกผลการสูญเสียน้ำหนัก, การเปลี่ยนแปลงสีของผล, ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้, ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ และค่า pH ของน้ำมะนาว มีผลการทดลองดังนี้.

1. การสูญเสียน้ำหนัก (Weight loss)

การสูญเสียน้ำหนักของมะนาวมีเปอร์เซ็นต์ที่เพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่นานขึ้น. สารเคลือบผิวที่ทำให้มะนาวมีการสูญเสียน้ำหนักต่ำที่สุดคือ โคลโตซานน้ำหนักโมเลกุลสูง 0.5% และ Gustec-s คือ มีการสูญเสียน้ำหนัก 11.62 และ 11.65% ตามลำดับ หลังจากการเก็บรักษาเป็นเวลา 18 วัน. ในทรีตเมนต์อื่น มีอัตราการลดลงของน้ำหนักไม่แตกต่างกันมากนัก คือ อยู่ที่ประมาณ 13 ถึง 14% และในกลุ่มควบคุมมีการลดลง 15.58% เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 18 วัน (ตารางที่ 8).

ตารางที่ 8. เปรูชันต์การสูญเสียน้ำหนักของมะนาวที่ผ่านการเคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว 12 สูตร แล้วเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 22 °ซ. เป็นเวลา 18 วัน.

| สารเคลือบ ผิวสูตร | การสูญเสียน้ำหนัก (%) | | | | | |
|----------------------|-----------------------|---------|---------|---------|----------|----------|
| | 4 วัน | 6 วัน | 8 วัน | 12 วัน | 14 วัน | 18 วัน |
| 1 | 2.18cd | 3.21de | 4.57b-f | 9.15c | 11.57e | 14.60cde |
| 2 | 1.14ab | 1.77a | 3.19a | 7.84abc | 9.70a-d | 12.19ab |
| 3 | 1.41abc | 2.75bcd | 5.03def | 8.85bc | 11.07cde | 14.92de |
| 4 | 2.11bcd | 3.13cde | 4.60c-f | 7.68abc | 9.56abc | 13.31bcd |
| 5 | 1.19abc | 2.02ab | 3.99a-d | 7.67abc | 9.78a-d | 13.89cd |
| 6 | 1.80bcd | 2.61a-d | 4.11a-e | 6.97a | 10.78b-e | 14.22cde |
| 7 | 1.49abc | 2.51a-d | 3.66abc | 6.68a | 8.33a | 11.62a |
| 8 | 1.44abc | 2.18abc | 3.50ab | 7.43ab | 9.35ab | 14.15cde |
| 9 | 0.78a | 2.28a-d | 3.73abc | 7.83abc | 9.35ab | 13.03abc |
| 10 | 2.63d | 3.81e | 5.42f | 9.11c | 11.19de | 14.61cde |
| 11 | 2.05bcd | 3.11cde | 4.58b-f | 7.86abc | 9.46ab | 11.65a |
| 12 | 2.12bcd | 3.25de | 5.07ef | 9.11c | 11.79e | 15.58e |

*ตัวเลขค่าเฉลี่ย (n=5) ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันในคอลัมน์เดียวกัน ไม่แตกต่างกันทางสถิติตามวิธีวิเคราะห์แบบ Duncan's multiple range test ($P \leq 0.05$).

1=ไคโตซานน้ำหนักโมเลกุลต่ำ 0.5%

2=ไคโตซานน้ำหนักโมเลกุลต่ำ 1.0%

3=ไคโตซานน้ำหนักโมเลกุลต่ำ 2.0%

4=ไคโตซานน้ำหนักโมเลกุลปานกลาง 0.5%

5=ไคโตซานน้ำหนักโมเลกุลปานกลาง 1.0%

6=ไคโตซานน้ำหนักโมเลกุลปานกลาง 2.0%

7=ไคโตซานน้ำหนักโมเลกุลสูง 0.5%

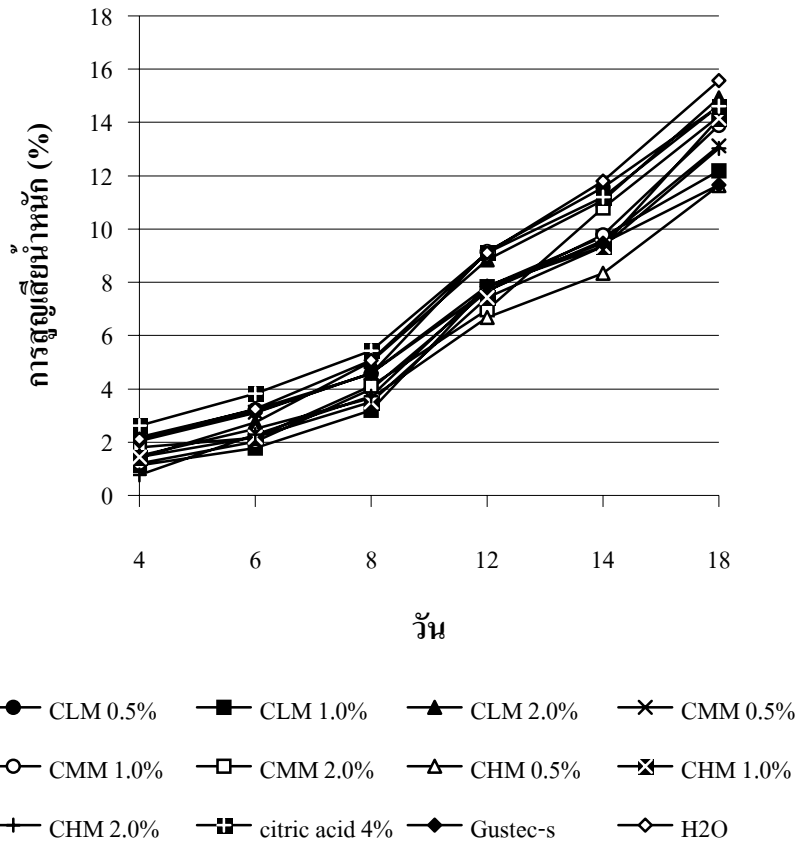
8=ไคโตซานน้ำหนักโมเลกุลสูง 1.0%

9=ไคโตซานน้ำหนักโมเลกุลสูง 2.0%

10= กรดซิตริก 4%

11= Gustec-s

12=น้ำกลั่น



รูปที่ 36. เปอร์เซนต์การสูญเสียน้ำหนักของมะนาวที่ผ่านการเคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว 12 สูตร เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 22 °ซ. เป็นเวลา 18 วัน (CLM=Chitosan Low Molecular Weight, CMM=Chitosan Medium Molecular Weight, CHM=Chitosan High Molecular Weight).

2. การเปลี่ยนแปลงสีของผล

ค่า L* ของเปลือกมะนาว

ค่า L* แสดงถึงความสว่างของสี ถ้าค่า L* เปลือกมะนาวมีค่าเพิ่มขึ้น แสดงว่าสีเปลือกเป็นสีสว่างมากขึ้น คือเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีเหลือง. ค่า L* เริ่มต้นของเปลือกมะนาวเริ่มที่ประมาณ 49 และเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 18 วัน มีค่า L* ประมาณ 60. สารเคลือบผิวที่ทำให้เปลือกมะนาวมีค่า L* เพิ่มขึ้นต่ำที่สุดคือ โคลโตซานน้ำหนักโมเลกุลปานกลาง 2.0%, โดยเมื่อเริ่มต้นการทดลองมีค่า L* อยู่ที่ 47.68, เมื่อเก็บรักษาผ่านไป 18 วัน มีค่า L* เท่ากับ 55.07 ซึ่งต่ำกว่าในทรีตเมนต์อื่นๆ. โดยในทรีตเมนต์อื่นๆ มีค่าอยู่ที่ประมาณ 60 (ตารางที่ 9).

ตารางที่ 9. ค่า L* ของเปลือกมะนาวที่ผ่านการเคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว 12 สูตร แล้วเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 22 °ซ. เป็นเวลา 18 วัน.

| สารเคลือบ สูตร | ค่า L* ของเปลือกมะนาว | | | | | | |
|-------------------|-----------------------|--------|---------|--------|--------|--------|--------|
| | เริ่มต้น | 4 วัน | 6 วัน | 8 วัน | 12 วัน | 14 วัน | 18 วัน |
| 1 | 51.04a | 55.85a | 57.31b | 55.08a | 57.07a | 59.54a | 61.31a |
| 2 | 49.65a | 53.88a | 54.78ab | 54.73a | 56.44a | 58.11a | 60.55a |
| 3 | 49.61a | 52.84a | 52.84ab | 55.14a | 55.30a | 57.58a | 59.71a |
| 4 | 52.53a | 53.75a | 53.75ab | 57.54a | 57.69a | 58.95a | 62.23a |
| 5 | 49.35a | 53.77a | 53.77ab | 57.20a | 59.12a | 59.84a | 62.51a |
| 6 | 47.68a | 50.00a | 50.00a | 50.55a | 51.79a | 52.12a | 55.07a |
| 7 | 49.05a | 55.08a | 55.08ab | 57.17a | 57.59a | 59.02a | 62.85a |
| 8 | 51.21a | 53.71a | 53.71ab | 55.94a | 57.42a | 58.83a | 57.75a |
| 9 | 49.75a | 52.11a | 52.11ab | 52.93a | 53.77a | 55.18a | 62.49a |
| 10 | 48.02a | 56.41a | 56.41ab | 57.53a | 59.36a | 61.18a | 64.27a |
| 11 | 48.66a | 53.92a | 53.92ab | 56.21a | 59.04a | 58.97a | 61.96a |
| 12 | 50.69a | 51.46a | 51.46ab | 52.72a | 52.85a | 55.05a | 57.87a |

*ตัวเลขค่าเฉลี่ย (n=5) ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันในคอลัมน์เดียวกัน ไม่แตกต่างกันทางสถิติตามวิธีวิเคราะห์แบบ Duncan's multiple range test ($P \leq 0.05$).

1=ไคโตซานน้ำหนักริมเลกุลต่ำ 0.5%

2=ไคโตซานน้ำหนักริมเลกุลต่ำ 1.0%

3=ไคโตซานน้ำหนักริมเลกุลต่ำ 2.0%

4=ไคโตซานน้ำหนักริมเลกุลปานกลาง 0.5%

5=ไคโตซานน้ำหนักริมเลกุลปานกลาง 1.0%

6=ไคโตซานน้ำหนักริมเลกุลปานกลาง 2.0%

7= ไคโตซานน้ำหนักริมเลกุลสูง 0.5%

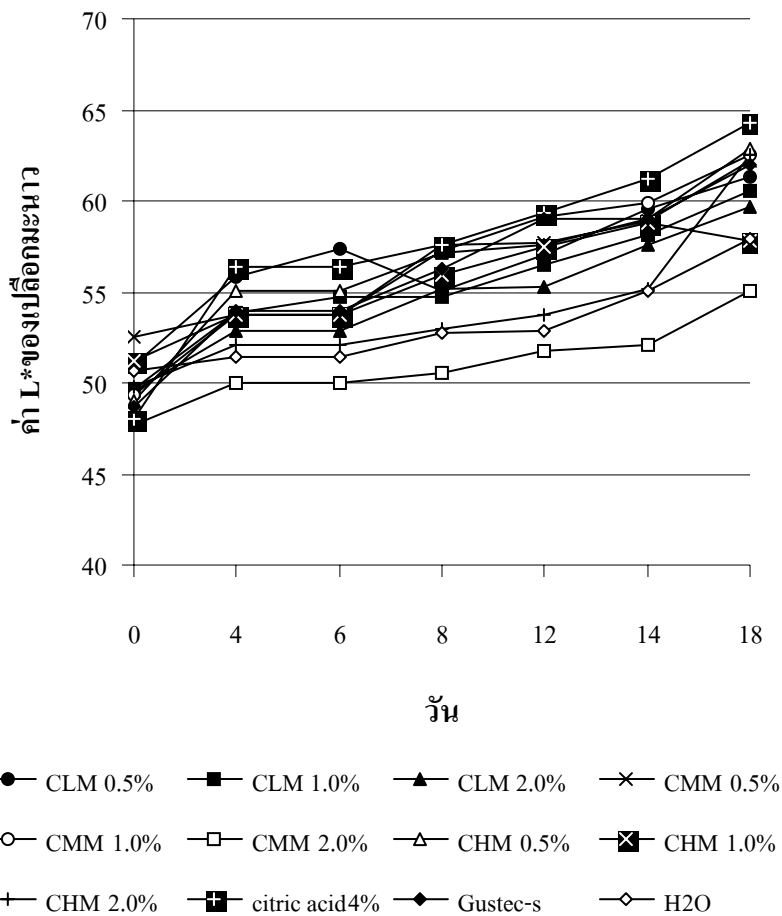
8= ไคโตซานน้ำหนักริมเลกุลสูง 1.0%

9= ไคโตซานน้ำหนักริมเลกุลสูง 2.0%

10= กรดซิตริก 4%

11= Gustec-s

12=น้ำกลั่น



รูปที่ 37. ค่า L* ของเปลือกมะนาวที่ผ่านการเคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว 12 สูตร เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 22 °ซ. เป็นเวลา 18 วัน (CLM=Chitosan Low Molecular Weight, CMM=Chitosan Medium Molecular Weight, CHM=Chitosan High Molecular Weight).

ค่า a* ของเปลือกมะนาว

ค่า a* เป็นค่าที่แสดงถึงสีแดงและสีเขียว, เมื่อเป็นค่าบวกแสดงว่าเป็นสีแดง และถ้าเป็นค่าลบแสดงว่าเป็นสีเขียว, ห่างจาก 0 มากแสดงว่า แดงมากขึ้นหรือเขียวมากขึ้น ค่า a* ของมะนาวจะเป็นค่าลบหมด และเป็นลบลดลงเมื่อเก็บรักษานานขึ้น แสดงว่า มีความเข้มของสีเขียวลดลง. สารเคลือบผิวสูตรที่ทำให้สีมะนาวเปลี่ยนแปลงไปช้าที่สุดคือ โคลิโดซานน้ำหนักโมเลกุลสูง 1.0% แต่ไม่แตกต่างจากทรีตเมนต์อื่นมากนักคือ ค่า a* ที่เปลี่ยนแปลงในวันที่ 12, 14 และ 18 ของแต่ละทรีตเมนต์ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ. ดังนั้น สารเคลือบผิวแต่ละสูตรไม่ทำให้ค่า a* ของมะนาวแตกต่างกันมากนัก (ตารางที่ 10).

ตารางที่ 10. ค่า a* ของเปลือกมะนาวที่ผ่านการเคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว 12 สูตร แล้วเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 22 °ซ. เป็นเวลา 18 วัน.

| สารเคลือบ สูตร | ค่า a* ของเปลือกมะนาว | | | | | | |
|-------------------|-----------------------|-----------|----------|-----------|---------|---------|---------|
| | เริ่มต้น | 4 วัน | 6 วัน | 8 วัน | 12 วัน | 14 วัน | 18 วัน |
| 1 | -19.69a | -20.19ab | -19.56a | -20.20a | -19.33a | -18.38a | -17.12a |
| 2 | -19.26a | -20.21ab | -18.87ab | -18.73a-d | -18.26a | -18.16a | -17.99a |
| 3 | -19.36a | -19.50abc | -18.99ab | -18.67a-d | -17.54a | -17.67a | -17.23a |
| 4 | -20.42a | -19.80ab | -20.12a | -19.86ab | -19.30a | -19.46a | -17.98a |
| 5 | -19.07a | -19.17bc | -18.78ab | -18.03cd | -17.31a | -16.58a | -16.40a |
| 6 | -18.38a | -18.28c | -17.81b | -17.76d | -17.66a | -16.99a | -17.79a |
| 7 | -19.52a | -19.68abc | -19.64a | -19.69abc | -18.72a | -18.36a | -17.60a |
| 8 | -19.96a | -19.30abc | -17.75b | -18.16bcd | -17.66a | -17.78a | -18.87a |
| 9 | -19.61a | -20.03ab | -19.20ab | -19.35a-d | -19.22a | -19.01a | -16.30a |
| 10 | -19.09a | -20.77a | -20.24a | -19.80abc | -18.93a | -17.77a | -15.76a |
| 11 | -18.30a | -19.71abc | -18.78ab | -18.86a-d | -17.36a | -17.21a | -16.68a |
| 12 | -19.46a | -19.99ab | -19.95a | -19.67abc | -19.47a | -18.74a | -17.65a |

*ตัวเลขค่าเฉลี่ย (n=5) ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันในคอลัมน์เดียวกัน ไม่แตกต่างกันทางสถิติตามวิธีวิเคราะห์แบบ Duncan's multiple range test ($P \leq 0.05$).

1=ไคโตซานน้ำหนักริมเลกุลต่ำ 0.5%

2=ไคโตซานน้ำหนักริมเลกุลต่ำ 1.0%

3=ไคโตซานน้ำหนักริมเลกุลต่ำ 2.0%

4=ไคโตซานน้ำหนักริมเลกุลปานกลาง 0.5%

5=ไคโตซานน้ำหนักริมเลกุลปานกลาง 1.0%

6=ไคโตซานน้ำหนักริมเลกุลปานกลาง 2.0%

7= ไคโตซานน้ำหนักริมเลกุลสูง 0.5%

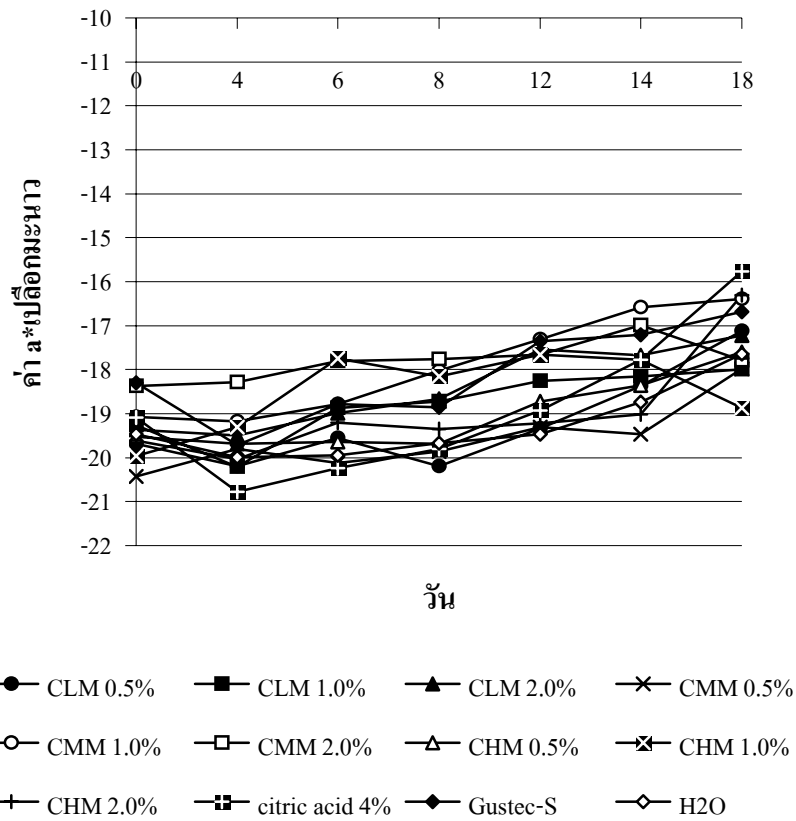
8= ไคโตซานน้ำหนักริมเลกุลสูง 1.0%

9= ไคโตซานน้ำหนักริมเลกุลสูง 2.0%

10= กรดซิตริก 4%

11= Gustec-s

12=น้ำกลั่น



รูปที่ 38. ค่า a* ของเปลือกมะนาวที่ผ่านการเคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว 12 สูตร แล้วเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 22 °ซ. เป็นเวลา 18 วัน (CLM=Chitosan Low Molecular Weight, CMM=Chitosan Medium Molecular Weight, CHM=Chitosan High Molecular Weight).

ค่า b* ของเปลือกมะนาว

ค่า b* แสดงถึงสีเหลืองและสีน้ำเงิน, เมื่อค่า b* เป็นบวกแสดงถึงสีเหลือง และเมื่อค่า b* เป็นลบแสดงถึงสีน้ำเงิน, เมื่อห่างจาก 0 มากแสดงว่า เป็นสีเหลืองหรือสีน้ำเงินมากขึ้น. ค่า b* ของเปลือกมะนาวมีแนวโน้มสูงขึ้นเรื่อยๆ เมื่อมีการเก็บรักษานานขึ้น แสดงว่า มะนาวมีสีเหลืองมากขึ้น. สารเคลือบผิวสูตรที่ทำให้ค่า b* ของเปลือกมะนาวเพิ่มขึ้นต่ำที่สุดคือ โคลโตซานน้ำหนักโมเลกุลปานกลาง 2.0% คือค่าเพิ่มจาก 30.41 เป็น 37.75 เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 18 วัน, ซึ่งต่ำกว่าในทรีตเมนต์อื่นๆ ที่มีค่า b* อยู่ที่ประมาณ 45 (ตารางที่ 11).

ตารางที่ 11. ค่า b* ของเปลือกมะนาวที่ผ่านการเคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว 12 สูตร แล้วเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 22 °ซ. เป็นเวลา 18 วัน.

| สารเคลือบ สูตร | ค่า b* ของเปลือกมะนาว | | | | | | |
|-------------------|-----------------------|----------|---------|---------|----------|----------|---------|
| | เริ่มต้น | 4 วัน | 6 วัน | 8 วัน | 12 วัน | 14 วัน | 18 วัน |
| 1 | 34.59a | 39.83bcd | 39.73b | 39.73ab | 41.06abc | 43.06bc | 45.47b |
| 2 | 31.34a | 43.44d | 36.30ab | 36.39ab | 40.35abc | 42.20abc | 44.64ab |
| 3 | 31.70a | 34.94abc | 35.00ab | 35.99ab | 35.42abc | 38.24abc | 43.96ab |
| 4 | 36.60a | 36.64a-d | 39.41b | 40.57ab | 40.48abc | 42.23abc | 46.64b |
| 5 | 31.65a | 35.00abc | 38.87b | 41.18b | 39.10abc | 43.85bc | 47.15b |
| 6 | 30.41a | 31.08a | 29.58a | 32.33a | 33.29a | 33.65a | 37.75a |
| 7 | 32.67a | 37.84a-d | 38.58b | 39.92ab | 40.29abc | 41.98abc | 47.28b |
| 8 | 33.20a | 35.66abc | 33.90ab | 36.78ab | 37.56abc | 39.84abc | 42.58ab |
| 9 | 31.25a | 34.34ab | 33.18ab | 33.76ab | 34.72ab | 36.77ab | 45.52b |
| 10 | 31.31a | 42.40cd | 40.54b | 42.20b | 44.30c | 46.18c | 49.06b |
| 11 | 31.06a | 36.26a-d | 36.93ab | 38.73ab | 43.36bc | 41.38abc | 44.29ab |
| 12 | 30.18a | 34.89abc | 36.58ab | 37.29ab | 38.19abc | 40.98abc | 44.24ab |

*ตัวเลขค่าเฉลี่ย (n=5) ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันในคอลัมน์เดียวกัน ไม่แตกต่างกันทางสถิติตามวิธีวิเคราะห์แบบ Duncan's multiple range test ($P \leq 0.05$).

1=ไคโตซานน้ำหนักริมเลกุลต่ำ 0.5%

2=ไคโตซานน้ำหนักริมเลกุลต่ำ 1.0%

3=ไคโตซานน้ำหนักริมเลกุลต่ำ 2.0%

4=ไคโตซานน้ำหนักริมเลกุลปานกลาง 0.5%

5=ไคโตซานน้ำหนักริมเลกุลปานกลาง 1.0%

6=ไคโตซานน้ำหนักริมเลกุลปานกลาง 2.0%

7= ไคโตซานน้ำหนักริมเลกุลสูง 0.5%

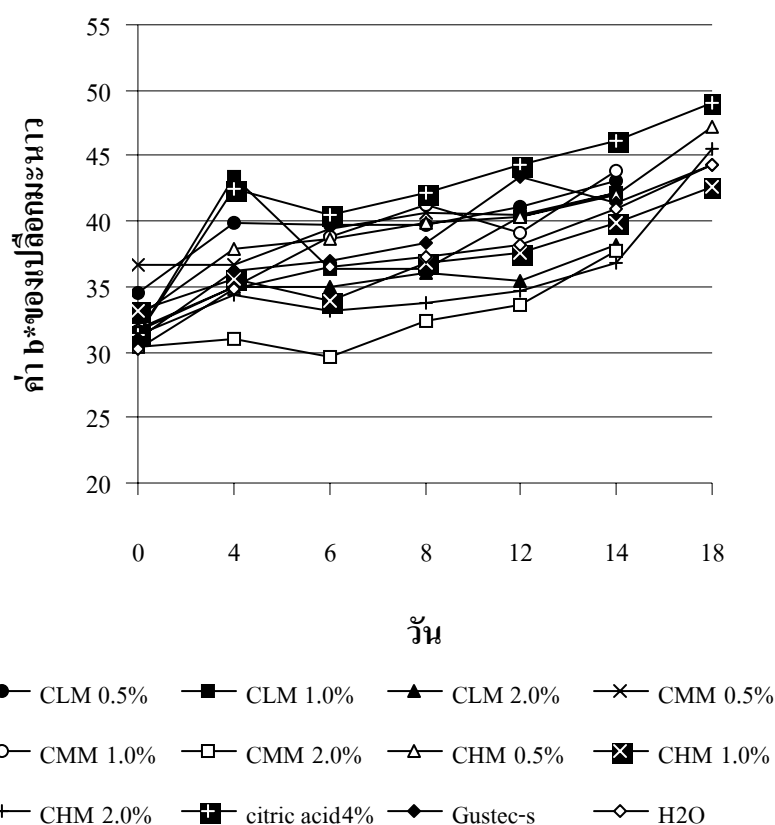
8= ไคโตซานน้ำหนักริมเลกุลสูง 1.0%

9= ไคโตซานน้ำหนักริมเลกุลสูง 2.0%

10= กรดซิตริก 4%

11= Gustec-s

12=น้ำกลั่น



รูปที่ 39. ค่า b* ของเปลือกมะนาวที่ผ่านการเคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว 12 สูตร แล้วเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 22 °ซ. เป็นเวลา 18 วัน (CLM=Chitosan Low Molecular Weight, CMM=Chitosan Medium Molecular Weight, CHM=Chitosan High Molecular Weight).

3. ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้

ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของมะนาวที่ผ่านการเคลือบผิวในแต่ละทรีตเมนต์ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 6, 8, 12, 14 และ 18 วันและไม่แตกต่างจากกลุ่มควบคุม และค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้มีแนวโน้มไม่เปลี่ยนแปลงจากตอนเริ่มต้นการเก็บรักษาจนถึงวันที่ 18 โดยค่ายังคงอยู่ที่ประมาณ 7 ถึง 8 (ตารางที่ 12).

ตารางที่ 12 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของมะนาวที่ผ่านการเคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว
12 สูตร แล้วเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 22 °ซ. เป็นเวลา 18 วัน.

| สารเคลือบ สูตร | ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (%) | | | | | |
|-------------------|---------------------------------|-------|-------|--------|--------|--------|
| | 4 วัน | 6 วัน | 8 วัน | 12 วัน | 14 วัน | 18 วัน |
| 1 | 8.70b | 8.66a | 8.70a | 8.26a | 7.93a | 8.50a |
| 2 | 8.16ab | 8.53a | 8.46a | 8.26a | 8.23a | 8.66a |
| 3 | 8.53b | 8.70a | 8.20a | 7.53a | 8.60a | 8.53a |
| 4 | 7.66ab | 8.66a | 7.86a | 7.93a | 8.26a | 8.63a |
| 5 | 8.50ab | 8.73a | 7.43a | 7.90a | 8.50a | 7.66a |
| 6 | 7.66ab | 8.36a | 8.30a | 8.16a | 7.90a | 8.30a |
| 7 | 7.16a | 9.00a | 7.50a | 7.90a | 8.33a | 8.53a |
| 8 | 8.16ab | 8.16a | 8.06a | 8.40a | 8.80a | 7.80a |
| 9 | 7.93ab | 8.90a | 8.66a | 8.10a | 7.93a | 8.16a |
| 10 | 7.60ab | 8.10a | 8.43a | 7.93a | 8.96a | 8.33a |
| 11 | 7.83ab | 8.83a | 7.76a | 8.40a | 8.96a | 8.80a |
| 12 | 7.56ab | 8.80a | 7.63a | 7.63a | 8.50a | 8.36a |

*ตัวเลขค่าเฉลี่ย (n=3) ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันในคอลัมน์เดียวกัน ไม่แตกต่างกันทางสถิติตามวิธี
วิเคราะห์แบบ Duncan's multiple range test ($P \leq 0.05$).

1=ไคโตซานน้ำหนักริมเลกุลต่ำ 0.5%

2=ไคโตซานน้ำหนักริมเลกุลต่ำ 1.0%

3=ไคโตซานน้ำหนักริมเลกุลต่ำ 2.0%

4=ไคโตซานน้ำหนักริมเลกุลปานกลาง 0.5%

5=ไคโตซานน้ำหนักริมเลกุลปานกลาง 1.0%

6=ไคโตซานน้ำหนักริมเลกุลปานกลาง 2.0%

7= ไคโตซานน้ำหนักริมเลกุลสูง 0.5%

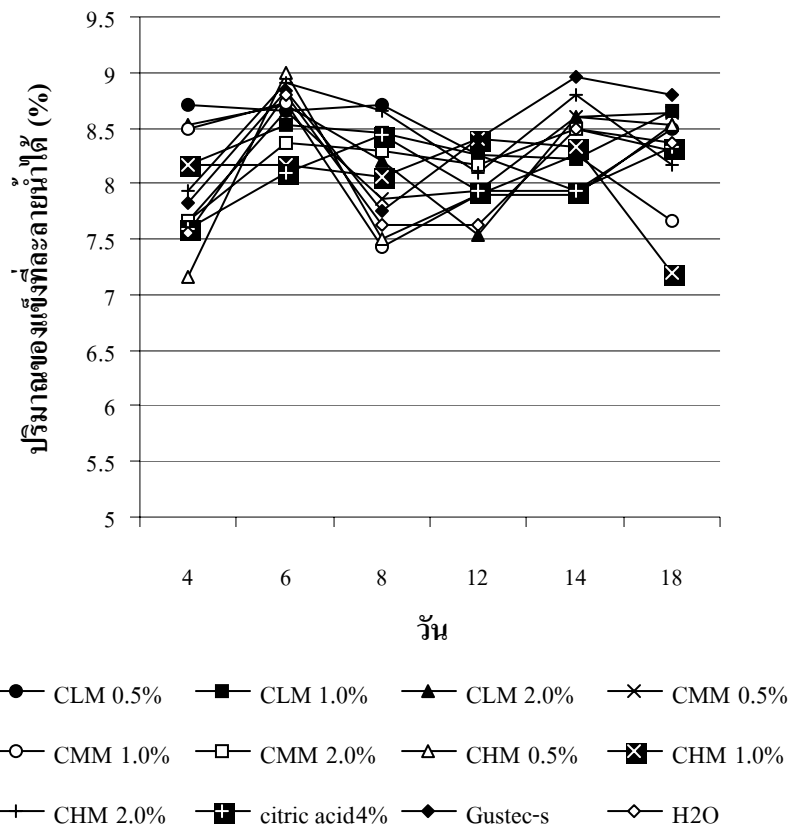
8= ไคโตซานน้ำหนักริมเลกุลสูง 1.0%

9= ไคโตซานน้ำหนักริมเลกุลสูง 2.0%

10= กรดซิตริก 4%

11= Gustec-s

12=น้ำกลั่น



รูปที่ 40. ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของมะนาวที่ผ่านการเคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว 12 สูตร แล้วเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 22 °ซ. เป็นเวลา 18 วัน (CLM=Chitosan Low Molecular Weight, CMM=Chitosan Medium Molecular Weight, CHM=Chitosan High Molecular Weight).

4. ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้

ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้คิดเป็นเปอร์เซ็นต์กรด ไม่มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงค่ากรดจากเริ่มต้นจนถึงการเก็บรักษาวันที่ 18 คือ ยังคงอยู่ที่ประมาณ 7 ถึง 8% และในแต่ละทรีตเมนต์ไม่แตกต่างกันมากนัก, โดยในการเก็บวันที่ 8 และ 14 ค่ากรดของแต่ละทรีตเมนต์ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 13).

ตารางที่ 13. ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ของมะนาวที่ผ่านการเคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว 12 สูตร แล้วเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 22 °ซ. เป็นเวลา 18 วัน.

| สารเคลือบ สูตร | ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (%) | | | | | |
|-------------------|---------------------------|--------|-------|---------|--------|--------|
| | 4 วัน | 6 วัน | 8 วัน | 12 วัน | 14 วัน | 18 วัน |
| 1 | 8.30b | 7.86ab | 7.86a | 7.90bc | 7.36a | 8.16b |
| 2 | 7.86ab | 8.16b | 7.00a | 7.96bc | 7.83a | 7.80ab |
| 3 | 7.66ab | 8.03ab | 7.46a | 7.43abc | 7.96a | 7.76ab |
| 4 | 7.13ab | 7.93ab | 7.53a | 7.66abc | 7.80a | 8.26ab |
| 5 | 7.10ab | 8.13ab | 6.96a | 7.90a | 7.53a | 7.70b |
| 6 | 7.03a | 7.90ab | 7.66a | 7.46abc | 7.70a | 6.76a |
| 7 | 7.10ab | 8.30b | 7.33a | 7.50abc | 7.30a | 7.70ab |
| 8 | 7.83ab | 7.36a | 7.70a | 8.06c | 7.90a | 7.40ab |
| 9 | 7.36ab | 8.03ab | 8.00a | 7.56abc | 7.73a | 7.66ab |
| 10 | 7.73ab | 7.56ab | 7.56a | 7.06ab | 7.26a | 7.23ab |
| 11 | 7.03a | 8.23b | 7.30a | 8.10c | 8.10a | 8.03b |
| 12 | 7.30ab | 7.86ab | 7.30a | 7.60abc | 7.80a | 7.76ab |

*ตัวเลขค่าเฉลี่ย (n=3) ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันในคอลัมน์เดียวกัน ไม่แตกต่างกันทางสถิติตามวิธีวิเคราะห์แบบ Duncan's multiple range test ($P \leq 0.05$).

1=ไคโตซานน้ำหนักริมเลกุลต่ำ 0.5%

2=ไคโตซานน้ำหนักริมเลกุลต่ำ 1.0%

3=ไคโตซานน้ำหนักริมเลกุลต่ำ 2.0%

4=ไคโตซานน้ำหนักริมเลกุลปานกลาง 0.5%

5=ไคโตซานน้ำหนักริมเลกุลปานกลาง 1.0%

6=ไคโตซานน้ำหนักริมเลกุลปานกลาง 2.0%

7= ไคโตซานน้ำหนักริมเลกุลสูง 0.5%

8= ไคโตซานน้ำหนักริมเลกุลสูง 1.0%

9= ไคโตซานน้ำหนักริมเลกุลสูง 2.0%

10= กรดซิตริก 4%

11= Gustec-s

12=น้ำกลั่น



รูปที่ 41. ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ของมะนาวที่ผ่านการเคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว 12 สูตร แล้ว เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 22 °ซ. เป็นเวลา 18 วัน (CLM=Chitosan Low Molecular Weight, CMM=Chitosan Medium Molecular Weight, CHM=Chitosan High Molecular Weight).

5. ค่า pH ของมะนาว

ค่า pH ของมะนาวแสดงถึงความเป็นกรดหรือความเปรี้ยวของมะนาว ถ้ามีค่าต่ำมากแสดงว่าเปรี้ยวมาก โดยค่า pH เริ่มต้นของน้ำมะนาวอยู่ที่ประมาณ 1.8 ถึง 1.9 และเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 14 วัน พบว่าค่า pH ยังคงอยู่ที่ประมาณ 1.9 คือ ไม่ได้เปลี่ยนแปลงไปมาก และในแต่ละทริตเมนต์มีค่ากรดแทบไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเลยตั้งแต่การเก็บรักษาวันที่ 4 ถึงวันที่ 14 (ตารางที่ 14).

ตารางที่ 14. ค่า pH ของน้ำมะนาวที่ผ่านการเคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว 12 สูตร แล้วเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 22 °ซ. เป็นเวลา 18 วัน.

| สารเคลือบสูตร | ค่า pH ของน้ำมะนาว | | | | |
|---------------|--------------------|---------|-------|--------|--------|
| | 4 วัน | 6 วัน | 8 วัน | 12 วัน | 14 วัน |
| 1 | 1.89a | 1.99c | 1.94a | 1.92ab | 1.95ab |
| 2 | 1.90a | 1.94abc | 1.90a | 1.92ab | 1.91ab |
| 3 | 1.95a | 1.96abc | 1.94a | 1.91ab | 1.94ab |
| 4 | 1.93a | 1.93abc | 1.92a | 1.91ab | 1.95ab |
| 5 | 1.93a | 1.95abc | 1.94a | 1.96b | 1.92ab |
| 6 | 1.91a | 1.91ab | 1.93a | 1.93ab | 1.92ab |
| 7 | 1.88a | 1.97bc | 1.91a | 1.89ab | 1.90ab |
| 8 | 1.88a | 1.93abc | 1.93a | 1.90ab | 1.96b |
| 9 | 1.94a | 1.94abc | 1.94a | 1.93ab | 1.93ab |
| 10 | 1.92a | 1.91ab | 1.94a | 1.90ab | 1.90ab |
| 11 | 1.95a | 1.89a | 1.94a | 1.93ab | 1.92ab |
| 12 | 1.88a | 1.97bc | 1.93a | 1.86a | 1.88a |

*ตัวเลขค่าเฉลี่ย (n=3) ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันในคอลัมน์เดียวกัน ไม่แตกต่างกันทางสถิติตามวิธีวิเคราะห์แบบ Duncan's multiple range test ($P \leq 0.05$).

1=ไคโตซานน้ำหนักริมเลกุลต่ำ 0.5%

2=ไคโตซานน้ำหนักริมเลกุลต่ำ 1.0%

3=ไคโตซานน้ำหนักริมเลกุลต่ำ 2.0%

4=ไคโตซานน้ำหนักริมเลกุลปานกลาง 0.5%

5=ไคโตซานน้ำหนักริมเลกุลปานกลาง 1.0%

6=ไคโตซานน้ำหนักริมเลกุลปานกลาง 2.0%

7= ไคโตซานน้ำหนักริมเลกุลสูง 0.5%

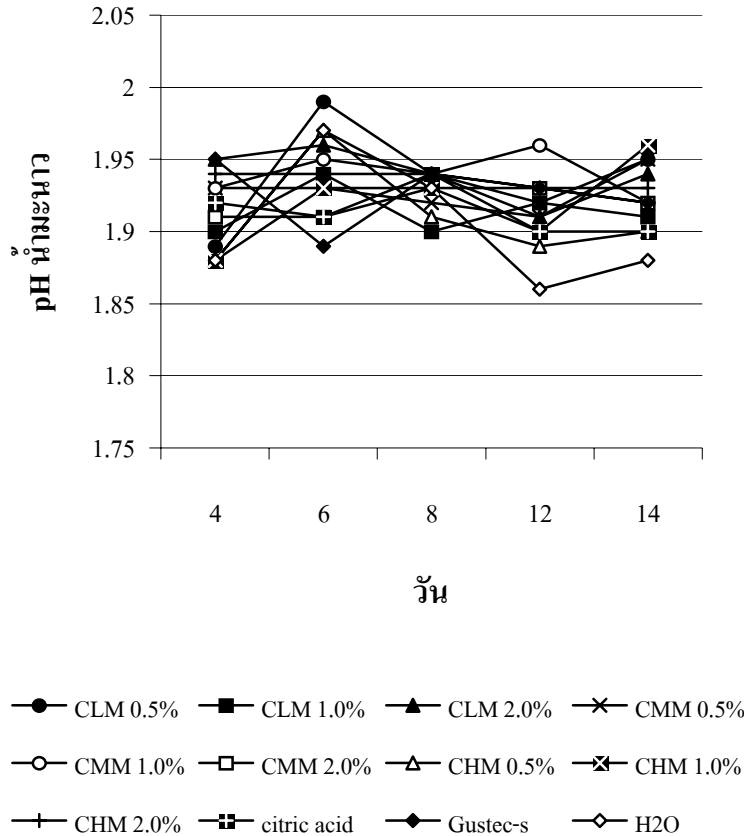
8= ไคโตซานน้ำหนักริมเลกุลสูง 1.0%

9= ไคโตซานน้ำหนักริมเลกุลสูง 2.0%

10= กรดซิตริก 4%

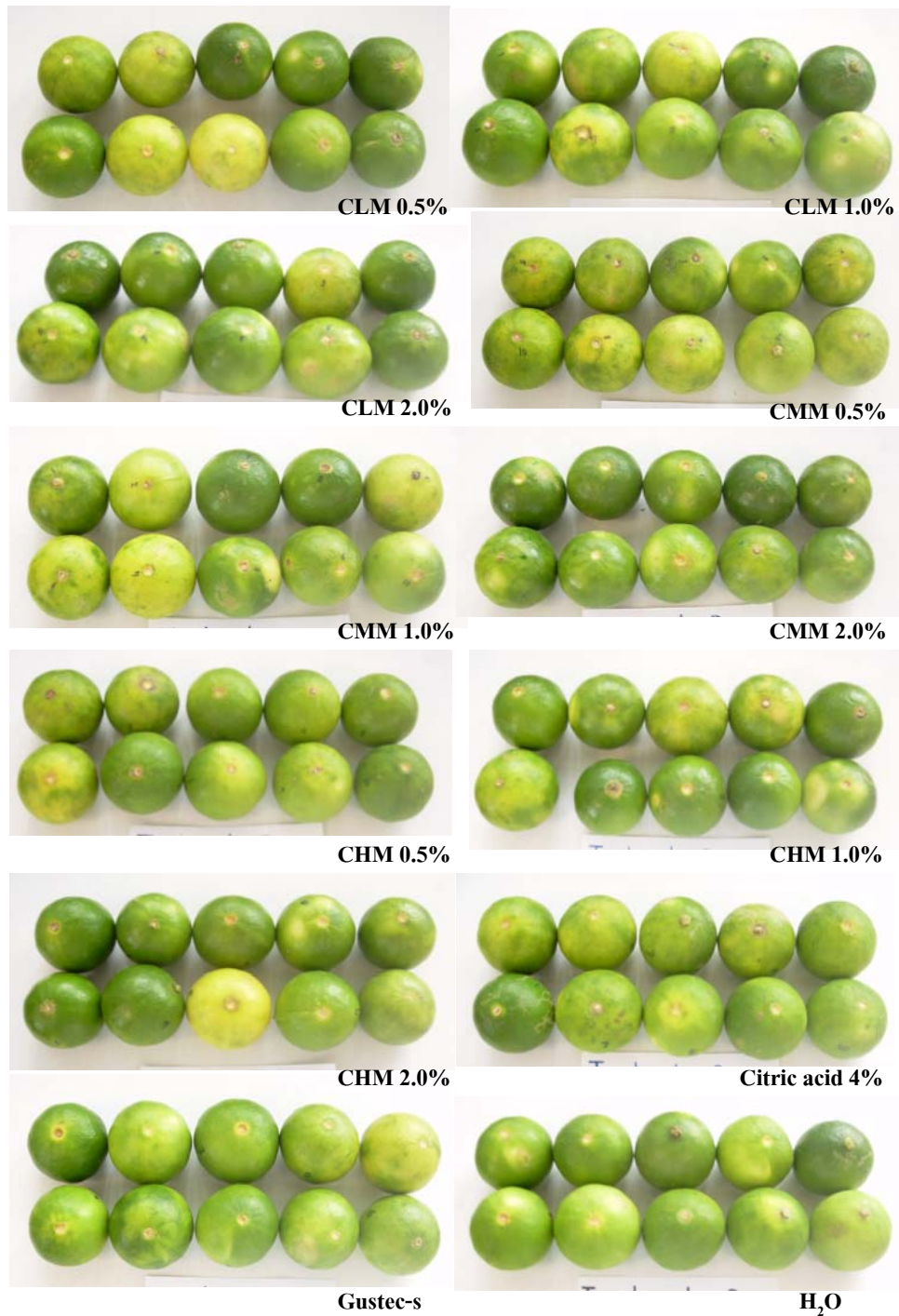
11= Gustec-s

12=น้ำกลั่น

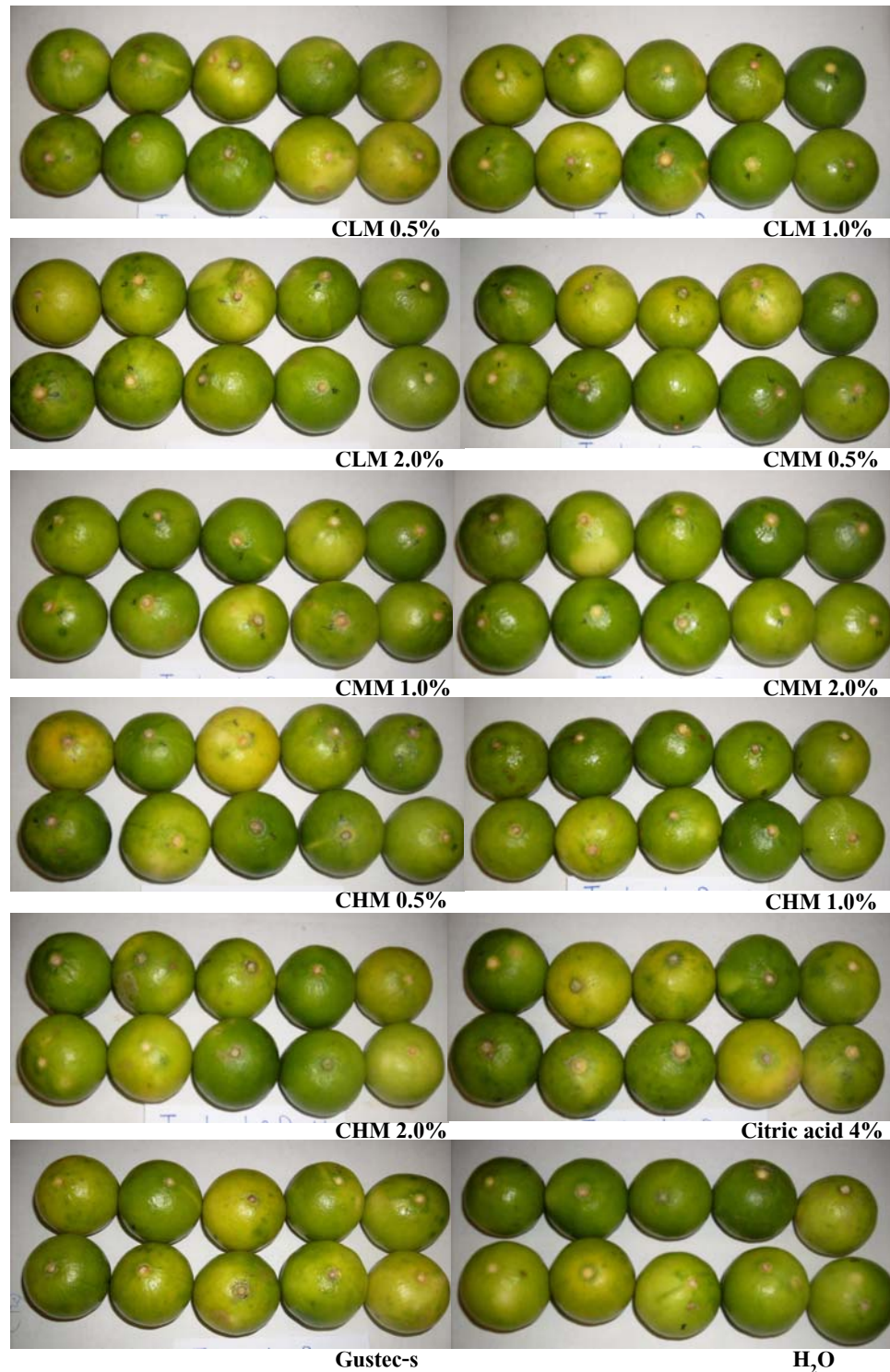


รูปที่ 42. ค่า pH ของน้ำมะนาวที่ผ่านการเคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว 12 สูตร แล้วเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 22 °ซ. เป็นเวลา 18 วัน (CLM=Chitosan Low Molecular Weight, CMM = Chitosan Medium Molecular Weight, CHM=Chitosan High Molecular Weight).

จากการทดลองเคลือบผิวมะนาวด้วยไคโตซานน้ำหนักโมเลกุลต่ำ, ไคโตซานน้ำหนักโมเลกุลปานกลาง และไคโตซานน้ำหนักโมเลกุลสูง ความเข้มข้น 0.5, 1.0 และ 2.0% แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 22 °ซ. พบว่า สารเคลือบผิวสูตรที่ดีที่สุดคือ ไคโตซานน้ำหนักโมเลกุลปานกลาง 2.0% เช่นเดียวกับการทดลองที่เก็บรักษามะนาวที่ 12 °ซ. โดยพบว่า มีการเปลี่ยนสีของมะนาวช้าที่สุดเมื่อเทียบกับทรีตเมนต์อื่นๆ โดยสามารถเก็บรักษาได้นาน 14 วัน และเริ่มเหลืองในวันที่ 18 ของการเก็บรักษา และพบว่า ค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำ, ปริมาณกรด และค่า pH ของน้ำมะนาวไม่แตกต่างจากค่าเริ่มต้นมากนักเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 14 วัน และมีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก 10.78%. การใช้สารเคลือบผิวผลไม้ทำให้สามารถชะลอการสุกของผลและลดการสูญเสียน้ำ. ดังนั้น วิธีนี้จึงเหมาะกับการใช้เก็บรักษาผลไม้หลังการเก็บเกี่ยว. สารเคลือบผิวนอกจากใช้กับผลไม้สามารถใช้กับผักได้ด้วย และสามารถเก็บรักษาผลผลิตได้นานขึ้นเมื่อใช้สารเคลือบผิวร่วมกับการควบคุมอุณหภูมิในการเก็บรักษา (Amarante *et al.* 2001).



รูปที่ 43. มะนาวที่ผ่านการเคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว 12 สูตร แล้วเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 22 °ซ. เป็นเวลา 7 วัน (CLM=Chitosan Low Molecular Weight, CMM=Chitosan Medium Molecular Weight, CHM=Chitosan High Molecular Weight).



รูปที่ 44. มะนาวที่ผ่านการเคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว 12 สูตร แล้วเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 22 °ซ. เป็นเวลา 14 วัน (CLM=Chitosan Low Molecular Weight, CMM=Chitosan Medium Molecular Weight, CHM=Chitosan High Molecular Weight).

4. สรุปผล

ผลการทดลองการพัฒนาสารเคลือบผิวที่เหมาะสมสำหรับการยืดอายุการเก็บรักษามะม่วง พบว่า สารเคลือบผิวที่ดีที่สุดสำหรับเก็บรักษามะม่วงคือ ไคโตซาน 1%, โดยมีการสูญเสียน้ำหนักต่ำที่สุด และมีอัตราการเกิดโรคต่ำที่สุด, สามารถเก็บรักษาได้นาน 8 วันที่อุณหภูมิ 25 °ซ. มีการสูญเสียน้ำหนัก 6.87%, ระดับการเกิดโรค 0 ถึง 25% ของพื้นที่เปลือกและมีระดับการสุกของผลอยู่ที่ผลหยุ่นเริ่มนิ่ม.

สารเคลือบผิวที่ดีที่สุดในการยืดอายุการเก็บรักษามังคุดคือ น้ำกลั่นที่มี gibberellic acid ความเข้มข้น 250 ppm, โดยสามารถเก็บรักษามังคุดได้นาน 4 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิ 13 °ซ. มีการเปลี่ยนสีของกลีบเลี้ยงและขั้วผลช้ากว่าในทรีตเมนต์อื่นๆ. มีการสูญเสียน้ำหนักต่ำที่สุดโดยมีการสูญเสียน้ำหนักเพียง 1.26% เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 4 สัปดาห์. มีค่าศักยภาพทางการตลาดอยู่ในเกณฑ์ดีและไม่มียีสที่ผิดปกติ. นอกจากนี้ ยังมีค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้, ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้และค่า pH แตกต่างจากค่าเริ่มต้นเพียงเล็กน้อย.

สารเคลือบผิวที่ดีที่สุดในการยืดอายุการเก็บรักษามะนาวที่อุณหภูมิ 12 °ซ. และ 22 °ซ. คือ ไคโตซานน้ำหนักโมเลกุลปานกลาง 2.0%, โดยสามารถชะลอการเปลี่ยนสีของผลมะนาวให้ผลเปลี่ยนเป็นสีเหลืองช้ากว่าในทรีตเมนต์อื่นๆ. เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 °ซ. สามารถเก็บได้นาน 28 วัน และเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 22 °ซ. สามารถเก็บได้นาน 14 วัน โดยที่ค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้, ปริมาณกรด และค่า pH ของน้ำมะนาวไม่แตกต่างจากค่าเริ่มต้นของการทดลองมากนัก และมีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักต่ำกว่ากลุ่มควบคุม.

5. ข้อเสนอแนะ

ควรมีการทดลองการใช้สารเคลือบผิวผลไม้ร่วมกับเทคนิคการยืดอายุการเก็บรักษาผลไม้หลังการเก็บเกี่ยวอื่นๆ เช่น การเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศควบคุม (controlled atmosphere), การเก็บรักษาพร้อมกับสารดูดซับเอทิลีน และการเก็บรักษาในถุงพลาสติกแบบต่างๆ เช่นถุงที่มีความหนาแน่นสูง (high density polyethylene, HDPE). นอกจากนี้ ควรมีการพัฒนาเทคนิคการเคลือบผิวผลไม้ เช่นเปลี่ยนจากจุ่มหรือทาเป็นฉีดพ่นเพื่อความสะดวกรวดเร็ว และสารเคลือบผิวแห้งเร็ว เพื่อลดระยะเวลาการบรรจุกล่องผลไม้เพื่อนำไปเก็บรักษาหรือส่งออกไป.

6. เอกสารอ้างอิง

- ศิริชัย, กัลป์ยานรัตน์. และคณะ. 2545. คำนึงการเก็บเกี่ยว ความชื้นสัมพัทธ์ อุณหภูมิและสภาพบรรยากาศควบคุมต่ออายุการเก็บรักษามังคุด. กรุงเทพฯ : สายวิชาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. 166 หน้า.
- จิตตารมย์, ปรีดา. 2536. การพัฒนาสารเคลือบผิวสำหรับส้มเขียวหวาน. กรุงเทพฯ : วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- จารุชาติและคณะ. 2552. เข้าถึงได้จาก http://www.irpus.org/project_file/2549_2007-08-02_I24903036_F11.pdf.
- เทศสวัสดิ์, ญูดามพ์ และ จันทร์หอม, ภัทรา. 2550. ผลของไคโตซานร่วมกับกรดซัลฟิวริกต่อการยืดอายุการเก็บรักษามะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้. วิศวกรรมหลังการเก็บเกี่ยวและแปรสภาพ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก, ชลบุรี.
- นิมิต เกียรติไกล, หทัยทิพย์; ชูชีพ, กมลวรรณ และ กัลป์ยานรัตน์, ศิริชัย. 2549. ผลของสารเคลือบผิวที่รับประทานได้ต่ออายุการเก็บรักษามะนาว. *วิทยาศาสตร์เกษตร* 37(5) : 140-143.
- น้อยวัน, ดวงใจ. และคณะ. 2549. ผลของสารเคลือบต่ออายุการเก็บรักษาของมะม่วงพันธุ์มหาชนก. *วิทยาศาสตร์เกษตร* 37(5) : หน้า 132-135.
- บุญเพิ่มราสี, อทิพัฒ. 2548. ไม้ผล: ผู้ส่งออกมังคุดกับการส่งออกมังคุดปีนี้. *เคหการเกษตร* 29(6) : หน้า 121-126.
- เมธะตานนท์, ภาวดี. 2544. ไคโตแซนจากแกนปลาหมึก 11-12 น. เรื่อง นำรู้ไคติน-ไคโตซาน. กรุงเทพฯ : ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีและสิ่งแวดลอม.
- รัตน์ไตรภพ, ฐิติยา. 2546. การพัฒนาสารเคลือบผิวเพื่อยืดอายุการเก็บรักษามังคุด. กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 165 หน้า.
- วานิชพงษ์พันธุ์, ปิยะบุตร. 2544. ไคติน-ไคโตซาน เรื่องนำรู้ไคติน-ไคโตซาน. กรุงเทพฯ : ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีและสิ่งแวดลอม, 10-11 น.
- ศิริพานิช, จริ่งแท้. 2538. สรีรวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้ นครปฐม. ภาควิชาพืชสวน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน.

- อรรคศิวั, ฟ่องเพ็ญ. และคณะ. 2549. การพัฒนาสารเคลือบเซลล์เพื่อยืดอายุการเก็บรักษามังคุด และมะนาวพันธุ์เป็น. *วิทยาศาสตร์เกษตร* **37(5)** : หน้า 42-45.
- Amarante, C., Banks, H. N. and Ganesh, S. 2001. Characterising ripening behaviour of coated pears in relation to fruit internal atmosphere. *Postharvest Biology and Technology* **23** : pp 51-59.
- Bai, J. Hagenmaier, D. R. Baldwin, A. E. 2003. Coating selection for ‘ Delicious’ and other apples. *Postharvest Biology and Technology* **28** : pp 381-390.
- Baldwin, A. E. *et al.* 1999. Effect of two edible coatings with different permeability characteristics on mango (*Mangifera indica* L.) ripening during storage. *Postharvest Biology and Technology* **17** : pp. 215-226.
- EI-Ghaouth, A. Arul.J., Pannamapalam, R. and Boulet, M. 1991. Chitosan coating effect on storability and Quality of fresh strawberries. *Journal of Food Science*, **56** : pp. 1618 -1620
- Fan, X. *et al.* 2000. Control of ethylene responses in avocado fruit with 1-methylcyclopropene. *Postharvest Biol. Tech.* **20** (2) : pp 143-150.
- Ghaout, A. El, Arut, J., Asselin, A. and Benhamou, N. 1992. Chitosan coating to extend the storage of tomatoes. *Hort Science*, **27** : pp 1016-1018.
- Hernandez-Munos, P. *et al.* R. 2006. Effect of calcium dips and chitosan coatings on postharvest life of strawberries (*Fragaria x ananassa*). *Postharvest Biology and Technology*, **39** : pp. 247-253
- Jing. Y. and Liy. 2001. Effect of chitosan coating of Postharvest life quality of longan fruit. *Food Chemistry*, **13** : pp. 139-143
- Kader, A. A. 1992. *Postharvest Technology of Horticultural Crops*. Second Edition. University of California, Division of Agricultural and Natural Resources. Publication 3311. Oakland. 29 p.
- Kantahan, C. 2003. Effect of chitosan coating on storability of tangerine orange. Food engineering Department, Faculty of Engineering, King Mongkut University of Technology Thonburi, Bangkok.
- Kongkaew, K. *et al.* 2005. Preharvest chitosan sprays for the control of postharvest diseases and quality of ‘Nam Dok Mai’ mango during storage. Science and Technology of Thailand, Suranaree University of Technology.

- Romani, R.J., Hess, B.M. and Leslie, C.A. 1989. Salicylic acid inhibition of ethylene production by apple discs and other plant tissue. *J. Plant Growth Regul.*, **8** : pp. 63-69.
- Srivastava, M.K.. and Dwivedi, U.N. 2000. Delayed ripening of banana fruit by salicylic acid. *Plant. Sci*, **158** : pp. 87-96.
- Watada, E. A., Ko, P. N. and Minott, A. D. 1996. Factor affecting quality of fresh-cut horticultural products. *Postharvest Biology and Technology*, **9** : pp. 115-125.
- Yu, Z., Kunsong, C. Shanglong, Z. and Ferguson, I. 2003. The role of salicylic acid in postharvest ripening of kiwifruit. *Postharvest Biology and Technology*, **28** : pp. 67-74.

ภาคผนวก ก.

ตารางผลการทดลองการพัฒนาสารเคลือบผิวเพื่อยืดอายุการเก็บรักษามะม่วง

ตารางที่ 15. เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของมะม่วงที่ผ่านการเคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว
10 สูตร เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 °ซ.

| สารเคลือบผิว | การสูญเสียน้ำหนัก (Mean) (%) | | | |
|-------------------------------|------------------------------|-------|-------|--------|
| | 4 วัน | 6 วัน | 8 วัน | 11 วัน |
| น้ำกลั่น | 4.14 | 6.78 | 9.22 | 12.99 |
| โคลโตซาน 1% | 2.73 | 5.06 | 6.87 | 9.24 |
| น้ำว่านหางจระเข้ 100% | 4.08 | 6.70 | 9.17 | 12.87 |
| โคลโตซาน+ ว่านหางจระเข้ 25% | 4.85 | 7.34 | 9.74 | 13.24 |
| โคลโตซาน+ ว่านหางจระเข้ 50% | 4.25 | 6.86 | 9.44 | 12.78 |
| โคลโตซาน+ ว่านหางจระเข้ 75% | 4.45 | 6.95 | 9.28 | 12.66 |
| โคลโตซาน+ ว่านหางจระเข้ 100%? | 4.30 | 6.86 | 9.21 | 12.62 |
| โคลโตซาน+ กรดซาลิไซลิก 0.01% | 4.60 | 7.07 | 9.55 | 12.65 |
| โคลโตซาน+ กรดซาลิไซลิก 0.05% | 4.43 | 7.17 | 9.68 | 13.19 |
| โคลโตซาน+ กรดซาลิไซลิก 0.1% | 4.22 | 7.10 | 9.87 | 13.23 |

ตารางที่ 16. ระดับคะแนนการเกิดโรคของมะม่วงที่ผ่านการเคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว
10 สูตร เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 °ซ.

| สารเคลือบผิว | ระดับคะแนนการเกิดโรค | | | | |
|------------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------|--------------------------|
| | 1 วัน | 4 วัน | 6 วัน | 8 วัน | 11 วัน |
| น้ำกลั่น | 1.00 ^a ±0.00 | 1.00 ^a ±0.00 | 1.06 ^a ±0.01 | 1.38 ^b ±0.04 | 2.00 ^b ±0.10 |
| โคลโตซาน 1% | 1.00 ^a ±0.00 | 1.00 ^a ±0.00 | 1.00 ^a ±0.00 | 1.00 ^a ±0.01 | 1.24 ^a ±0.10 |
| น้ำว่านหางจระเข้ 100% | 1.00 ^a ±0.00 | 1.00 ^a ±0.00 | 1.00 ^a ±0.01 | 1.13 ^{ab} ±0.04 | 2.43 ^b ±0.10 |
| โคลโตซาน+ ว่านหางจระเข้ 25% | 1.00 ^a ±0.00 | 1.00 ^a ±0.00 | 1.00 ^a ±0.01 | 1.13 ^{ab} ±0.04 | 2.14 ^b ±0.10 |
| โคลโตซาน+ ว่านหางจระเข้ 50% | 1.00 ^a ±0.00 | 1.00 ^a ±0.00 | 1.00 ^a ±0.01 | 1.00 ^a ±0.04 | 2.00 ^b ±0.10 |
| โคลโตซาน+ ว่านหางจระเข้ 75% | 1.00 ^a ±0.00 | 1.00 ^a ±0.00 | 1.00 ^a ±0.01 | 1.00 ^a ±0.04 | 2.00 ^b ±0.10 |
| โคลโตซาน+ ว่านหางจระเข้ 100% | 1.00 ^a ±0.00 | 1.00 ^a ±0.00 | 1.00 ^a ±0.01 | 1.00 ^a ±0.04 | 2.00 ^b ±0.10 |
| โคลโตซาน+ กรดซาลิไซลิก 0.01% | 1.00 ^a ±0.00 | 1.00 ^a ±0.00 | 1.00 ^a ±0.03 | 1.06 ^{ab} ±0.06 | 2.36 ^b ±0.06 |
| โคลโตซาน+ กรดซาลิไซลิก 0.05% | 1.00 ^a ±0.00 | 1.00 ^a ±0.00 | 1.13 ^a ±0.03 | 1.19 ^{ab} ±0.06 | 1.87 ^{ab} ±0.06 |
| โคลโตซาน+ กรดซาลิไซลิก 0.1% | 1.00 ^a ±0.00 | 1.00 ^a ±0.00 | 1.00 ^a ±0.03 | 1.00 ^a ±0.06 | 1.56 ^a ±0.06 |

1/ ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวดิ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% แสดงค่าเฉลี่ยจากผลมะม่วง 16 ผล \pm SE, ระดับคะแนน 1= เกิดโรค 0-25% ของพื้นที่เปลือก, 2= เกิดโรค 26-50% ของพื้นที่เปลือก, 3= เกิดโรค 51-75 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่เปลือก, 4= เกิดโรค 76-100% ของพื้นที่เปลือก

ตารางที่ 17. ระดับคะแนนการสุกของมะม่วงที่ผ่านการเคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว 10 สูตร เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 °ซ.

| การทดลอง | ระดับคะแนนการเกิดโรค | | | | |
|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|-------------------------------|------------------------------|
| | 1 วัน | 4 วัน | 6 วัน | 8 วัน | 11 วัน |
| น้ำกลั่น | 1.00 ^a \pm 0.00 | 1.13 ^a \pm 0.02 | 2.13 ^b \pm 0.02 | 3.13 ^b \pm 0.03 | 4.00 ^a \pm 0.01 |
| โคลโตซาน 1% | 1.00 ^a \pm 0.00 | 1.00 ^a \pm 0.00 | 2.00 ^a \pm 0.02 | 2.94 ^{ab} \pm 0.03 | 4.00 ^a \pm 0.01 |
| น้ำว่านหางจระเข้ 100% | 1.00 ^a \pm 0.00 | 1.13 ^b \pm 0.02 | 2.10 ^a \pm 0.02 | 3.13 ^b \pm 0.03 | 4.00 ^b \pm 0.01 |
| โคลโตซาน+ ว่านหางจระเข้ 25% | 1.00 ^a \pm 0.00 | 1.00 ^a \pm 0.02 | 2.06 ^a \pm 0.02 | 2.94 ^{ab} \pm 0.03 | 4.00 ^a \pm 0.01 |
| โคลโตซาน+ ว่านหางจระเข้ 50% | 1.00 ^a \pm 0.00 | 1.00 ^a \pm 0.02 | 2.00 ^a \pm 0.02 | 3.00 ^{ab} \pm 0.03 | 4.00 ^a \pm 0.01 |
| โคลโตซาน+ ว่านหางจระเข้ 75% | 1.00 ^a \pm 0.00 | 1.00 ^a \pm 0.02 | 2.00 ^a \pm 0.02 | 3.06 ^{ab} \pm 0.03 | 3.93 ^a \pm 0.01 |
| โคลโตซาน+ ว่านหางจระเข้ 100% | 1.00 ^a \pm 0.00 | 1.13 ^b \pm 0.02 | 2.13 ^a \pm 0.02 | 3.13 ^b \pm 0.03 | 4.00 ^b \pm 0.01 |
| โคลโตซาน+ กรดซาลิไซลิก 0.01% | 1.00 ^a \pm 0.00 | 1.06 ^a \pm 0.04 | 2.13 ^a \pm 0.04 | 3.06 ^a \pm 0.03 | 3.73 ^a \pm 0.00 |
| โคลโตซาน+ กรดซาลิไซลิก 0.05% | 1.00 ^a \pm 0.00 | 1.13 ^a \pm 0.04 | 2.00 ^a \pm 0.04 | 3.00 ^a \pm 0.03 | 4.00 ^a \pm 0.00 |
| โคลโตซาน+ กรดซาลิไซลิก 0.1% | 1.00 ^a \pm 0.00 | 1.00 ^a \pm 0.04 | 2.13 ^a \pm 0.04 | 3.00 ^a \pm 0.03 | 4.00 ^a \pm 0.00 |

1/ ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวดิ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% แสดงค่าเฉลี่ยจากผลมะม่วง 16 ผล + SE, ระดับคะแนน 1= แข็ง, ระดับคะแนน 2= หยุ่น-เริ่มนุ่ม, 3= นุ่ม-สุก, 4= สุกเลย

ภาคผนวก ข.

ตารางผลการทดลองการพัฒนาสารเคลือบผิวเพื่อยืดอายุการเก็บรักษามังคุด

ตารางที่ 18. การเปลี่ยนแปลงของสีเปลือกมังคุดที่ผ่านการเคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว 8 สูตร ตาม Mangosteen color chart ระดับสีที่ 1 ถึง 6 เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 5 สัปดาห์.

| สารเคลือบผิว | การเปลี่ยนแปลงของสีเปลือก (คะแนน) | | |
|---------------------|-----------------------------------|--------------|------------|
| | 2 สัปดาห์ | 4 สัปดาห์ | 5 สัปดาห์ |
| H ₂ O | 4.40±0.24ab | 5.50±0.15a-d | 5.60±0.16a |
| H ₂ O+GA | 5.10±0.10b | 5.70±0.12bcd | 5.90±0.10a |
| Chitosan | 4.60±0.24ab | 5.40±0.10abc | 5.70±0.12a |
| Chitosan+GA | 4.40±0.40ab | 5.20±0.20ab | 5.70±0.20a |
| Gustec-s | 5.00±0.00b | 5.40±0.10cd | 6.00±0.00a |
| Gustec-s+GA | 4.60±0.24ab | 6.00±0.00d | 6.00±0.00a |
| Natural Fresh | 3.70±0.51a | 5.00±0.27a | 5.60±0.29a |
| Natural Fresh+GA | 4.60±0.43ab | 5.60±0.18bcd | 5.80±0.12a |

*ตัวเลขค่าเฉลี่ย (n=5) ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันในคอลัมน์เดียวกันไม่แตกต่างกันทางสถิติตามการวิเคราะห์แบบ Duncan's multiple range test (P≤0.05)

ตารางที่ 19. ระดับคะแนนการเกิดสีน้ำตาลที่ขั้วผลและกลีบเลี้ยงของมังคุดที่ผ่านการเคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว 8 สูตร และเก็บรักษาไว้เป็นเวลา 5 สัปดาห์ (5 = Absense of these symtoms, 4 = Slight occurrence, 3 = Moderate, 2 = Severe, 1 = Extreamly sevier browning and dehydration).

| สารเคลือบผิว | การเกิดสีน้ำตาลที่ขั้วผลและกลีบเลี้ยง (คะแนน) | | |
|---------------------|-----------------------------------------------|-------------|------------|
| | 2 สัปดาห์ | 4 สัปดาห์ | 5 สัปดาห์ |
| H ₂ O | 4.20±0.20ab | 2.40±0.24ab | 1.00±0.00a |
| H ₂ O+GA | 4.80±0.20b | 2.80±0.37b | 1.00±0.00a |
| Chitosan | 4.60±0.24b | 2.00±0.00a | 1.00±0.00a |
| Chitosan+GA | 3.60±0.24a | 2.00±0.00a | 1.00±0.00a |
| Gustec-s | 4.00±0.44ab | 2.00±0.00a | 1.00±0.00a |
| Gustec-s+GA | 4.00±0.00ab | 2.00±0.00a | 1.00±0.00a |
| Natural Fresh | 4.40±0.24ab | 2.00±0.00a | 1.00±0.00a |
| Natural Fresh+GA | 4.40±0.24ab | 2.00±0.00a | 1.00±0.00a |

*ตัวเลขค่าเฉลี่ย (n=5) ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันในคอลัมน์เดียวกันไม่แตกต่างกันทางสถิติตามการวิเคราะห์แบบ Duncan's multiple range test ($P \leq 0.05$)

ตารางที่ 20. ระดับคะแนนของสีเนื้อมังคุดที่ผ่านการเก็บรักษาเป็นเวลา 5 สัปดาห์ (3 = White, 2 = White + Yellow, 1 = Yellow).

| สารเคลือบผิว | ลักษณะสีของเนื้อ (คะแนน) | | |
|---------------------|--------------------------|------------|------------|
| | 2 สัปดาห์ | 4 สัปดาห์ | 5 สัปดาห์ |
| H ₂ O | 2.80±2.20b | 2.60±0.24a | 2.20±0.37a |
| H ₂ O+GA | 1.60±0.24a | 2.80±0.20a | 2.40±0.24a |
| Chitosan | 1.80±0.48ab | 2.60±0.24a | 2.40±0.40a |
| Chitosan+GA | 2.20±0.37ab | 2.80±0.20a | 2.40±0.40a |
| Gustec-s | 2.40±0.24ab | 2.80±0.20a | 2.60±0.24a |
| Gustec-s+GA | 2.80±0.20b | 2.80±0.20a | 2.20±0.37a |
| Natural Fresh | 2.20±0.37ab | 2.80±0.20a | 2.60±0.24a |
| Natural Fresh+GA | 2.00±0.31ab | 2.60±0.24a | 2.00±0.44a |

*ตัวเลขค่าเฉลี่ย (n=5) ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันในคอลัมน์เดียวกันไม่แตกต่างกันทางสถิติตามการวิเคราะห์แบบ Duncan's multiple range test ($P \leq 0.05$)

ตารางที่ 21. ระดับคะแนนศักยภาพทางการตลาดของมังคุดที่ผ่านการเคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว 8 สูตร และเก็บรักษาไว้เป็นเวลา 5 สัปดาห์ (5 = Field Fresh, 4 = Good, 3 = Moderate, 2 = Poor, 1 = Very Poor).

| สารเคลือบผิว | ศักยภาพทางการตลาด (คะแนน) | | |
|---------------------|---------------------------|-------------|------------|
| | 2 สัปดาห์ | 4 สัปดาห์ | 5 สัปดาห์ |
| H ₂ O | 4.00±0.00a | 3.00±0.00ab | 2.00±0.00a |
| H ₂ O+GA | 4.00±0.00a | 3.60±0.54b | 2.00±0.00a |
| Chitosan | 4.00±0.00a | 3.60±0.54b | 2.00±0.00a |
| Chitosan+GA | 4.00±0.00a | 3.40±0.54b | 2.00±0.00a |
| Gustec-s | 3.80±0.44a | 2.80±0.83ab | 2.00±0.00a |
| Gustec-s+GA | 4.00±0.00a | 2.40±0.54a | 2.00±0.00a |
| Natural Fresh | 4.00±0.00a | 3.40±0.89b | 2.00±0.00a |
| Natural Fresh+GA | 4.00±0.00a | 3.00±0.00ab | 2.00±0.00a |

*ตัวเลขค่าเฉลี่ย (n=5) ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันในคอลัมน์เดียวกันไม่แตกต่างกันทางสถิติตามการวิเคราะห์แบบ Duncan's multiple range test (P≤0.05)

ตารางที่ 22. ระดับคะแนนกลิ่นรสที่ผิดปกติ (3 = Normal, 2 = Moderate, 1 = Poor) ของมังคุดที่ผ่านการเคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว 8 สูตร และเก็บรักษาไว้วัน 2, 4 และ 5 สัปดาห์.

| สารเคลือบผิว | กลิ่นรสที่ผิดปกติ (คะแนน) | | |
|---------------------|---------------------------|-----------|------------|
| | 2 สัปดาห์ | 4 สัปดาห์ | 5 สัปดาห์ |
| H ₂ O | 3.00±0.00a | 2.80±0.20 | 2.20±0.37a |
| H ₂ O+GA | 3.00±0.00a | 2.60±0.24 | 1.80±0.37a |
| Chitosan | 3.00±0.00a | 2.40±0.24 | 1.80±0.37a |
| Chitosan+GA | 3.00±0.00a | 2.20±0.37 | 1.80±0.37a |
| Gustec-s | 3.00±0.00a | 1.80±0.37 | 1.60±0.40a |
| Gustec-s+GA | 3.00±0.00a | 2.00±0.31 | 1.40±0.24a |
| Natural Fresh | 3.00±0.00a | 2.00±0.31 | 1.80±0.37a |
| Natural Fresh+GA | 3.00±0.00a | 2.00±0.31 | 1.80±0.37a |

*ตัวเลขค่าเฉลี่ย (n=5) ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันในคอลัมน์เดียวกันไม่แตกต่างกันทางสถิติตามการวิเคราะห์แบบ Duncan's multiple range test (P<0.05).

ตารางที่ 23. เปอร์เซนต์การสูญเสียน้ำหนักของมังคุดที่ผ่านการเคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว 8 สูตร และเก็บรักษาเป็นเวลา 2, 4 และ 5 สัปดาห์.

| สารเคลือบผิว | การสูญเสียน้ำหนัก (%) | | |
|---------------------|-----------------------|-------------|------------|
| | 2 สัปดาห์ | 4 สัปดาห์ | 5 สัปดาห์ |
| H ₂ O | 1.05±0.25ab | 3.42±1.03b | 4.59±0.85b |
| H ₂ O+GA | 0.63±0.22a | 1.26±0.26a | 1.99±0.24a |
| Chitosan | 0.62±0.14a | 1.60±0.24a | 2.61±0.20a |
| Chitosan+GA | 1.33±0.18b | 2.53±0.21ab | 3.12±0.23a |
| Gustec-s | 0.99±0.20ab | 1.70±0.24a | 2.62±0.55a |
| Gustec-s+GA | 0.49±0.08a | 1.18±0.19a | 2.09±0.29a |
| Natural Fresh | 0.97±0.20ab | 1.63±0.30a | 2.17±0.38a |
| Natural Fresh+GA | 0.87±0.17ab | 1.97±0.40a | 3.21±0.40a |

*ตัวเลขค่าเฉลี่ย (n=5) ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันในคอลัมน์เดียวกันไม่แตกต่างกันทางสถิติตามการวิเคราะห์แบบ Duncan's multiple range test (P<0.05).

ตารางที่ 24. เปอร์เซนต์แสดงปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของมังกูดที่ผ่านการเคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว 8 สูตร และเก็บรักษาเป็นเวลานาน 2, 4 และ 5 สัปดาห์.

| สารเคลือบผิว | ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (%) | | | |
|---------------------|---------------------------------|--------------|-------------|-------------|
| | เริ่มต้น | 2 สัปดาห์ | 4 สัปดาห์ | 5 สัปดาห์ |
| H ₂ O | 17.36±0.29a | 16.20±0.47ab | 15.70±0.60a | 14.76±0.53a |
| H ₂ O+GA | 17.36±0.29a | 15.93±0.13ab | 15.83±0.23a | 14.90±0.70a |
| Chitosan | 17.36±0.29a | 16.06±0.35ab | 15.83±0.40a | 14.46±0.58a |
| Chitosan+GA | 17.36±0.29a | 15.73±0.26a | 14.23±0.49a | 14.20±0.10a |
| Gustec-s | 17.36±0.29a | 15.73±0.34a | 15.86±0.76a | 15.36±0.31a |
| Gustec-s+GA | 17.36±0.29a | 16.06±0.46ab | 15.30±0.43a | 14.73±0.32a |
| Natural Fresh | 17.36±0.29a | 17.03±0.36b | 14.80±0.80a | 14.30±0.43a |
| Natural Fresh+GA | 17.36±0.29a | 15.30±0.25a | 15.36±0.40a | 14.86±0.24a |

*ตัวเลขค่าเฉลี่ย (n=3) ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันในคอลัมน์เดียวกันไม่แตกต่างกันทางสถิติตามการวิเคราะห์แบบ Duncan's multiple range test (P≤0.05).

ตารางที่ 25. ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ของมังกูดที่ผ่านการเคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว 8 สูตร และเก็บรักษาเป็นเวลา 2, 4 และ 5 สัปดาห์.

| สารเคลือบผิว | ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (%) | | | |
|---------------------|---------------------------|------------|------------|-------------|
| | เริ่มต้น | 2 สัปดาห์ | 4 สัปดาห์ | 5 สัปดาห์ |
| H ₂ O | 0.61±0.26a | 0.57±0.00a | 0.55±0.02a | 0.52±0.02ab |
| H ₂ O+GA | 0.61±0.26a | 0.61±0.01a | 0.56±0.01a | 0.51±0.00ab |
| Chitosan | 0.61±0.26a | 0.59±0.00a | 0.58±0.02a | 0.54±0.03b |
| Chitosan+GA | 0.61±0.26a | 0.57±0.02a | 0.57±0.02a | 0.47±0.01a |
| Gustec-s | 0.61±0.26a | 0.53±0.01a | 0.56±0.03a | 0.55±0.02b |
| Gustec-s+GA | 0.61±0.26a | 0.54±0.03a | 0.52±0.01a | 0.50±0.00ab |
| Natural Fresh | 0.61±0.26a | 0.60±0.05a | 0.57±0.03a | 0.51±0.00ab |
| Natural Fresh+GA | 0.61±0.26a | 0.64±0.05a | 0.53±0.00a | 0.50±0.00ab |

*ตัวเลขค่าเฉลี่ย (n=3) ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันในคอลัมน์เดียวกันไม่แตกต่างกันทางสถิติตามการวิเคราะห์แบบ Duncan's multiple range test ($P \leq 0.05$).

ตารางที่ 26. ค่า pH ของมังคุดที่ผ่านการเคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว 8 สูตร และเก็บรักษาเป็นเวลา 2, 4 และ 5 สัปดาห์.

| สารเคลือบผิว | ค่า pH | | | |
|---------------------|------------|--------------|-------------|-------------|
| | เริ่มต้น | 2 สัปดาห์ | 4 สัปดาห์ | 5 สัปดาห์ |
| H ₂ O | 3.28±0.07a | 3.23±0.00bc | 3.22±0.02ab | 3.29±0.02bc |
| H ₂ O+GA | 3.28±0.07a | 3.17±0.06abc | 3.26±0.03ab | 3.31±0.01c |
| Chitosan | 3.28±0.07a | 3.26±0.01c | 3.21±0.02ab | 3.22±0.00a |
| Chitosan+GA | 3.28±0.07a | 3.20±0.03abc | 3.16±0.05a | 3.23±0.02ab |
| Gustec-s | 3.28±0.07a | 3.22±0.02bc | 3.27±0.04ab | 3.30±0.02c |
| Gustec-s+GA | 3.28±0.07a | 3.25±0.04c | 3.33±0.05b | 3.35±0.01c |
| Natural Fresh | 3.28±0.07a | 3.11±0.03ab | 3.23±0.03ab | 3.31±0.00c |
| Natural Fresh+GA | 3.28±0.07a | 3.09±0.04a | 3.22±0.01ab | 3.33±0.03c |

*ตัวเลขค่าเฉลี่ย (n=3) ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันในคอลัมน์เดียวกันไม่แตกต่างกันทางสถิติตามการวิเคราะห์แบบ Duncan's multiple range test ($P \leq 0.05$).