

ผลของ $KMnO_4$ สารเคมี และปริมาณเชื้อราบนผลมะนาวต่อการเปลี่ยนสีและการเกิดโรค
ของมะนาวพันธุ์แป้นระหว่างการเก็บรักษา

Effect of $KMnO_4$, Chemicals and Fruit Fungi on Color Change and Disease Control of Lime cv. Pan during Storage

เจริญ ขุนพรหม¹ อุดม ฟารุงสง² นวลวรรณ ฟารุงสง¹ ชีรนุต ร่มโพธิ์ภักดิ์¹,
พีรพงษ์ แสงวานังกูล¹ สมนึก ทองบ่อ¹ และ จริงแท้ สิริพานิช³
Charoen Khunprom¹, Udom Farungsang², Nuanwan Farungsang¹, Teeranut Romphophak¹,
Peerapong Sangwanangkool¹, Somneuk Thong-Bo¹ and Jingtair Siriphanich³

Abstract

A study on the use of chalk soaked with $KMnO_4$ solution at 0, 300 and 600 g per 10 kg of limes treated with gibberellic acid solution at 1 and 100 ppm was conducted with limes cv. Pan. The lime were kept at 10 ± 1 °C, 76-85%RH for 2 months. It was found that $KMnO_4$ could not delay degreening, while gibberellic acid 100 ppm delayed degreening. Chlorine solution at 200 ppm and benomyl 1000 ppm were used to wash the lime at 12, 24 and 36 hours after harvest. It was found that benomyl was the best to control lime diseases, having 66% of good limes. The time to use these chemicals gave no difference disease control. Limes from 5 orchards in Ban Paew district, Samut Sakhon province stored in the cool room for 2 and 3 months were compared. The result revealed that the longer the fruit was stored, the more disease incidence was found. The amount and species of microorganism on lime at harvest were not correlated with pathogen and disease incidence during storage.

บทคัดย่อ

การทดลองเก็บรักษามะนาวพันธุ์แป้นที่ผ่านการจุ่มสารละลายจิบเบอเรลลิกแอซิด (GA_3) ความเข้มข้น 0 และ 100 มก./ล. แล้วบรรจุในตะกร้าพลาสติกพร้อมกับการใช้ซอล์กคูดซบสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$) ที่อัตรา 0 300 และ 600 กรัม ต่อมะนาว 10 กิโลกรัม ในห้องเย็นอุณหภูมิ 10 ± 1 °C. ความชื้นสัมพัทธ์ 76-85 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 2 เดือน พบว่าการใช้โพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตไม่สามารถชะลอการเปลี่ยนสีผิวของมะนาว ขณะที่จิบเบอเรลลิกแอซิดสามารถชะลอการเปลี่ยนสีผิวของมะนาวจากสีเขียวเป็นสีเหลืองได้ การทดลองใช้สารละลายคลอรีน 200 มก./ล. และสารละลายเบนโนมิล 1,000 มก./ล. ล้างมะนาวหลังจากเก็บเกี่ยวมาแล้วเป็นเวลานาน 12 24 และ 36 ชั่วโมง ก่อนนำไปเก็บรักษาเป็นเวลานาน 3 เดือน พบว่าสารละลายเบนโนมิล 1,000 มก./ล. สามารถควบคุมการเกิดโรคได้ดีที่สุดมีจำนวนผลปกติ 66 เปอร์เซ็นต์ ทั้งนี้ระยะเวลาของการใช้สารเคมีมีผลต่อการควบคุมโรคไม่แตกต่างกัน ส่วนการเก็บรักษามะนาวจากสวนต่างๆ ใน อ. บ้านแพ้ว จ. สมุทรสาคร จำนวน 5 สวน ในห้องเย็นเป็นเวลา 2 และ 3 เดือน พบว่าเมื่อเก็บรักษานานขึ้นเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคเพิ่มขึ้น โดยชนิดและปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ที่พบบนผลมะนาวขณะเก็บเกี่ยวไม่สัมพันธ์กับเชื้อจุลินทรีย์ที่พบเป็นสาเหตุโรคและปริมาณการเกิดโรคในระหว่างการเก็บรักษา

คำนำ

ปัจจุบันการผลิตมะนาวสามารถทำได้ง่ายทำให้มีผลผลิตออกสู่ตลาดในฤดูกลางมากและราคาตกต่ำ การแก้ปัญหาดังกล่าวอาจทำได้โดยการผลิตนอกฤดูกลางหรือการยืดอายุการเก็บรักษาให้นานขึ้น หากสามารถเก็บรักษามะนาวไว้จำหน่ายในช่วงเวลาที่ขาดแคลนเกษตรกรจะสามารถขายได้ในราคาที่สูงขึ้นส่วนผู้บริโภคสามารถซื้อได้ราคาที่ถูกลง การเก็บรักษามะนาวเพื่อยืดอายุให้ได้นานมีการเปลี่ยนแปลงสีและเกิดการเน่าเสีย Passam และ Bluden (1982) พบว่าการจุ่มผลมะนาวในสารละลาย N-Benzyladenine (BA) และจิบเบอเรลลิกแอซิด แล้วเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 28-30 °C. สามารถชะลอการเปลี่ยนสีผิวของมะนาวได้ โดยสารละลายจิบเบอเรลลิกแอซิดความเข้มข้น 50 และ 100 มก./ล. สามารถชะลอการเปลี่ยนสีผิวได้นาน 2 สัปดาห์ การจุ่มมะนาวพันธุ์แป้นในสารละลายจิบเบอเรลลิกความเข้มข้น 200 มก./ล. ขึ้นไป ร่วมกับสารป้องกันเชื้อราเบนโนมิล 1,000 มก./ล. และสารจับใบบรรจุลงในถุงพลาสติกเจาะรูเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 ± 1 °C. ความชื้นสัมพัทธ์ 76-85 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 12 สัปดาห์สามารถชะลอการเปลี่ยนสีผิวจากสีเขียวเป็นสีเหลืองจากสัปดาห์ที่ 6 เป็นสัปดาห์ที่ 10 ได้ (นริศรา, 2534) นอกจากนี้มีการทดลองที่เกี่ยวกับการใช้สารเคลือบผิวเพื่อยืดอายุการเก็บรักษามะนาว การใช้สารเคลือบผิว Citrus Shine หรือ Renrei's ร่วมกับจิบเบ

¹ สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมก. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม 73140

² ภาควิชาโรคพืช คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม 73140

³ ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม 73140

เรลลิกในการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 °ซ. ความชื้นสัมพัทธ์ 85 เปอร์เซ็นต์ สามารถชะลอการเปลี่ยนสีผิวได้ประมาณ 2 สัปดาห์ และเก็บรักษาได้ 3 เดือน (ประสานมิตร, 2531) การเคลือบผิวด้วย Stafresh 360 เข้มข้น 50 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับจิบเบอเรลลิกความเข้มข้น 200 และ 400 มก./ล. ที่อุณหภูมิ 10 °ซ. ความชื้นสัมพัทธ์ 85 เปอร์เซ็นต์ สามารถยืดอายุการเก็บรักษามะนาว การเคลือบผิวด้วย Stafresh 360 เข้มข้น 50 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับจิบเบอเรลลิกความเข้มข้น 200 และ 400 มก./ล. ที่อุณหภูมิ 10 °ซ. ความชื้นสัมพัทธ์ 85 เปอร์เซ็นต์ สามารถยืดอายุการเก็บรักษามะนาวได้นาน 28 วัน ซึ่งนานกว่าสภาพธรรมชาติ 14 วัน และจิบเบอเรลลิก 400 มก./ล. สามารถชะลอการสูญเสียคลอโรฟิลล์และลดความรุนแรงของอาการสะท้านหนาว (chilling injury) ได้ (คมสรค์ และคณะ, 2540)

สำหรับการเกิดโรคระหว่างการเก็บรักษานั้นมักมีสาเหตุมาจากเชื้อราและแบคทีเรีย การใช้สารเคมีเพื่อควบคุมโรคหลังการเก็บเกี่ยวโดยการพ่นสารป้องกันกำจัดเชื้อรา 3 ชนิด ได้แก่ เบนโนมิล อัตรา 1:3,000 thiophanate methyl อัตรา 1:1,500 และ maneb ผสมกับ thiophanate methyl อัตรา 1:800 หลังการเก็บเกี่ยว พบว่าสามารถลดเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคได้มากกว่าการไม่พ่นสารจาก 37.5 เปอร์เซ็นต์ เหลือ 6.3 เปอร์เซ็นต์ หลังจากเก็บรักษาได้ 4 เดือน (คารา, 2520) การปฏิบัติในทางการค้าโดยการเก็บรักษามะนาวไว้ที่อุณหภูมิ 10 °ซ. ในถุงพลาสติกเจาะรูหรือไม่เจาะรูนั้นยังคงทำให้มะนาวเปลี่ยนเป็นสีเหลืองและมีการเน่าเสียมากถึง 20 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเก็บรักษานานกว่า 2 เดือน (นิรนาม, 2530) ทำให้ขายไม่ได้ราคา สำหรับการควบคุมบรรยากาศนั้นสามารถยืดอายุการเก็บรักษาได้นานขึ้น แต่มีค่าใช้จ่ายสูงและมะนาวยังคงเป็นโรคมก (ปราณี, 2518) ทำให้ไม่คุ้มค่ากับการลงทุนเช่นกัน นอกจากนี้ยังขาดข้อมูลด้านอายุการเก็บเกี่ยวผลของเอทิลีนและการแพร่กระจายของเชื้อโรค

ดังนั้นในการทดลองนี้ จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของสารโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ในการรักษาสีเขียวของมะนาว 2 อายุเก็บเกี่ยว คือระยะที่โตเต็มที่ที่มีสีเขียวเข้มแต่ผิวขรุขระหรือผิวเรียบแล้ว และทดสอบประสิทธิภาพของสารเคมีในการควบคุมโรค รวมทั้งความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณเชื้อราบนผลมะนาวเมื่อเก็บเกี่ยวกับการเน่าเสียระหว่างการเก็บรักษา

อุปกรณ์และวิธีการ

ผลมะนาวที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้ได้จากสวนเกษตรกรใน อ. บ้านแพ้ว จ. สมุทรสาคร เก็บเกี่ยวและบรรจุในตะกร้าพลาสติกโปร่งขนาด 20 กิโลกรัม ขนส่งโดยรถบรรทุกมายังงานวิจัยพืชผลหลังการเก็บเกี่ยว ฝ่ายปฏิบัติการวิจัยและเรือนปลูกพืชทดลอง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จ. นครปฐม ภายในเวลา 6 ชม. ระหว่างวันที่ 15 กันยายน พ. ศ. 2542 ถึงวันที่ 15 ธันวาคม พ. ศ. 2542 จากนั้นนำมาทำการทดลอง ดังนี้

การทดลองที่ 1 การชะลอการเปลี่ยนแปลงสีผิว และคุณภาพภายในของมะนาวพันธุ์แป้น

คัดเลือกผลมะนาวพันธุ์แป้นที่มีสีเขียวสดและปราศจากโรคแยกเป็นผลมะนาวที่มีผิวขรุขระและผิวเรียบ นำมาล้างด้วยสารละลายคลอรีน 200 มก./ล. (เตรียมโดยใช้แคลเซียมไฮโปคลอไรด์ 18.9 กรัม ผสมกับโซเดียมไบคาร์บอเนต 22.2 กรัม และน้ำ 30 ลิตร) แล้วแช่ในสารกำจัดเชื้อราเบนโนมิลความเข้มข้น 1,000 มก./ล. นาน 3 นาที วางแผนการทดลองแบบ CRD จัดตั้งทดลองแบบ factorial มี 3 ปัจจัย คือ 1) อายุเก็บเกี่ยวมี 2 อายุ คือผลสีเขียวเข้มผิวขรุขระ และผลสีเขียวเข้มผิวเรียบ 2) ความเข้มข้นของจิบเบอเรลลิก มี 2 ระดับ คือ 0 และ 100 มก./ล. และ 3) สารดูดซับเอทิลีนมี 3 ระดับ คือ 0, 300 และ 600 กรัมต่อตะกร้า โดยใช้แท่งซอล์กยาว 1 ซม. จุ่มในโปแตสเซียมเปอร์แมงกาเนตซึ่งละลายในน้ำอุ่น 27 กรัม ต่อน้ำ 400 มล. ฝั่งให้แห้ง บรรจุใส่ถุงพลาสติกขนาด 3x4 ซม. และมีรูขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.25 ซม. จำนวน 12 รู ทั้ง 2 ด้าน จำนวนถุงละ 20 กรัม รวมทั้งหมด 12 ทริทเมนต์รวม แต่ละทริทเมนต์มี 3 ซ้ำ (1 ซ้ำ เท่ากับมะนาว 1 ตะกร้า) ทุกทริทเมนต์เก็บรักษาไว้ในห้องเย็นอุณหภูมิ 10±1 °ซ. ความชื้นสัมพัทธ์ 76-85 เปอร์เซ็นต์ เก็บไว้เป็นเวลา 2 เดือน จึงนำออกมาวิเคราะห์คุณภาพดังนี้ : การเปลี่ยนแปลงของสีผิว โดยใช้เกณฑ์การให้คะแนนดังนี้ ผิวสีเขียวเท่ากับ 10 คะแนน ผิวสีเขียวปนเหลืองหรือเหลืองปนเขียวเท่ากับ 5 คะแนน และผิวสีเหลืองเท่ากับ 1 คะแนน การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำคั้น จากการสุ่มมะนาวมา 5 ผล ชั่งน้ำหนักแล้วนำไปคั้นน้ำคั้นเป็นเปอร์เซ็นต์ การเปลี่ยนแปลงปริมาณ soluble solids (SS) ของน้ำคั้นด้วย hand refractometer หน่วยวัดเป็น °Brix การเปลี่ยนแปลงของปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (TA) โดยไทเทรตน้ำคั้นกับสารละลาย 0.2 N NaOH ใช้ฟีนอล์ฟทาลีนเป็นอินดิเคเตอร์แล้วคำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์ของกรดซิตริก การเปลี่ยนแปลงปริมาณวิตามินซีโดยผสมน้ำคั้นมะนาวกับสารละลายกรดออกซาลิกอะซีติกไทเทรตกับ indolephenol solution ตามวิธีของ AOAC (1984) กำหนดเป็นปริมาณมิลลิกรัมของวิตามินซีต่อน้ำคั้น 100 มล. ปริมาณก๊าซเอทิลีน โดยทำการดูดอากาศภายในถุงพลาสติกปริมาตร 1.5 มล. ด้วยเข็มฉีดยาแล้วนำไปฉีดเข้าเครื่อง FID gas chromatograph (รุ่น 14A, Shimadzu, Japan) และการให้คะแนนคุณภาพโดยพิจารณาถึงความสด กลิ่นหอม ความเปรี้ยว ความชอบ และรสชาติ มีนิสิตระดับปริญญาตรี 12 คนเป็นผู้ให้คะแนน ซึ่งมีระดับคะแนนตั้งแต่ 0 ถึง 4 คะแนน โดย 0 คือน้อยที่สุด และ 4 คือมากที่สุด โดยกำหนดให้ 2 คะแนน เป็นคะแนนต่ำที่สุดที่ผู้บริโภคจะยอมรับหรือซื้อไปบริโภค

การทดลองที่ 2 ผลของสารเคมีและเวลาในการใช้สารเคมีต่อการเกิดโรค และคุณภาพของมะนาวพันธุ์เป็น

คัดเลือกผลมะนาวเฉพาะผลที่ปราศจากโรคแคงเกอร์ นำมาทำการทดลองโดยวางแผนการทดลองแบบ CRD มี 2 ปัจจัย คือเวลาในการใช้สารเคมี ได้แก่ 12 24 และ 36 ชั่วโมงหลังการเก็บเกี่ยว และการใช้สารเคมี ได้แก่ ไม่ใช้สารและไม่ล้างทำความสะอาด (control) ล้างด้วยน้ำสะอาด ล้างด้วยคลอรีน 200 มก./ล. และล้างด้วยเบนโนมิล 1,000 มก./ล. รวม 12 ทรีทเมนต์ร่วม ทรีทเมนต์ละ 3 ซ้ำๆ ละ 3 ตะกร้า

จากนั้นนำผลมะนาวมาล้างไว้ให้แห้งแล้วบรรจุในตะกร้าพลาสติกโปร่ง 10 กิโลกรัมต่อตะกร้า นำไปเก็บรักษาไว้ในห้องเย็นอุณหภูมิ 10 ± 1 °ซ. ความชื้นสัมพัทธ์ 76-85 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 3 เดือน จากนั้นทำการวิเคราะห์คุณภาพของมะนาว เปอร์เซ็นต์ผลปกติ เปอร์เซ็นต์การเกิดโรคผลเน่า และผลที่มีเส้นใยของเชื้อราที่ขั้ว

การทดลองที่ 3 ผลของปริมาณเชื้อราบนผลมะนาวเมื่อเก็บเกี่ยวต่อการเกิดโรคหลังการเก็บรักษา

คัดเลือกผลมะนาวจากสวนเกษตรกรใน อ. บ้านแพ้ว จ. สมุทรสาคร จำนวน 5 สวน สวนละ 12 ตะกร้า จากนั้นทำการคัดแยกตามลักษณะของสีผิวและการมีขั้วผล แยกได้เป็น 4 กลุ่ม คือผลผลสด ผลสีเขียวเข้มมีขั้วผล ผลสีเขียวเข้มไม่มีขั้วผล และผลสีเขียวอมเหลืองมีขั้วผล

บรรจุลงในตะกร้าพลาสติกที่ปูด้วยพลาสติกให้ได้มะนาวตะกร้าละ 25 กิโลกรัม นำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 ± 1 °ซ. ความชื้นสัมพัทธ์ 90-95 เปอร์เซ็นต์ ทำการวิเคราะห์ปริมาณเชื้อราบนผลมะนาวโดยสุ่มมะนาวตะกร้าละ 2 ผล จำนวน 5 ตัวอย่าง (10 ผล) นำไปแช่น้ำ 100 มล. เขย่าเพื่อล้างผล นำน้ำที่ล้างผลมะนาวมาทำ dilution แล้วนำไปเจือจือบนอาหารล้างเชื้อเพื่อหาจุลินทรีย์บนผลมะนาว และทำการตรวจสอบความเสียหายจากการเกิดโรคชนิดต่างๆ ได้แก่ การเกิดเชื้อราบริเวณขั้วผลและโรคผลเน่าหลังจากเก็บรักษามะนาวไว้ในห้องเย็น 2 และ 3 เดือน

ผลการทดลอง

การทดลองที่ 1 ผลของอายุการเก็บเกี่ยว สารดูดซับเอทิลีนและจิบเบอเรลลินแอซิด ต่อสีผิวและคุณภาพภายในของมะนาวพันธุ์เป็น

การเปลี่ยนแปลงของสีผิว พบว่าเมื่อทำการเก็บมะนาวครบ 2 เดือน มะนาวในทุกทรีทเมนต์ยังมีผิวสดอยู่และมีการเปลี่ยนสีผิวเป็นสีเหลืองเกือบทั้งหมดโดยมีผลที่มีสีเขียวเพียงเล็กน้อย ทั้งนี้ผลมะนาวที่ได้รับจิบเบอเรลลินแอซิด 100 มก./ล. มีคะแนนสีเขียวมากกว่าผลที่ไม่ได้รับจิบเบอเรลลิน ส่วนผลมะนาวที่ได้รับสารดูดซับเอทิลีนที่ระดับ 0 300 และ 600 กรัม มีคะแนนสีเขียวไม่ต่างกันและมะนาวทั้ง 2 ลักษณะ ที่ได้รับสารดูดซับเอทิลีนเหมือนกัน มีคะแนนสีเขียวใกล้เคียงกัน (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 คะแนนสีผิวของมะนาวภายหลังการเก็บรักษาที่ 10 °ซ. เป็นเวลา 2 เดือน

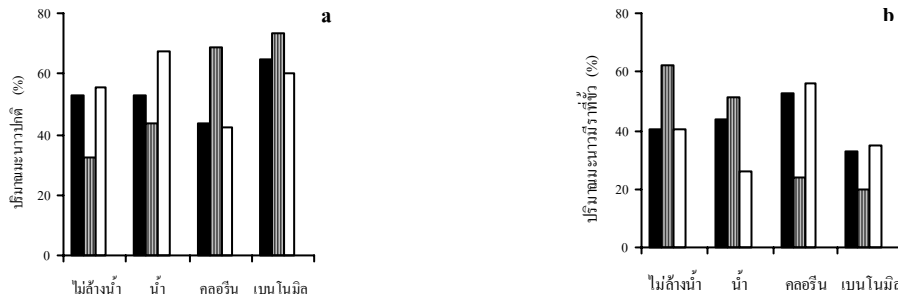
ความบริสุทธิ์	$KMnO_4$ (กรัม)						เฉลี่ย
	0		300		600		
	GA_3 (ppm)		GA_3 (ppm)		GA_3 (ppm)		
	0	100	0	100	0	100	
ผิวขรุขระ	2.50	3.20	2.83	3.02	2.80	3.53	2.981
ผิวเรียบ	2.03	2.76	2.30	3.12	2.42	2.98	2.603
	2.265	2.980	2.565	3.070	2.610	3.225	
เฉลี่ย	2.623		2.818		2.918		2.790
C.V. (%)	26.86						
F-test	Maturity	ns	Maturity x GA_3		ns		
	$KMnO_4$	ns	$KMnO_4$ x GA_3		ns		
	GA_3	*	Maturity x $KMnO_4$ x GA_3		ns		
	Maturity x $KMnO_4$ ns						

ภายหลังการเก็บรักษาผลมะนาวเป็นเวลา 2 เดือน พบว่าปริมาณน้ำคั้น SS, TA ปริมาณวิตามินซี ปริมาณก๊าซเอทิลีน และการตรวจสอบคุณภาพโดยการชิม ไม่มีความแตกต่างกันระหว่างผลมะนาวผิวขรุขระและผิวเรียบ แต่มีแนวโน้มว่ามีปริมาณน้ำคั้น SS, TA ปริมาณวิตามินซี และคะแนนคุณภาพลดลงเล็กน้อยอยู่ในเกณฑ์ที่ผู้บริโภคยอมรับได้หลังเก็บรักษาไว้ 2 เดือน (ข้อมูลไม่ได้แสดง) ทั้งนี้พบปริมาณก๊าซเอทิลีนในภาชนะบรรจุ น้อยมากประมาณ 0.0035–0.116 มก./ล.

การทดลองที่ 2 ผลของสารเคมีและเวลาในการใช้สารเคมีต่อการเกิดโรคและคุณภาพของมะนาวพันธุ์แป้น

เมื่อเก็บรักษาผลมะนาวไว้ 3 เดือน พบว่ามะนาวที่ล้างด้วยเบนโนมิล 1,000 มก./ล. มีเปอร์เซ็นต์ผลปกติมากที่สุด 66 เปอร์เซ็นต์ (ภาพที่ 1a) และมีเปอร์เซ็นต์ของผลมีราที่ขั้วน้อยที่สุด 29 เปอร์เซ็นต์ (ภาพที่ 1b) เชื้อสาเหตุสำคัญที่ทำให้เกิดการเน่าเสียของผลมะนาวระหว่างการเก็บรักษา ได้แก่ *Colletotrichum* sp. พบที่บาดแผลและ *Fusarium* sp. พบที่ขั้ว ส่วนระยะเวลาในการใช้สารเคมีให้ผลในการควบคุมโรคไม่ต่างกัน

การให้คะแนนคุณภาพของผลมะนาว พบว่ามะนาวที่ล้างด้วยเบนโนมิล 1,000 มก./ล. มีคะแนนคุณภาพโดยเฉลี่ยมากที่สุด คือ 8.2 คะแนน สำหรับปริมาณน้ำคั้น SS และปริมาณ TA ไม่ต่างกัน (ข้อมูลไม่แสดง)



ภาพที่ 1 ผลของวิธีการและเวลาหลังการเก็บเกี่ยวในการล้างทำความสะอาดผลมะนาวต่อปริมาณมะนาวปกติ (a) และปริมาณมะนาวที่มีราที่ขั้ว (b) ภายหลังจากการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 °ซ. เป็นเวลา 3 เดือน (สัญลักษณ์ ! เท่ากับ 12 ชม. ■ เท่ากับ 24 ชม. และ ▽ เท่ากับ 36 ชม. หลังการเก็บเกี่ยว)

การทดลองที่ 3 ผลของปริมาณเชื้อราบนผลมะนาวเมื่อเก็บเกี่ยวต่อการเกิดโรคหลังการเก็บรักษา

ปริมาณเชื้อราบนผลมะนาวจากสวนต่างๆ ใน อ. บ้านแพ้ว จ. สมุทรสาคร เมื่อเก็บเกี่ยวพบว่าเชื้อราส่วนใหญ่ได้แก่ เชื้อ *Cladosporium* sp. รองลงมาคือเชื้อ *Fusarium* sp. ซึ่งพบในปริมาณสูงทุกสวนยกเว้นสวนคุณอนุศักดิ์ ที่พบเชื้อ *Colletotrichum* sp. ปริมาณสูงที่สุด (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 ปริมาณเชื้อราชนิดต่างๆ ที่พบบนผลมะนาวจากสวนต่างๆ เมื่อเริ่มต้นการทดลอง (จำนวน โคลโลนี)

เชื้อรา	สวน					เฉลี่ย
	มนตรี	บรรเจิด	วันชัย	เสริม	อนุศักดิ์	
<i>Colletotrichum</i> sp.	2	0	1	0	132	27.0
<i>Fusarium</i> sp.	79	22	80	82	68	66.2
<i>Aspergillus</i> sp.	1	0	3	2	0	1.2
<i>Cladosporium</i> sp.	83	34	152	146	9	84.8
<i>Penicillium</i> sp.	5	0	0	3	4	2.4

เมื่อทำการเก็บรักษาผลมะนาวที่อุณหภูมิ 10 °ซ. ความชื้นสัมพัทธ์ 90-95 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 3 เดือน ผลมะนาวมีเปอร์เซ็นต์ผลที่เป็นโรคเพิ่มขึ้นจากเดือนที่ 2 ประมาณ 2-4 เท่า โดยผลมะนาวผิวสีเขียวเข้มและไม่มีขั้วผลมีจำนวนผลที่มีเส้นใยของเชื้อรามากที่สุด ในขณะที่เมื่อเปรียบเทียบระหว่างสวนพบว่าหลังการเก็บรักษาเป็นเวลา 2 เดือน สวนคุณอนุศักดิ์มีผลที่มีเชื้อรามากที่สุด รองลงมาคือสวนคุณบรรเจิด เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 3 เดือน สวนที่พบเส้นใยของเชื้อรามากที่สุดคือสวนคุณอนุศักดิ์ เฉลี่ยประมาณ 33 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือสวนคุณเสริม (ตารางที่ 3)

สำหรับเปอร์เซ็นต์การเกิดผลเน่านั้นพบว่าเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 3 เดือน มีปริมาณผลเน่าเพิ่มขึ้นประมาณ 7 เท่า ยกเว้นสวนคุณบรรเจิดเกิดโรคเพิ่มขึ้นจากเดือนที่ 2 ประมาณ 33 เท่า ในเดือนที่ 2 ของการเก็บรักษา การคละผลและการแยกเก็บเฉพาะผลสีเขียวอ่อนและมีขั้วผลเกิดโรคผลเน่ามากที่สุดเพียง 0.8 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ผลสีเขียวเข้มทั้งมีและไม่มีขั้วผลมีเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคผลเน่าน้อยกว่าและไม่ต่างกัน เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 3 เดือน พบว่ามะนาวคละผลเกิดโรคผลเน่ามากที่สุด รองลงมาคือผลสีเขียวอ่อนและมีขั้ว เมื่อเปรียบเทียบระหว่างสวน พบว่าการเก็บรักษาเป็นเวลา 2 เดือน แต่ละสวนเกิดโรคผลเน่าไม่ต่างกัน แต่สวนคุณเสริมมีแนวโน้มเกิดโรคผลเน่ามากกว่าสวนอื่นๆ และในเวลา 3 เดือน พบว่าสวนคุณบรรเจิดเกิดโรคมากที่สุดประมาณ 6.64 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือสวนคุณเสริม (ตารางที่ 4)

ตารางที่ 3 เปอร์เซ็นต์ผลที่มีเส้นใยของเชื้อราที่ขั้วผลของผลมะนาว (เฉลี่ยจาก 5 ส่วน) หลังเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 °ซ. เป็นเวลา 2 และ 3 เดือน

อายุการเก็บรักษา	ลักษณะผล ^{1/}				ส่วน				
	กละผล	NG	SG	SL	มนตรี	บรรเจ็ด	วันชัย	เสริม	อนุศักดิ์
2 เดือน	7.15	7.81	6.33	4.97	5.10b	8.66a	3.51b	6.67ab	8.88a
3 เดือน	19.60y	35.75x	23.07y	18.69y	20.63y	19.00y	19.75y	32.62x	33.05x

^{1/} NG หมายถึง no stem-green, SG หมายถึง with stem-green, SL หมายถึง with stem-light green

^{2/} ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวนอน ไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบโดยวิธี DMRT

ตารางที่ 4 เปอร์เซ็นต์การเกิดผลเน่าของผลมะนาว (เฉลี่ยจาก 5 ส่วน) หลังเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 °ซ. เป็นเวลา 2 และ 3 เดือน

อายุการเก็บรักษา	ลักษณะผล ^{1/}				ส่วน				
	กละผล	NG	SG	SL	มนตรี	บรรเจ็ด	วันชัย	เสริม	อนุศักดิ์
2 เดือน	0.73a	0.24b	0.24b	0.82a	0.43	0.20	0.60	0.77	0.55
3 เดือน	6.49x	3.65yz	3.23z	4.71y	3.25z	6.64x	3.91yz	5.16y	3.99yz

^{1/} NG หมายถึง no stem-green, SG หมายถึง with stem-green, SL หมายถึง with stem-light green

^{2/} ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวนอน ไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบโดยวิธี DMRT

วิจารณ์ผลการทดลอง

ลักษณะของผิวมะนาวที่ต่างกันไม่มีผลต่อการเปลี่ยนสีผิว (ตารางที่ 1) อาจเพราะมะนาวทั้ง 2 ชนิด มีปริมาณคลอโรฟิลล์ใกล้เคียงกันเมื่อเก็บเกี่ยว จึงไม่มีความจำเป็นต้องแยกลักษณะผิวขรุขระและผิวเรียบออกจากกัน ควรแยกเฉพาะผลที่มีสีเขียวเข้มออกจากสีเขียวอ่อน เพื่อการเก็บรักษาให้สีเขียวอยู่ได้นานก็เพียงพอแล้ว

การใช้สารดูดซับเอทิลีน โปแตสเซียมเปอร์แมงกาเนต ไม่สามารถชะลอการเปลี่ยนสีผิวของมะนาวได้ และไม่สามารถลดปริมาณเอทิลีนในภาชนะบรรจุลงแต่อย่างใด รวมทั้งปริมาณเอทิลีนในภาชนะบรรจุต่ำมากประมาณ 0.0035-0.116 มก./ล. การเปลี่ยนสีจากเขียวเป็นเหลืองของผลมะนาวจึงยังไม่สามารถบอกได้ว่าเป็นผลเนื่องจากเอทิลีน ทั้งนี้อาจต้องทดลองเพิ่มเติมโดยใช้สารยับยั้งการทำงานของเอทิลีน เช่น 1-methylcyclopropane (MCP) เพื่อพิสูจน์ว่าการเปลี่ยนสีผิวของมะนาวเป็นผลจากเอทิลีนหรือไม่ และสามารถยับยั้งการเปลี่ยนสีผิวของมะนาวได้หรือไม่

การใช้จิบเบอเรลลินมีผลต่อการเปลี่ยนสีผิวของมะนาว โดยสามารถชะลอการเปลี่ยนสีผิวของมะนาวจากสีเขียวเป็นสีเหลืองภายหลังการเก็บรักษาไว้ 2 เดือน ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Passam และ Blumbem (1982) ประสานมิตร (2531) และ นริศรา (2534) เนื่องจากจิบเบอเรลลินช่วยชะลอการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ (Pantastico, 1975) แต่ในการทดลองครั้งนี้ไม่สามารถชะลอการเปลี่ยนสีผิวเป็นสีเหลืองได้มากนัก เนื่องจากใช้จิบเบอเรลลินความเข้มข้นค่อนข้างต่ำ ถ้าใช้ในความเข้มข้นสูงขึ้นจะช่วยชะลอการเปลี่ยนสีผิวได้มากขึ้น (ประสานมิตร, 2531 และ นริศรา, 2534) แต่จะทำให้ต้นทุนสูงขึ้นมาก

การล้างมะนาวด้วยสารละลายเบนโนมิล 1,000 มก./ล. สามารถยับยั้งการเกิดโรคระหว่างการเก็บรักษาได้ดีที่สุดเมื่อเทียบกับการไม่ใช้สารเคมี การล้างด้วยน้ำ และล้างด้วยสารละลายคลอรีน 200 มก./ล. เนื่องจากเบนโนมิลเป็นสารป้องกันกำจัดเชื้อราชนิดดูดซึม จึงเข้าไปทำลายเชื้อราที่อยู่ในผลมะนาวได้ดีกว่าคลอรีนซึ่งมักทำปฏิกิริยากับสารอินทรีย์และเสื่อมสภาพไปเสียก่อน (จรัสแท้, 2541) สำหรับระยะเวลาในการใช้สารเคมีให้ผลในการควบคุมโรคไม่ต่างกัน นั่นคือไม่ว่าจะทำความสะอาดมะนาวด้วยสารเคมีที่เวลา 12 24 หรือ 36 ชั่วโมงหลังการเก็บเกี่ยว สารเคมีมีประสิทธิภาพในการควบคุมโรคไม่ต่างกัน ทั้งนี้ในระหว่างช่วงเวลาดังกล่าวเชื้อโรคอาจยังเจริญเข้าไปในผลได้ไม่มากนัก แต่ถ้าปล่อยเวลาให้ผ่านไปนานขึ้นเชื้อโรคจะเข้าทำลายผลมากขึ้น

เมื่อพิจารณาถึงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณเชื้อราบนผลมะนาวเมื่อเก็บเกี่ยวกับการเกิดโรคหลังการเก็บรักษา พบว่าเชื้อราส่วนใหญ่ได้แก่ *Cladosporium* sp. และ *Fusarium* sp. ส่วนโรคที่พบได้แก่โรคราที่ขั้วผล ซึ่งพบมากขึ้นเมื่อเก็บรักษานานขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งในผลมะนาวแบบไม่มีขั้ว ทั้งนี้เนื่องจากการไม่มีขั้วเชื้อจุลินทรีย์สามารถเข้าทำลายได้ง่าย ในขณะที่ผลที่มีขั้วจะชะลอการเจริญของเชื้อราเอาไว้ แต่เมื่อเก็บรักษานานขึ้นขั้วก็จะหลุดออกไปจึงเกิดโรคราที่ขั้วผลได้เช่นเดียวกัน จากการทดลองจะเห็นได้ว่าผลมะนาวจากสวนคุณเสริมในผลสีเขียว เกิดโรคราที่ขั้วผลมากที่สุด (ตารางที่ 3) และพบปริมาณเชื้อ *Fusarium* sp. ซึ่งเป็นสาเหตุของโรคราที่ขั้วผลมากกว่าสวนอื่นๆ ทั้งนี้อาจเป็นเพราะเชื้อนี้เจริญเติบโตได้ง่ายหรือสภาพสวนอาจมีความเหมาะสมในการเจริญเติบโตของเชื้อสาเหตุ สำหรับปริมาณเชื้อราที่พบบนผลมะนาวขณะเก็บเกี่ยวไม่สัมพันธ์กับโรคที่พบ

ในระหว่างการเก็บรักษา ทั้งนี้อาจเนื่องจากสมดุลย์ของเชื้อบนผลมีการควบคุมกันเอง เห็นได้จากเชื้อ *Cladosporium* sp. ที่พบปริมาณสูงแต่ไม่ก่อให้เกิดโรคจากเชื้อสาเหตุนี้ นอกจากนี้วิธีการเก็บเกี่ยวของแต่ละสวนที่ต่างกันอาจทำให้ผลมะนาวชำ เกิดบาดแผล และวิธีการปฏิบัติก่อนการเก็บเกี่ยวที่ต่างกัน เช่น การใส่ปุ๋ย การใช้สารป้องกันกำจัดศัตรูพืช อาจทำให้ผลมะนาวมีความต้านทานต่อเชื้อลดลงหรือมากขึ้น จึงทำให้เกิดโรคได้แตกต่างกัน

สรุป

1. การใช้สารดูดซับเอทิลีน โปแตสเซียมเปอร์แมงกาไนต์ไม่มีผลต่อการชะลอการเปลี่ยนสีผิวของมะนาว มะนาวผิวขรุขระและมะนาวผิวเรียบมีการเปลี่ยนแปลงสีผิวไม่แตกต่างกัน และการใช้จิบเบอเรลลิน 100 มก./ล. สามารถชะลอการเปลี่ยนสีผิวของมะนาวได้

2. การใช้สารเบนโนมิล 1,000 มก./ล. สามารถควบคุมโรคของมะนาวได้ดี ส่วนเวลาในการใช้สารป้องกันกำจัดเชื้อรา 12-36 ชั่วโมงหลังเก็บเกี่ยว ไม่มีผลต่อการควบคุมโรคหลังการเก็บเกี่ยว

3. ปริมาณเชื้อราที่พบบนผลมะนาวขณะเก็บเกี่ยวไม่สัมพันธ์กับโรคที่พบระหว่างการเก็บรักษา โดยเชื้อจุลินทรีย์ที่พบขณะเก็บเกี่ยว ได้แก่ เชื้อ *Cladosporium* sp. และ *Fusarium* sp. ส่วนโรคที่พบระหว่างการเก็บรักษา เกิดจากเชื้อ *Fusarium* sp. และ *Colletotrichum gloeosporioides*

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนงบประมาณจากมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และได้รับการสนับสนุนด้านเครื่องมือบางส่วนจากโครงการพัฒนาบัณฑิตศึกษาและวิจัยเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว

เอกสารอ้างอิง

- คมสรรงค์ พระสนุ่ม สมศักดิ์ จันทร์บุญ และวีระ หงษ์คู่. 2540. ผลของการเคลือบผิวและจิบเบอเรลลินเอซิด ต่ออายุการเก็บรักษาผลมะนาว. ปีญหาพิเศษปริญาตรี. ภาควิชาพืชศาสตร์. คณะเกษตรศาสตร์บางพระ. ชลบุรี
- จินดา ศรศรีวิชัย และจันทน์ อุทัยบุตร. 2530. ผลของการหุ้มผลด้วยพลาสติกฟิล์มและซุบสารเคลือบไขต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาของผลมะนาว. ในรายงานการประชุมสัมมนาทางวิชาการ “เทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวที่เหมาะสม”. 28-30 ตุลาคม 2530. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. เชียงใหม่. หน้า 180-189.
- จริงแท้ สิริพานิช. 2541. ศรีวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้. โรงพิมพ์ศูนย์ส่งเสริมการเกษตรแห่งชาติ. กำแพงแสน. นครปฐม. 396 หน้า.
- ดารา พวงสุวรรณ. 2520. การป้องกันกำจัดโรคของผลมะนาวในระหว่างการเก็บรักษา. ในรายงานผลการทดลองและวิจัย ประจำปี 2520. กรมวิชาการเกษตร. กรุงเทพฯ. หน้า 421-429.
- นิรนาม. 2530. โครงการศึกษาการใช้วิทยาการที่เหมาะสมสำหรับผักสดและผลไม้สดเพื่อการส่งออก. รายงานเสนอต่อกรมพาณิชย์สัมพันธ์. บริษัทการจัด การเกษตรและอุตสาหกรรม. กรุงเทพฯ. 240 หน้า.
- นริศรา ไชยกาล. 2534. ผลของจิบเบอเรลลินเอซิดต่อคุณภาพในระหว่างการเก็บรักษามะนาวพันธุ์ไข่. ปีญหาพิเศษปริญาตรี. ภาควิชาพืชสวน. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ. 24 หน้า.
- ประสานมิตร เรืองศรี. 2531. ผลของจิบเบอเรลลินเอซิด และสารเคลือบผิวต่อคุณภาพของมะนาว. ปีญหาพิเศษปริญาตรี. ภาควิชาพืชสวน. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.
- ปราณี ทิพยางค์. 2518. การถนอมมะนาวสดโดยวิธีทางเคมีและฟิสิกส์. วิทยานิพนธ์ปริญาโท. ภาควิชาเคมีเทคนิค. บัณฑิตวิทยาลัย. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพฯ. 252 หน้า.
- วารุณี อนุสรณ์พานิช. 2522. การเก็บรักษามะนาวสดโดยวิธีควบคุมบรรยากาศในการเก็บรักษาและการทำน้ำมะนาวเข้มข้น. วิทยานิพนธ์ปริญาโท. ภาควิชาเคมีเทคนิค. บัณฑิตวิทยาลัย. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพฯ.
- หิรัญ หิรัญประดิษฐ์. 2521. การยืดอายุการเก็บรักษาผลมะนาวโดยใช้สารเคลือบผิวและสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช. ในรายงานผลการค้นคว้าวิจัย ปี 2521. กองพืชสวน กรมวิชาการเกษตร. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ. หน้า 16-18.
- AOAC (Association of Official Analytical Chemist). 1984. Official Method of Analysis. George Benta Co., Inc. Washington DC. 1,114 p.
- Pantastico, Er. B. 1975. Postharvest Physiology, Handling and Utilization of Tropical and Subtropical Fruits and Vegetables. AVI Publishing Co., Inc. Westport. Connecticut. 560 p.
- Passam, W. C. and G. Bluden. 1982. Experiment on the storage of limes at tropical ambient temperature. Trop. Agric. (Trinidad). 59:20-24.