ข้อมูลการจัดการหลังการเก็บเกี่ยว

ผลส้มเปลือกล่อน

3. ส้มเปลือกล่อน

ภาพที่ 3.1 ผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้ง

ชื่อสามัญ ส้มเปลือกล่อน (tangerine, mandarin)

ชื่อวิทยาศาสตร์ *Citrus reticulate*

ดัชนีเก็บเกี่ยว (Harvesting index)

ส้มเป็นผลไม้ประเภทนอน-ไคลแมคเทอริก ดัชนีเก็บเกี่ยวที่ใช้บ่งชี้คุณภาพประกอบด้วย**ความเข้มของสีผิว ความสม่ำเสมอของผิว รูปร่าง ขนาด ความแน่นเนื้อ** การปรากฏของโรคและแมลง รวมทั้งการเกิดบาดแผลต่างๆ สำหรับรสชาติขึ้นอยู่กับอัตราส่วนของปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้/กรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ และการปรากฏของกลิ่น และรสชาติที่ผิดปกติ (Kader and Arpaia, 2002; ดนัย และนิธิยา, 2548) ส่วนใหญ่ใช้หลายวิธีรวมกันในการพิจารณาดัชนีเก็บเกี่ยว ในต่างประเทศมักใช้สีผิวเป็นดัชนีเก็บเกี่ยว (มีสีเหลืองส้มหรือสีแดงประมาณ 75 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ผิว) แต่ในประเทศไทยใช้ไม่ได้เนื่องจากเป็นเขตร้อน เมื่อผลส้มแก่แล้วสีเปลือกยังคงเป็นสีเขียว แต่ภายในพร้อมบริโภคแล้ว โดยปกติคำนวณระยะเวลาจากวันที่ดอกบานจนเต็มที่แล้วถึงวันแก่ เช่น ส้มสายน้ำผึ้งใช้เวลา 9-10 เดือน ส้มสีทองใช้เวลา 9 เดือน เป็นต้น ดัชนีเก็บเกี่ยวสัมพันธ์โดยตรงกับคุณภาพการบริโภค คือ ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของผลส้ม (ค่าที่ต่ำสุดที่พอยอมรับได้ประมาณ 8.5 เปอร์เซ็นต์ โดยปกติส้มสายน้ำผึ้งมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ประมาณ 10-15 เปอร์เซ็นต์) และกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ (ประมาณ 0.3-0.4 เปอร์เซ็นต์) (นิธิยา และดนัย, 2559) ซึ่งใน

ปัจจุบันมีการนำเทคโนโลยีเนียรอินฟราเรดสเปกโทรสโกป (near infrared spectroscopy; NIRs) มาใช้ในการตรวจสอบคุณภาพของผลิตผลมากขึ้น เนื่องจากเป็นเทคโนโลยีที่ไม่ทำลายผลิตผล มีความรวดเร็ว และแม่นยำในการตรวจวัด จากการศึกษาของ ธงชัย และคณะ (2546); Theanjumpol *et al.* (2012) ศึกษาศักยภาพของเครื่อง NIRs พบว่า เครื่อง NIRs สามารถใช้ในการตรวจสอบคุณภาพของผลส้มได้

ดัชนีคุณภาพ (Quality index)

– ข้อกำหนดเรื่องคุณภาพ

ข้อกำหนดขั้นต่ำ

1) ส้ม (คำว่า “ส้ม” ในข้อกำหนดนี้หมายถึง “ส้มเปลือกล่อน” และส้มเปลือกล่อน หมายถึง ส้มที่สามารถปอกเปลือกได้ง่ายด้วยมือ เช่น ส้มเขียวหวาน ส้มสายน้ำผึ้งหรือส้มโชกุน ส้มฟรีมองต์) ทุกชั้นคุณภาพต้องมีคุณภาพดังต่อไปนี้ เว้นแต่จะมีข้อกำหนดเฉพาะของแต่ละชั้นคุณภาพและเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้มีได้ตามที่ระบุไว้
   1.1) เป็นส้มทั้งผล
   1.2) เนื้อแน่น สด และคงรูป
   1.3) มีรูปทรง สี รสชาติ ตรงตามพันธุ์ สภาพภูมิประเทศ และฤดูกาล
   1.4) ไม่เน่าเสีย ไม่มีรอยช้ำหรือตำหนิที่เห็นเด่นชัดที่ผิวผล และ/หรือเสื่อมคุณภาพที่ทำให้ไม่เหมาะสมกับการบริโภค
   1.5) สะอาด และไม่มีสิ่งแปลกปลอมที่มองเห็นได้
   1.6) ไม่มีศัตรูพืชที่มีผลกระทบต่อรูปลักษณ์ทั่วไปของผลิตผล และต่อการยอมรับของผู้บริโภค
   1.7) ไม่มีความเสียหายอันเนื่องมาจากศัตรูพืชที่มีผลกระทบต่อคุณภาพผลิตผล
   1.8) ไม่มีความชื้นภายนอกที่ผิดปกติ โดยไม่รวมถึงหยดน้ำที่เกิดจากการนำผลิตผลออกจากห้องเย็น
   1.9) ไม่มีความเสียหายต่อคุณภาพผลิตผล เนื่องจากอุณหภูมิต่ำและ/หรืออุณหภูมิสูง
   1.10) ไม่มีกลิ่นแปลกปลอม และ/หรือรสชาติผิดปกติ

2) ส้มต้องมีความแก่ได้ที่ เหมาะสมกับพันธุ์และสภาพภูมิประเทศ โดยได้รับการเก็บเกี่ยว การจัดการหลังการเก็บเกี่ยว และขนส่งอย่างถูกต้อง เพื่อให้ผลิตผลอยู่ในสภาพที่ยอมรับได้เมื่อถึงปลายทาง

3) การพิจารณาความแก่ได้ที่ของส้มอาจพิจารณาจากลักษณะอย่างใดอย่างหนึ่งดังต่อไปนี้

3.1) ปริมาณน้ำคั้น ไม่น้อยกว่า 35 เปอร์เซ็นต์ โดยคำนวณจากน้ำหนักน้ำคั้นต่อน้ำหนักผล (W/W)

3.2) ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (ความหวาน) ตั้งแต่ 9.0 เปอร์เซ็นต์ ขึ้นไปสำหรับส้มสายน้ำผึ้ง/ส้มโชกุน และ 8.0 เปอร์เซ็นต์ ขึ้นไปสำหรับส้มเปลือกล่อนอื่นๆ

3.3) อัตราส่วนของเปอร์เซ็นต์ของแข็งที่ละลายน้ำได้และเปอร์เซ็นต์กรด (TSS:TA ratio) ไม่น้อยกว่า 13:1

4) การบ่มผิวเพื่อขจัดสีเขียวสามารถทำได้ แต่ต้องไม่มีผลกระทบต่อคุณภาพของผลส้ม

5) การเคลือบผิวส้มเพื่อให้ผิวส้มเป็นเงาสามารถทำได้ แต่ต้องไม่มีผลกระทบต่อคุณภาพของผลส้ม

– การจัดชั้นคุณภาพ

ส้มตามมาตรฐานแบ่งออกเป็น 3 ชั้นคุณภาพ ดังนี้

1) **ชั้นพิเศษ (Extra class)** ส้มชั้นนี้ต้องมีคุณภาพดีที่สุดตรงตามพันธุ์ มีขั้วติดชิดผล ผลไม่มีตำหนิ ในกรณีที่มีตำหนิต้องเป็นตำหนิผิวเผินเล็กน้อยที่ไม่มีผลกระทบต่อรูปลักษณ์ทั่วไปของผลิตผล คุณภาพผลิตผล คุณภาพการเก็บรักษา และการจัดเรียงเสนอในภาชนะบรรจุ

2) **ชั้นหนึ่ง (class I)** ส้มชั้นนี้ต้องมีคุณภาพดีตรงตามพันธุ์ ผลมีตำหนิได้เล็กน้อยในด้านรูปทรง สีผิว ความสม่ำเสมอของผิวเปลือก และรอยตำหนิที่เกิดจากแรงกระทำภายนอก โดยไม่มีผลกระทบต่อรูปลักษณ์ทั่วไปของผลิตผล คุณภาพผลิตผล คุณภาพการเก็บรักษา และการจัดเรียงเสนอในภาชนะบรรจุ ซึ่งตำหนิ โดยรวมต่อผลมีพื้นที่ไม่เกิน 10 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ผิวทั้งหมด และไม่มีผลกระทบต่อคุณภาพผลิตผล

3) **ชั้นสอง (class II)** ส้มในชั้นนี้รวมผลส้มที่ไม่เข้าขั้นชั้นที่สูง

กว่า แต่มีคุณภาพตามคุณภาพขั้นต่ำตามที่กำหนดไว้ ผลส้มในชั้นนี้มีตำหนิได้เล็กน้อยในด้านรูปทรง สีผิว ความสม่ำเสมอของผิวเปลือก และรอยตำหนิที่เกิดจากแรงกระทำภายนอก โดยยังคงคุณภาพผลิตผล คุณภาพการเก็บรักษา และการจัดเรียงเสนอในภาชนะบรรจุ ซึ่งตำหนิโดยรวมต่อผลมีพื้นที่ไม่เกิน 20 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ผิวทั้งหมด และไม่มีผลกระทบต่อคุณภาพผลิตผล

ขนาดของผลส้มพิจารณาจากเส้นผ่าศูนย์กลาง บริเวณกึ่งกลางผลที่กว้างที่สุดหรือจำนวนผลต่อภาชนะบรรจุดังตาราง

ตารางที่ 3.1 ขนาดของผลส้ม

รหัสขนาด	เส้นผ่าศูนย์กลาง (มิลลิเมตร)	จำนวนผลต่อภาชนะบรรจุ (10 กิโลกรัม)
1	> 90	30
2	85–90	36
3	80–85	45
4	75–80	54
5	70–75	60
6	65–70	72
7	60–65	84
8	57–60	105
9	52–57	–
10	47–52	–
11	< 47	–

ที่มา: สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ (2550)

เกณฑ์ความคลาดเคลื่อนเรื่องคุณภาพและขนาดที่ยอมให้มีได้ในแต่ละภาชนะบรรจุ สำหรับผลิตผลที่ไม่เข้าชั้นที่ระบุไว้มีดังนี้

1) เกณฑ์ความคลาดเคลื่อนเรื่องคุณภาพ

1.1) ชั้นพิเศษ (Extra class) ความคลาดเคลื่อนไม่เกิน 10 เปอร์เซ็นต์ โดยจำนวนหรือน้ำหนักของส้มที่มีคุณภาพไม่เป็นไปตามข้อกำหนดของชั้นพิเศษ แต่เป็นไปตามคุณภาพ

ของชั้นหนึ่งหรือคุณภาพยังอยู่ในเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนของคุณภาพชั้นหนึ่ง

1.2) **ชั้นหนึ่ง** (class I) ความคลาดเคลื่อนไม่เกิน 10 เปอร์เซ็นต์ โดยจำนวนหรือน้ำหนักของส้มที่มีคุณภาพไม่เป็นไปตามข้อกำหนดของชั้นหนึ่ง แต่เป็นไปตามคุณภาพของชั้นสองหรือคุณภาพยังอยู่ในเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนของคุณภาพชั้นสอง

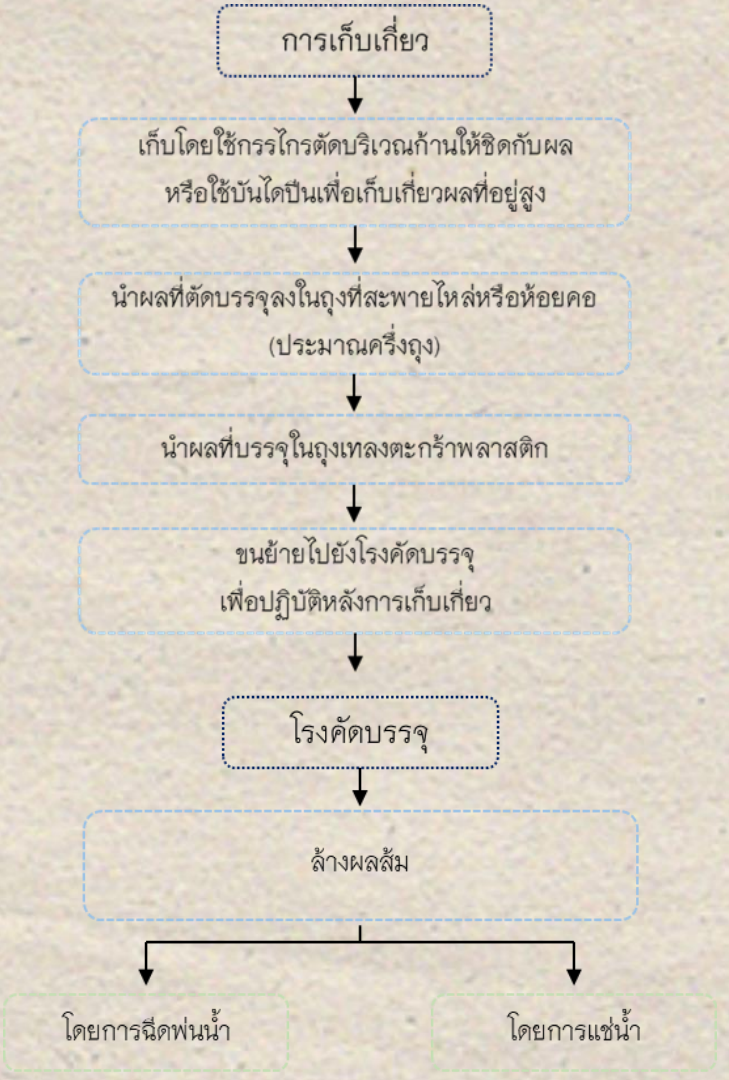
1.3) **ชั้นสอง** (class II) ความคลาดเคลื่อนไม่เกิน 15 เปอร์เซ็นต์ โดยจำนวนหรือน้ำหนักของส้มที่มีคุณภาพไม่เป็นไปตามข้อกำหนดของชั้นสองหรือไม่ได้ข้อกำหนดขั้นต่ำ โดยไม่มีผลเน่าเสียหรือมีสภาพไม่เหมาะสำหรับการบริโภค

2) **เกณฑ์ความคลาดเคลื่อนเรื่องขนาด** ส้มทุกรหัสมีส้มขนาดใหญ่หรือเล็กกว่าในชั้นถัดไปหนึ่งชั้นปนมาได้ไม่เกิน 5 เปอร์เซ็นต์โดยจำนวนหรือน้ำหนักของส้ม

การเก็บเกี่ยวและกระบวนการจัดการหลังการเก็บเกี่ยว

การเก็บเกี่ยว

การเก็บเกี่ยวที่ไม่เหมาะสมย่อมส่งผลให้เกิดการสูญเสีย เช่น การเก็บเกี่ยวผลส้มที่มีอายุน้อยเกินไปมักอ่อนแอต่อการเกิดอาการสะท้านหนาว ในขณะที่ผลส้มที่เก็บเมื่อมีอายุมากเกินไปเปลือกมักพองและอาจมีเนื้อภายในแห้ง รวมทั้งกุ้งมีลักษณะแข็งคล้ายข้าวสาร และผิวบริเวณใกล้ขั้วมักเหี่ยว นอกจากที่กล่าวมานั้น ปัญหาจากการสูญเสียทางกลก็เป็นปัจจัยสำคัญ เช่น การแตกช้ำที่เกิดจากการกระแทก การโยน ผลนิ่ม ซึ่งมีผลต่อคุณภาพ การศึกษาของดนัย และคณะ (2554ก) รายงานว่า ในขั้นตอนการเก็บเกี่ยวผลส้มเกิดความสูญเสียมากที่สุดคิดเป็น 43.70 เปอร์เซ็นต์ ในประเทศไทยการเก็บเกี่ยวผลส้มใช้แรงงานมนุษย์เพียงอย่างเดียวไม่มีการใช้เครื่องจักรเข้ามาช่วย การเก็บเกี่ยวผลส้มมีแผนภาพแสดงการจัดการในแปลงปลูก ดังนี้



ภาพที่ 3.2 การล้างผลส้มโดยการฉีดพ่นน้ำ (ก) และการแช่น้ำ (ข)

ที่มา: นิธิยา และดนัย (2559)

กระบวนการจัดการหลังการเก็บเกี่ยว

หลังการเก็บเกี่ยวผลส้มแล้วต้องมีการจัดการหลังการเก็บเกี่ยว เพื่อจัดส่งสู่ตลาดและผู้บริโภค ขั้นตอนภายในโรงคัดบรรจุผลส้มโดยทั่วไปประกอบด้วย

1) **การรับผลส้มเข้าสู่โรงคัด** ผลส้มที่นำเข้าสู่โรงคัดบรรจุอาจบรรจุในภาชนะต่างกัน ในประเทศสหรัฐอเมริกาผลส้มมักบรรจุในลังไม้ขนาดใหญ่เรียก bin หรือในตะกร้าพลาสติก ส่วนในประเทศไทยมักบรรจุลงในตะกร้าพลาสติกแล้วขนส่งมายังโรงคัดบรรจุ ผลส้มถูกส่งเข้าทางด้านหลังของโรงคัดบรรจุแล้วเคลื่อนไปตามสายพานเพื่อจัดการแต่ละขั้นตอน และส่งออกสู่ตลาดทางด้านหน้าของโรงคัดบรรจุเพื่อไม่ให้เกิดการปนเปื้อนของผลส้ม เมื่อผลส้มมาถึงโรงคัดบรรจุ นำผลส้มมาล้างด้วย 2 วิธี (ภาพที่ 3.2) โดยการทำความสะอาดแรกเข้ามีการผสมสารฆ่าเชื้อจุลินทรีย์เพื่อป้องกันการแพร่กระจายของโรคที่อาจติดอยู่ที่ผลใดผลหนึ่ง ในโรงคัดบางแห่งอาจใช้สารเคมี เช่น กรด 2,4-ไดคลอโรฟีนอกซีแอซีติก ประมาณ 50-100 มิลลิกรัมต่อน้ำหนึ่งลิตรใช้ล้างเพื่อไม่ให้ขั้วผลหลุดร่วงไป ในระหว่างการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวนี้การเทผลส้มลงในน้ำมีข้อดี คือ สามารถลดการเกิดบาดแผลกับผลส้มได้ เพราะผลส้มไม่ต้องกระทบกระแทกกับระบบสายพานเนื่องจากน้ำช่วยรับน้ำหนักผลส้ม *(*Kader and Arpaia, 2002; Mukhopadhyau, 2004*)*

2) **การคัดเลือก** คือ การคัดผลส้มที่มีขนาดเล็กหรือใหญ่เกินไป เน่า มีตำหนิ และผลที่ผิดปกติออก ในขั้นตอนนี้มักใช้แรงงานมนุษย์ร่วมกับระบบสายพาน ผู้คัดต้องมีความชำนาญและผ่านการฝึกฝน ทั้งนี้การคัดเลือกต้องมีสภาพที่เหมาะสมต่อการปฏิบัติงาน เช่น ความสูงของสายพานต้องเหมาะสมเพื่อให้ผู้ปฏิบัติงานไม่เหนื่อยล้า และต้องมีแสงสว่างเพียงพอเพื่อให้เห็นบาดแผลและตำหนิบนผลส้มได้อย่างชัดเจน แสงที่ใช้เป็นแสงสีขาว (ผลส้มที่มีขนาดเล็กหรือใหญ่เกินไป มีตำหนิแต่ไม่เน่าเสียสามารแปรรูปเป็นน้ำส้มต่อไปได้) นอกจากนี้การคัดผลส้มที่ฟ่ามที่มีลักษณะเนื้อแห้ง น้ำหนักเบา โรงคัดผลส้มในเขต

ภาคเหนือมักใช้วิธีการลอยน้ำ โดยคัดผลส้มที่ลอยอยู่เหนือระดับน้ำประมาณครึ่งผลออกไป ส่วนผลส้มที่ปกติมักลอยน้ำอยู่ในระดับเดียวกับผิวน้ำ ในปัจจุบันมีการนำเทคนิค NIRS มาใช้ในคัดคุณภาพภายใน เช่น ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้และกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ เป็นต้น โดยการนำเอาเครื่อง NIRS มาใช้กับระบบสายพานในการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวส้ม (จักรพงศ์ และคณะ, 2554; พิเชษฐ์ และคณะ, 2556)

3) การล้างทำความสะอาด

3.1) ก่อนนำผลส้มออกสู่ตลาดล้าง/กำจัดฝุ่นละอองและสิ่งสกปรกที่ติดอยู่ที่ผิวออกไป ล้างทำความสะอาดด้วยมือในกรณีที่มีผลส้มไม่มาก ส่วนในโรงคัดบรรจุขนาดเล็กมักล้างด้วยน้ำผสมสารประกอบคลอรีน เช่น โซเดียมไฮโพคลอไรต์ ความเข้มข้น 150–200 มิลลิกรัมต่อลิตร ผลส้มควรสัมผัสน้ำคลอรีนประมาณ 1 นาที (สำหรับโรงคัดบรรจุขนาดเล็กที่ไม่ได้ใช้ระบบสายพาน อาจใช้แรงงานมนุษย์ร่วมกับการใช้ฟองน้ำ โดยแช่ผลส้ม 2–3 นาที น้ำที่ใช้ควรผสมโซเดียมไฮโพคลอไรต์ความเข้มข้น 150–200 มิลลิกรัมต่อลิตรลงไปด้วย และล้างผลส้มอีกครั้งในน้ำที่บรรจุอยู่ในถังอีกใบ) ในการล้างทำความสะอาดนี้หากในฤดูกาลที่มีการระบาดของโรคหลังการเก็บเกี่ยวอาจต้องใช้สารฆ่าเชื้อราในการทำความสะอาดด้วยเพื่อป้องกันการแพร่ระบาดของโรคที่อาจทำให้ผลเน่าได้ในภายหลัง

3.2) การล้างทำความสะอาดในโรงคัดบรรจุส้ม เริ่มล้างตั้งแต่แรกรับเข้า (ภาพที่ 3.2) ซึ่งไม่เพียงพอที่ทำให้ผลส้มสะอาดได้ เมื่อเข้าสู่กระบวนการเตรียมผลส้มออกสู่ตลาดโดยใช้ระบบสายพาน ผลส้มผ่านการทำความสะอาดโดยผ่านระบบสายพานที่ฉีดน้ำพ่นลงมาบนผลส้มพร้อมๆ กับที่ผลส้มเคลื่อนหมุนผ่านลูกกลิ้งที่เป็นแปรงมีขนแบบนิ่ม (ภาพที่ 3.3) แปรงช่วยขจัดคราบสกปรกที่เกาะแน่น กำจัดแมลงที่เกาะบนผิวผลส้ม และเชื้อรา sooty mold ซึ่งในขั้นตอนนี้มักทำให้แวกซ์ตามธรรมชาติบนผิวผลส้มหลุดออกไป แปรงที่แข็งเกินไปอาจทำให้ผลส้มเกิดบาดแผลได้ จึงต้อง

ระมัดระวังและเลือกขนแปรงให้เหมาะสม นอกจากนี้การหมุนของแปรงเร็วเกินไป (มากกว่า 100 รอบต่อนาที) อาจทำให้ผลส้มเกิดบาดแผลได้เช่นกัน ควรให้ส้มผ่านแปรงไม่เกิน 20 วินาที ช่วยลดความเสียหายของเปลือกส้มได้ หลังจากนั้นผลส้มผ่านไปสู่ลูกกลิ้งที่เป็นฟองน้ำเพื่อกำจัดน้ำที่ผิวของเปลือกผลส้ม การล้างทำความสะอาดควรมีการจัดการที่เหมาะสมเพื่อให้ผลิตผลเกิดความเสียหายน้อยที่สุด โดยพิเชษฐ์ และคณะ (2556) รายงานว่า การสูญเสียของผลส้มสายน้ำผึ้งเกิดการสูญเสียมากที่สุดในกระบวนการล้างทำความสะอาดผลส้ม 34.85 เปอร์เซ็นต์ โดยพบการหลุดของขั้วผล ผลส้มแตก และเกิดบาดแผล ทำให้ผลส้มการสูญเสียก่อนที่มาถึงผู้บริโภค

ภาพที่ 3.3 ผลส้มที่หมุนอยู่บนแปรงทำความสะอาดผิว
ที่มา: นิธิยา และดนัย (2559)

4) **การกำจัดสีเขียว**เปลือกของผลส้มไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพ แต่จะช่วยเปลี่ยนสีผิวให้เป็นที่พอใจของผู้บริโภค ในสภาพแวดล้อมมีอุณหภูมิสูงจะทำให้เปลือกผลส้มไม่เปลี่ยนเป็นสีเหลืองหรือสีส้มนั้น ผู้ผลิตบางรายอาจจะจำกัดสีเขียวที่ผิวเพื่อให้ผลเปลี่ยนสี ซึ่งวิธีการกำจัดโดย

4.1) การใช้แก๊สเอทิลีน ความเข้มข้น 1–10 มิลลิลิตรต่อลิตร ที่อุณหภูมิ 20–25 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ประมาณ 90 เปอร์เซ็นต์ ประมาณ 2–3 วัน ในระหว่างการกำจัดสีเขียวที่เปลือกผลส้มต้องควบคุมไม่ให้แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์สะสมอยู่ภายในห้องเกิน 2,000 มิลลิลิตรต่อลิตร (0.2 เปอร์เซ็นต์) เพราะจะยับยั้งการเปลี่ยนสีผิวของผลส้มได้ ซึ่งสามารถปฏิบัติได้โดยการ

เปลี่ยนอากาศภายในห้องทุกๆ ชั่วโมง ซึ่งจะช่วยควบคุมอุณหภูมิได้ง่ายและทำให้การกระจายของแก๊สเอทิลีนดีขึ้น

4.2) **การใช้แคลเซียมคาร์ไบด์** ซึ่งมีลักษณะเป็นก้อน มีจำหน่ายทั่วไปเรียกว่า “ถ่านแก๊ส” เมื่อได้รับความชื้น แคลเซียมคาร์ไบด์จะรวมกับน้ำและเกิดเป็นแก๊สเอทิลีน ซึ่งให้ผลเหมือนการใช้แก๊สเอทิลีน แต่ต้องใช้ในระดับความเข้มข้นสูง อาจทำให้กลิ่นของแคลเซียมคาร์ไบด์ติดไปด้วย การใช้แคลเซียมคาร์ไบด์เพื่อกำจัดสีเขียวที่ผิวผลส้ม ในทางปฏิบัตินิยมทำให้ก้อนแคลเซียมคาร์ไบด์มีขนาดเล็กลงหรือเป็นผงหยาบ ใช้น้ำหนักประมาณ 10 กรัม ห่อด้วยกระดาษ จากนั้นสอดเข้าไปในภาชนะบรรจุผลส้มในอัตราส่วน 10 กรัมต่อผลส้ม 3–5 กิโลกรัม ควรคลุมด้วยผ้าหรือพลาสติกเพื่อป้องกันไม่ให้แก๊สเอทิลีนฟุ้งกระจาย วิธีนี้เป็นวิธีที่ใช้แรงงานมากและผลส้มมักเปลี่ยนสีไม่สม่ำเสมอกัน

5) **การเคลือบผิวด้วยแวกซ์** เพื่อทดแทนแวกซ์ตามธรรมชาติบนผิวผลส้มหลุดออกไปจากการล้างและการขัดผิว การเคลือบแวกซ์ช่วยลดอัตราการสูญเสียน้ำของผลส้มทำให้เปลือกไม่เหี่ยวเร็วเกินไป ทำให้มีอายุวางจำหน่ายและเก็บรักษาได้นานขึ้น นอกจากนี้ยังทำให้ผลส้มมันวาวช่วยดึงดูดความสนใจของผู้บริโภค โดยแวกซ์ที่ใช้เตรียมสารเคลือบผิวผลส้มอาจมาจากแหล่งต่างๆ ได้แก่ 1) **แวกซ์จากพืช** สกัดได้จากผิวพืชมีหลายชนิด แต่ที่นิยมใช้เป็นส่วนผสมของสารเคลือบผิวผลไม้ เช่น คาร์นูบาแวกซ์ และแคนเดลิลาแวกซ์ 2) **แวกซ์จากสัตว์** มีความแตกต่างกันหลายชนิด แต่ที่นิยมใช้เป็นส่วนผสมของสารเคลือบผิว เช่น เชลแล็ก, Spermaceti, แวกซ์ขนแกะ และแวกซ์ผึ้ง 3) **ปิโตรเลียมแวกซ์** เป็นผลพลอยได้จากการกลั่นน้ำมันปิโตรเลียมมี 4 ชนิดแตกต่างกัน ชนิดที่สามารถนำมาใช้ในการเคลือบผิวได้ เช่น พาราฟฟินแวกซ์ และแวกซ์ที่มีผลึกขนาดเล็ก 4) **แวกซ์จากฟอสซิล** เช่น montan wax แต่ไม่นิยมใช้เป็นส่วนผสมของสารเคลือบผิวเนื่องจากมีสีเข้ม 5) **แวกซ์สังเคราะห์ทางเคมี** เช่น พอลิเอทิลีนแวกซ์, พอลิออกซี

เอทิลีนไกลคอล และซอร์บิทอล โดยการเคลือบผิวเริ่มจากการล้างทำความสะอาดและผ่านขั้นตอนการทำให้ผลส้มแห้งหมาดๆ (ภาพที่ 3.4ก) จากนั้นเข้าสู่การแวกซ์โดยมีระบบหัวฉีดที่ติดตั้งอยู่เหนือระบบสายพานที่เป็นลูกกลิ้งของแปรงที่มีขนอ่อนๆ หัวฉีดจะฉีดพ่นลงมาที่ผลส้มซึ่งหมุนอยู่บนลูกกลิ้งและแปรงจะช่วยปัดแวกซ์ให้กระจายทั่วผลส้ม (ภาพที่ 3.4ข) ผลส้มที่กลิ้งมาตามสายพานจะช่วยดันผลส้มที่แวกซ์แล้วให้เคลื่อนผ่านข้าไปในอุโมงค์ลมร้อน ที่อุณหภูมิประมาณ 40–42 องศาเซลเซียส ทำให้แวกซ์แห้งติดบนผลส้ม (ภาพที่ 3.4ค) (การเคลือบผลแวกซ์นี้สามารถผสมสารฆ่าเชื้อรา และสีย้อมผิวส้มลงไปได้ โดยสีที่ผสมความเข้มข้นต้องไม่เกิน 2 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)

ภาพที่ 3.4 การใช้ฟองน้ำดูดซับน้ำให้แห้งก่อนเคลือบ (ก) การเคลือบผิวผลส้ม (ข) และการอบลมร้อนให้ผิวผลส้มแห้ง (ค)

ที่มา: นิธิยา และดนัย (2559)

Roongruangsri *et al* (2009) รายงานว่า สารพอลิเอทิลีนแคนเดลิลาแวกซ์ อัตราส่วน 60:40 (PE 60 เปอร์เซ็นต์) สามารถเคลือบผิวส้มสายน้ำผึ้งได้ดี ทำให้ผิวส้มมันเงา และคงคุณภาพไว้ได้เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 21 วัน และในการศึกษาการ

ประยุกต์ใช้ไขรำข้าวในการเคลือบผิวส้มเขียวหวานของวาริช และคณะ (2556ข) พบว่า การเคลือบผิวส้มด้วยสารเคลือบที่มีไขรำข้าวบริสุทธิ์ร้อยละ 0.1 และส่วนประกอบอื่นๆ เช่น กรดโอเลอิก แอมโมเนีย กลีเซอรอล เอทานอล และน้ำ สามารถชะลอการสูญเสียน้ำได้ดีกว่าส้มที่ไม่เคลือบผิว โดยการเคลือบผิวสามารถสร้างสภาพบรรยากาศดัดแปลงภายในผลทำให้ลดการสูญเสียน้ำหนักได้ สารเคลือบผิวผลส้มจำกัดการผ่านเข้าออกของแก๊สภายในผลส้มกับสิ่งแวดล้อม เมื่อมีการสะสมของปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ภายในผลส้มมากขึ้นและปริมาณแก๊สออกซิเจนลดลงจนไม่เพียงพอต่อการหายใจ อาจทำให้เกิดการหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจน มีการสังเคราะห์แอซีทัลดีไฮด์และเอทานอลขึ้นภายในผลส้มทำให้เกิดกลิ่นหมักและรสชาติผิดปกติ งานทดลองของปาริชาติ และคณะ (2554) พบว่า ภายหลังการเก็บเกี่ยวผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่ไม่เคลือบผิวและเคลือบผิวมีปริมาณเอทานอลเท่ากับ 264.60 และ 949.18 ส่วนในล้านส่วน ตามลำดับ ระยะเวลาวางจำหน่ายที่ 12 วัน ผลส้มมีปริมาณเอทานอลเพิ่มขึ้น เท่ากับ 302.97 และ 1,537.13 ส่วนในล้านส่วน ตามลำดับ โดยผลส้มที่ผ่านการเคลือบผิวมีปริมาณเอทานอลเพิ่มขึ้นตลอดการวางจำหน่าย

6) **การบรรจุหีบห่อ** ป้องกันผลส้มไม่ให้เสียหาย ช่วยอำนวยความสะดวกในการจัดการหลังการเก็บเกี่ยว และสามารถดึงดูดให้ผู้บริโภคมีความต้องการซื้อ โดยภาชนะบรรจุที่ใช้มีความเหมาะสมแตกต่างกันไป ได้แก่

6.1) ภาชนะที่ใช้บรรจุภายในสวนระหว่างการเก็บเกี่ยว ในประเทศไทยนิยมใช้ตะกร้าพลาสติกเป็นชนิดที่สามารถวางซ้อนทับกันได้ ส่วนในประเทศสหรัฐอเมริกาสวนส้มมีขนาดใหญ่มักใช้ลังไม้หรือพลาสติกขนาดใหญ่ เรียก pallet bin ต้องใช้รถโฟล์คลิฟต์ในการยกภายหลังบรรจุผลส้ม ซึ่งตามหลักของการผลิตทางการเกษตรที่ดีและเหมาะสมภาชนะกลุ่มนี้จะใช้ในสวนเท่านั้น ไม่ควรนำเข้าโรงคัดบรรจุเพราะมักมีเศษดินและฝุ่นละอองติดจำนวนมาก

6.2) ภาชนะที่บรรจุที่ใช้บรรจุผลส้มจากโรงคัดบรรจุไปยังตลาดมีหลากหลายขึ้นอยู่กับความต้องการของผู้บริโภค ผลส้มที่บรรจุในกล่องกระดาษลูกฟูกน้ำหนักประมาณ 10 กิโลกรัม (ภาพที่ 3.5) มักเป็นผลส้มในชั้นคุณภาพ 1 และ 2 โดยการบรรจุลงกล่องโดยตรง มีไส้กระดาษแบ่งพื้นที่ให้บรรจุผลส้มแต่ละผลแยกจากกัน (ภาพที่ 3.6) และผู้ผลิตบางรายอาจบรรจุผลส้มลงในถุงตาข่ายก่อนนำบรรจุลงในกล่องกระดาษลูกฟูกอีกครั้งหนึ่ง (ภาพที่ 3.7)

ภาพที่ 3.5 การบรรจุผลส้มในกล่องกระดาษ

ที่มา: ดนัย และคณะ (2554ข)

ภาพที่ 3.6 การบรรจุผลส้มในกล่องกระดาษที่มีไส้กระดาษแบ่งพื้นที่ให้แต่ละผลแยกจากกัน

ที่มา: นิธิยา และดนัย (2559)

ภาพที่ 3.7 บรรจุผลส้มในถุงตาข่ายเพื่อการจำหน่ายปลีก

ที่มา: นิธิยา และดนัย (2559)

ในโรงคัดบรรจุผลส้มในประเทศจีนบางรายจะห่อผลส้มแต่ละผลด้วยกระดาษ (ภาพที่ 3.8) ส่วนผู้ค้าปลีกจะห่อด้วยพลาสติกหรือในถุงพลาสติกขนาดเล็ก (ภาพที่ 3.9)

ภาพที่ 3.8 การห่อผลส้มภายในโรงคัดบรรจุ
ที่มา: นิธิยา และดนัย (2559)

ภาพที่ 3.9 การห่อผลส้มด้วยแผ่นพลาสติกใสโดยผู้ค้าปลีก
ที่มา: นิธิยา และดนัย (2559)

ข้อกำหนดในการจัดเรียงและบรรจุภัณฑ์

บรรจุในกล่องกระดาษลูกฟูกน้ำหนักประมาณ 10 กิโลกรัม นิยมใช้กับผลที่มีคุณภาพดี ผิวสวย โดยเรียงผลส้มลงในกล่องโดยตรง มีไส้กระดาษแบ่งพื้นที่ให้ผลส้มแต่ละผลแยกจากกันหรือเรียงผลส้มบนถาดหลุมที่ทำให้ผลส้มไม่สัมผัสกัน อาจมีจำนวนผลส้มแตกต่างกันออกไป เช่น 84 ผล 72 ผล และ 60 ผล ซึ่งแสดงขนาดของผลส้ม หรืออาจบรรจุผลส้มลงกล่องตามขนาดเบอร์ 4, 5, 6 และ 7 เป็นต้น

การเก็บรักษา

การเก็บรักษาในห้องเย็นหรือการเก็บรักษาในสภาพอุณหภูมิต่ำ ช่วยชะลอการสูญเสียน้ำหนักของผลส้มและยืดอายุการเก็บรักษาได้ โดยส้มเปลือกล่อนเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5–8 องศาเซลเซียส การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียสของส้มสายน้ำผึ้งและส้มสีทองสามารถเก็บรักษาได้นาน 28 วัน

(Roongruangsri *et al.*, 2013) แต่เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำกว่า 5 องศาเซลเซียส ผลส้มอาจเกิดอาการสะท้านหนาวได้ อุษาวดี และคณะ (2554ก); อุษาวดี และคณะ (2554ข); Chanasut *et al* (2018) รายงานว่า ส้มสายน้ำผึ้งแสดงลักษณะผิดปกติจากอาการสะท้านหนาวเมื่อเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 3 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 21 วัน และแสดงอาการสะท้านหนาวมากขึ้นเมื่อนำมาวางไว้ที่อุณหภูมิห้อง อาการสะท้านหนาว เช่น เปลือกยุบตัว ต่อมน้ำมันแตก และเปลือกมีรอยสีน้ำตาล และได้ศึกษาผลของ salicylic acid (SA) และ methyl jasmonate (MJ) พบว่า การจุ่มสารละลาย SA ช่วยลดปริมาณ malondialdehyde (MDA) แต่ MJ ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำจะเพิ่มปริมาณ conjugated trienols (CTols) ทั้งนี้ SA และ MJ ช่วยลดการเกิดอาการสะท้านหนาวและลดการสูญเสียน้ำ โดยความเข้มข้นที่เหมาะสมสำหรับใช้จุ่มผลก่อนการเก็บรักษา คือ 10 ไมโครโมลาร์ นอกจากนี้ วาริช และคณะ (2556ก) เก็บรักษาส้มเขียวหวานที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส ความชื้น 90–95 เปอร์เซ็นต์ พบว่า เก็บรักษาส้มเขียวหวานได้นาน 30 วัน การเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำทำให้ผลส้มมีอัตราการหายใจต่ำและมีการสูญเสียน้ำเกิดขึ้นน้อย

– อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ที่เหมาะสม

การเก็บรักษาผลส้มขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ ความแก่ และการควบคุมโรค โดยส้มเปลือกล่อนเก็บรักษาที่อุณหภูมิประมาณ 5–8 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 90–95 เปอร์เซ็นต์ ในระหว่างการเก็บรักษาหากอุณหภูมิต่ำกว่า 5 องศาเซลเซียส ผลส้มอาจเกิดอาการสะท้านหนาวซึ่งทำให้เปลือกส้มมีอาการยุบตัวลง กลิ่นและรสชาติผิดปกติไป

– อัตราการหายใจ

ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ผลส้มมีอัตราการหายใจประมาณ 4–8 มิลลิกรัมคาร์บอนไดออกไซด์ต่อกิโลกรัมต่อชั่วโมง และเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิสูงขึ้น (ที่ 20 องศาเซลเซียส) อัตราการหายใจเพิ่มขึ้นเป็น 20–30 มิลลิกรัมคาร์บอนไดออกไซด์ต่อกิโลกรัมต่อชั่วโมง ซึ่งอายุการเก็บรักษารวมทั้งคุณภาพของผลิตผลภายหลังการเก็บเกี่ยวขึ้นอยู่กับอัตราการหายใจเป็นสำคัญ (จริงแท้, 2541) โดยการหายใจมี 2 แบบ ได้แก่ การหายใจแบบที่ใช้ออกซิเจน (เป็นกระบวนการทางชีวเคมีใน

สิ่งมีชีวิต ซึ่งสารอาหารถูกเปลี่ยนให้เป็นพลังงานสำหรับใช้ในการดำรงชีวิต) และการหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจน เป็นการหายใจแบบที่เกิดขึ้นในสภาพที่มีปริมาณออกซิเจนต่ำในระหว่างการเก็บรักษา ซึ่งอาจจะทำให้เกิดภาวะขาดออกซิเจนและมีการสังเคราะห์แอซีทัลดีไฮด์และเอทานอลขึ้นภายในผลส้ม ส่งผลให้เกิดกลิ่นและรสชาติผิดปกติ โดยเฉพาะเมื่อเก็บรักษาผลส้มที่เคลือบผิวไว้ที่อุณหภูมิสูงส่งผลให้เกิดกลิ่นและรสชาติผิดปกติได้เร็วขึ้น ปาริชาติ และคณะ (2556) จึงได้นำเทคนิค NIRS (วัดสเปกตรัมของตัวอย่างที่เป็นของเหลวด้วยเครื่อง NIR spectrophotometer โดยบรรจุตัวอย่างใน cuvette cell) มาใช้เพื่อตรวจหาปริมาณเอทานอลในผลส้มสายน้ำผึ้ง พบว่า เนียร์อินฟราเรดสเปกโทรสโกปี สามารถใช้ตรวจหาปริมาณเอทานอลในน้ำคั้นผลส้มได้ โดยการบรรจุใน cuvette cell และสามารถพัฒนาต่อไปสำหรับใช้กับการวิเคราะห์เชิงปฏิบัติได้

– การผลิตเอทิลีน

ไม่มีการรายงาน

– การตอบสนองต่อเอทิลีน

การให้เอทิลีน 4 ไมโครลิตรต่อลิตรกับส้มเปลือกล่อนเป็นเวลา 48 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส ส่งผลทำให้เปลือกผลเปลี่ยนเป็นสีส้มอ่อนหรือสีส้มเข้มได้ (Mayuoni *et al.*,2011)

การลดสารพิษตกค้าง

สารพิษตกค้างบนเปลือกผลส้มเป็นปัญหาด้านความปลอดภัยต่อผู้บริโภค โดยสารเคมีกำจัดศัตรูพืชที่ตกค้าง ได้แก่ อีไทออน, โพรฟีโนฟอส และไตรเอโซฟอส นอกจากนั้นปัญหาอีกอย่างหนึ่งในอุตสาหกรรมการผลิตส้ม คือ การปนเปื้อนของเชื้อรา *Penicillium digitatum* ซึ่งเกษตรกรยังมีความจำเป็นต้องใช้สารเคมีกำจัดเชื้อราเพื่อควบคุมโรคนี้ทำให้เกิดสารพิษตกค้างที่บางประเทศผู้นำเข้าไม่ยอมรับ ในต่างประเทศการเก็บรักษาผลส้มเป็นเวลานานๆ มักมีเชื้อราสีเขียวหรือราสีน้ำเงินซึ่งดื้อต่อสารเคมีกำจัดเชื้อรา จึงต้องล้างผลส้มเพื่อลดการปนเปื้อนจุลินทรีย์และลดปริมาณสารพิษตกค้างซึ่งทำหลังจากการคัดเลือกผลที่มีตำหนิออกไปแล้ว โดยวิธีการล้างผล

1) **การล้างด้วยน้ำสบู่และสารซักล้าง** มีคุณสมบัติในการยับยั้งและทำลายจุลินทรีย์ ทำให้เยื่อหุ้มเซลล์ของจุลินทรีย์ฉีกขาด หลังจากนั้นสารต่างๆ สามารถผ่านเข้าออกเซลล์ได้มาก เซลล์ของจุลินทรีย์จึงถูกทำลาย

2) **การล้างด้วยสารฆ่าเชื้อชนิดต่างๆ** การล้างด้วยน้ำธรรมดาไม่สามารถลดการปนเปื้อนเหล่านี้ได้ จึงใช้สารฆ่าเชื้อชนิดต่างๆ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการลดปริมาณจุลินทรีย์ โดยสารฆ่าเชื้อที่นิยมใช้ในการล้างผลส้ม ได้แก่

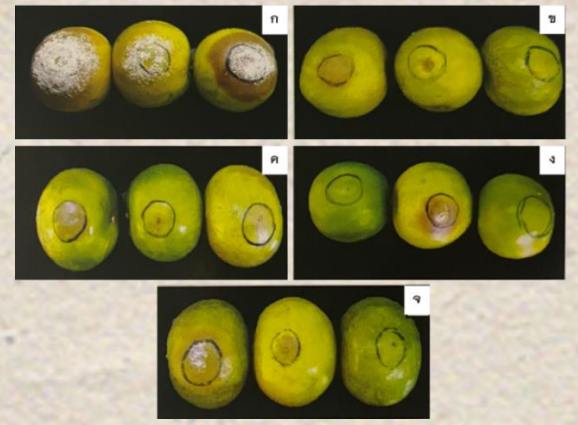
2.1) **สารประกอบคลอรีน** เป็นสารที่นิยมใช้กันอย่างกว้างขวางเพื่อการล้างผักและผลไม้ การล้างด้วยคลอรีนหรือไฮโพคลอไรต์สามารถทำลายแบคทีเรียในน้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพและประหยัด โดยสามารถควบคุมโคเน่าได้ดีที่สุด สามารถใช้ในรูปแก๊สคลอรีนความเข้มข้นที่เหมาะสมในการใช้อยู่ในช่วง 50–200 มิลลิกรัมต่อลิตร ระยะเวลาในการล้าง 1–2 นาที

2.2) **กรดอินทรีย์** กรดแอซีติกถูกนำมาใช้ในอุตสาหกรรมถนอมอาหารซึ่งมีความรุนแรงตามระดับความเข้มข้นที่ใช้ และได้มีการนำมาใช้ในการล้างผักและผลไม้หลังการเก็บเกี่ยวซึ่งสามารถควบคุมโรคเน่าหลังการเก็บเกี่ยวได้ด้วยการรมไอระเหยของกรดแอซีติกที่ความเข้มข้น 2.7 มิลลิกรัมต่อลิตร

2.3) **น้ำอิเล็กโทรไลต์** (Electrolyzed oxidizing water; EO water) ผลิตมาจากน้ำและเกลือแกง สามารถฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ต่างๆ ได้ นอกจากนั้นการศึกษาการใช้น้ำอิเล็กโทรไลต์ที่มีผลต่อการเจริญของเชื้อรา *P. digitatum* ซึ่งเป็นราสีเขียวที่ทำให้เกิดโรคเน่าของผลส้มหลังการเก็บเกี่ยว โดยการแช่ผลส้มในน้ำอิเล็กโทรไลต์เป็นเวลา 4, 8 และ 16 นาที แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 28 วัน พบว่า การแช่ผลส้มในน้ำอิเล็กโทรไลต์เป็นเวลา 8 และ 16 นาที สามารถควบคุมโรคได้ดี โดยไม่ผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของส้ม (Whangchai *et al.*, 2010)

2.4) **โอโซน (ozone, O_3)** เป็นแก๊สสีฟ้า โอโซนถูกผลิตขึ้นในธรรมชาติโดยการแผ่รังสีอัลตาไวโอเลตจากดวงอาทิตย์และการเกิดฟ้าแลบ ในทางการค้าแก๊สโอโซนถูกผลิตขึ้นมาโดยการใช้รังสีอัลตาไวโอเลต ที่ความยาวคลื่น 185 นาโนเมตร หรือ corona discharge โดยการปล่อยกระแสไฟฟ้าเพื่อให้โมเลกุลของออกซิเจนแตกตัวและรวมตัวกันเป็นแก๊สโอโซน ในปัจจุบันมีการใช้แก๊สโอโซนในอุตสาหกรรมอย่างกว้างขวาง เช่น การฆ่าเชื้อโรค, การกำจัดสารพิษ และการดับกลิ่น เป็นต้น ซึ่งมีคุณสมบัติในการออกซิไดซ์อย่างแรงในบรรดาตัวออกซิไดซ์ทางเคมีที่มีอยู่มากมาย ซึ่งสูงกว่าคลอรีน 1.52 เท่า และประสิทธิภาพของโอโซนยังไม่ก่อให้เกิดสารพิษตกค้างที่เป็นอันตรายเหมือนกับการใช้สารเคมีชนิดอื่น กานดา และคณะ (2554) ได้ศึกษาประสิทธิภาพของน้ำโอโซนที่มีอัตราไหล 25 มิลลิลิตรต่อนาที ที่อุณหภูมิ 5, 15 และ 25 องศาเซลเซียส ในการลดปริมาณสารฆ่าแมลงอีไทออนของผลส้ม พบว่า การให้โอโซนอุณหภูมิที่ 15 องศาเซลเซียส มีประสิทธิภาพในการสลายสารอีไทออนมากที่สุด ซึ่งระยะเวลาที่เพิ่มขึ้นมีแนวโน้มทำให้เกิดการสลายตัวของสารอีไทออนเพิ่มมากขึ้นด้วย และเปอร์เซ็นต์การสลายตัวเพิ่มสูงสุดเป็น 80.56 เปอร์เซ็นต์ ที่เวลา 45 นาที ซึ่งมากกว่าเมื่อเทียบกับการให้โอโซนที่อุณหภูมิ 5 และ 25 องศาเซลเซียส

2.5) **ไมโครบับเบิลโอโซน (microbubble ozone)** เป็นเทคโนโลยีที่นำมาใช้ในการแก้ปัญหาการละลายในน้ำของแก๊สโอโซน ไมโครบับเบิลทำให้ขนาดของฟองอากาศที่ได้รับโอโซนมีขนาดเล็กลงน้อยกว่า 10 ไมโครเมตร ซึ่งช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการใช้โอโซน โดยเพิ่มความสามารถในการออกซิไดส์ทำให้โครงสร้างของสารพิษแตกตัว ความเป็นพิษจึงลดลงเมื่อใช้ไมโครบับเบิลร่วมกับน้ำอิเล็กโทรไลต์เพียง 5 หรือ 10 นาที สามารถควบคุมโรคเน่าราสีเขียวในผลส้มสายน้ำผึ้งได้ดีดังแสดงในภาพที่ 3.10 (สุมีชัย และกานดา, 2558)

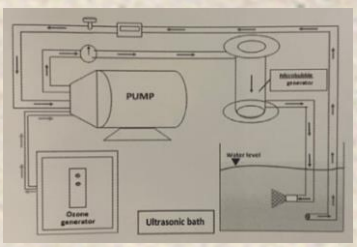


ภาพที่ 3.10 การล้างผลส้มด้วยไมโครบับเบิลร่วมกับน้ำอิเล็กโทรไลต์ 5 นาที (ข), 10 นาที (ค), 15นาที (ง) และ 30 นาที (จ) เมื่อเปรียบเทียบกับการล้างด้วยน้ำกลั่น (ก)

ที่มา: สุมีชัย และกานดา (2558)

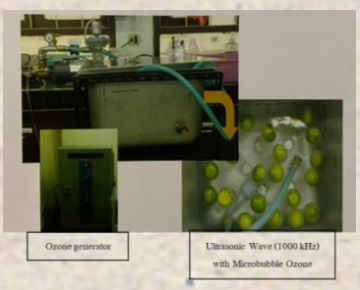
2.6) **อัลตราโซนิก** เป็นคลื่นอัลตราโซนิก (ultrasonic wave) ที่มีความถี่สูง เป็นเทคโนโลยีที่ใช้เพิ่มประสิทธิภาพในการลดการปนเปื้อนของสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ โดยทำให้โมเลกุลของน้ำเกิดจุดที่มีอุณหภูมิและความดันสูง (sonolysis) ก่อให้เกิดอนุมูลอิสระ (radical species) ได้แก่ $^{\bullet}H$, $^{\bullet}OH$, $^{\bullet}OOH$ ที่สามารถเข้าทำลายโครงสร้างของสารเคมีในสารละลายได้โดยตรง เมื่อใช้อัลตราโซนิกที่ความถี่ 1000 กิโลเฮิรตซ์ ล้างส้มสายน้ำผึ้ง สามารถทำให้สารอีทิออนสลายตัวมากสุด คือ 69.87 เปอร์เซ็นต์ และการใช้อัลตราโซนิกร่วมกับโอโซนทำให้สารทั้งสองตัวสลายได้ดีกว่าการให้อัลตราโซนิกหรือโอโซนเพียงอย่างเดียว คุณสมบัติของอัลตราโซนิกอีกหนึ่งประการ คือ สามารถเขย่าโมเลกุลของสารเคมีฆ่าแมลงที่ติดอยู่ที่เปลือกผลส้ม ทำให้หลุดออกมาง่าย และโอโซนจึงเข้าทำปฏิกิริยาอีกครั้งหนึ่ง (Whangchai *et al.*, 2013) นอกจากนี้ Whangchai *et al* (2017) ได้ศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพการออกซิเดชันโดยใช้ไมโครบับเบิลโอโซนร่วมกับคลื่นอัลตราโซนิกในการลดปริมาณสารอีทิออนที่ตกค้างในผลส้มสายน้ำผึ้งที่

ระยะเวลา 15, 30, 45 และ 60 นาที โดยมีเครื่องต้นแบบไมโครบับเบิลโอโซนร่วมกับคลื่นอัลตราโซนิกที่ใช้ในการทดลองดังภาพที่ 3.11 และ 3.12 พบว่า การล้างผลส้มสายน้ำผึ้งที่ให้ไมโครบับเบิลโอโซนร่วมกับคลื่นอัลตราโซนิกความถี่ 1000 กิโลเฮิรตซ์ สามารถลดสารอีทิออนที่ตกค้างได้มากขึ้นเมื่อเวลาเพิ่มขึ้น โดยมีอัตราการสลายตัวของอีทีออนเพิ่มอย่างรวดเร็วภายในเวลา 15 นาที และมีการสลายตัวสูงสุดถึง 73 เปอร์เซ็นต์ ที่เวลา 60 นาที และยังสามารถควบคุมการเจริญของเชื้อรา *P. digitatum* ในผลส้มได้ดี (ภาพที่ 3.13)



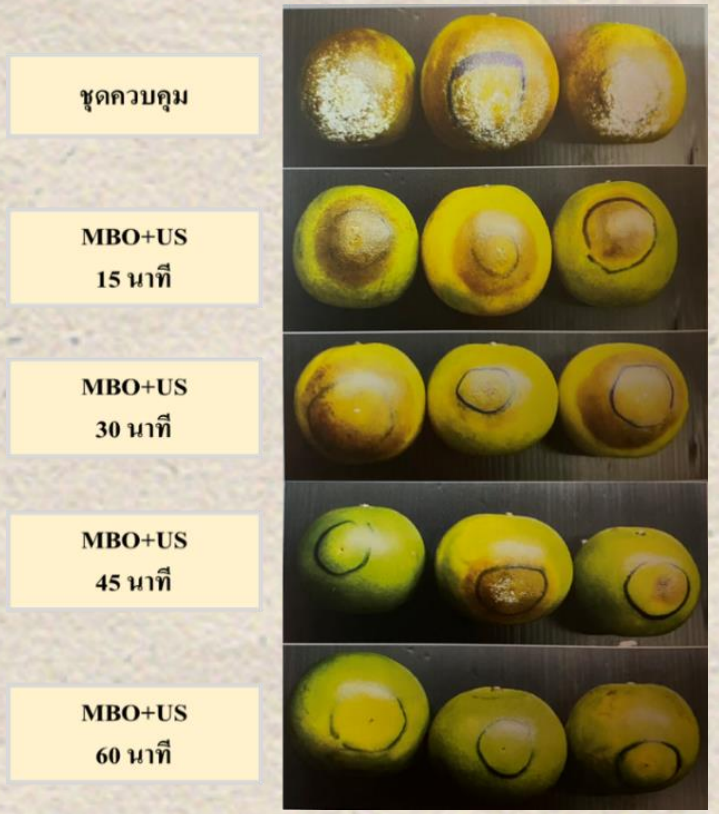
ภาพที่ 3.11 เครื่องต้นแบบไมโครบับเบิลโอโซนร่วมกับคลื่นอัลตราโซนิกที่ใช้ในการทดลอง

ที่มา: กานดา และคณะ (2555)



ภาพที่ 3.12 การใช้ไมโครบับเบิลโอโซนร่วมกับคลื่นอัลตราโซนิกในการล้างผลส้มสายน้ำผึ้งเพื่อลดปริมาณสารอีทิออนตกค้าง

ที่มา: กานดา และคณะ (2555)



ภาพที่ 3.13 ผลของไมโครบับเบิลโอโซน (MBO) ร่วมกับคลื่นอัลตราโซนิก (US) ที่ความถี่ 1000 กิโลเฮิรตซ์ เป็นเวลา 15, 30, 45 และ 60 นาที ต่อการควบคุมการเจริญของเชื้อรา *P. digitatum* ในผลส้มสายน้ำผึ้ง

ที่มา: กานดา และคณะ (2555)

ความเสียหาย

– ความเสียหายทางกล

1) **การสูญเสียที่เกิดจากรอยฉีกบริเวณรอบขั้วผล** เกิดขึ้นกับผลส้มในขั้นตอนการเก็บเกี่ยวมากที่สุด ซึ่งสาเหตุการสูญเสียดังกล่าวยังไม่สามารถอธิบายได้ว่าเกิดจากสาเหตุใด

ภาพที่ 3.14 การสูญเสียเนื่องจากรอยฉีกบริเวณขั้วผลส้ม

ที่มา: อุราภรณ์ และคณะ (2546); นิธิยา และดนัย (2559)

2) **การสูญเสียที่เกิดจากรอยแตก** (fruit cracking) พบรอยแตกได้ที่บริเวณเปลือกของผลส้ม มักพบในขั้นตอนการขนย้าย, การขนส่งระยะทางไกล และการบรรจุผลส้มในภาชนะแน่นเกินไปซึ่งการกดทับทำให้เกิดรอยแตก

ภาพที่ 3.15 การสูญเสียเนื่องจากเกิดรอยแตกที่ผลส้ม
ที่มา: ดนัย และคณะ (2554ข); นิธิยา และดนัย (2559)

3) **การสูญเสียที่เกิดจากขั้วหลุด** พบในขั้นนตอนการเก็บเกี่ยวเนื่องจากใช้แรงงานคนมีโอกาสทำให้ขั้วผลหลุด นอกจากนั้นยังพบการหลุดของขั้วผลส้มในช่วงวางจำหน่าย เมื่อผลส้มมีอายุนานขึ้นความแข็งแรงของขั้วผลลดลงทำให้ขั้วหลุดร่วงได้ง่าย (ภาพที่ 3.16) โดยการหลุดร่วงของขั้วผลนั้นส่งผลต่อการเข้าทำลายของจุลินทรีย์หลังการเก็บเกี่ยว ทำให้ผลส้มเน่าและยังอาจทำให้สูญเสียน้ำหนักได้ด้วย

ภาพที่ 3.16 การสูญเสียเนื่องจากขั้วผลส้มหลุด
ที่มา: ดนัย และคณะ (2554ข); นิธิยา และดนัย (2559)

4) **การสูญเสียที่เกิดจากแผลสดบริเวณผิวของผลส้ม** เกิดจากก้านผลที่ยาวและแหลมคมทิ่มแทงภายหลังการเก็บเกี่ยว (ภาพที่ 3.17) หรือเกิดจากกรรไกรตัดขั้วผลทิ่มแทงในระหว่างการเก็บเกี่ยว ทำให้ผลส้มเกิดบาดแผลบริเวณผิว

เปลือก ส่งผลให้จุลินทรีย์เข้าทำลายได้ ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของพิเชษฐ์ และคณะ (2556) รายงานว่า การสูญเสียส่วนใหญ่ในขั้นตอนคัดบรรจุส้มสายน้ำผึ้ง ซึ่งเกิดจากการตัดขั้วผลที่ไม่ดีส่งผลให้ขั้นตอนคัดบรรจุที่ผลเกิดแผลจากการทิ่มแทงกันของขั้วผลได้ง่าย ซึ่งแผลที่เกิดขึ้นทำให้ผลส้มสูญเสียความชื้นและทำให้เชื้อจุลินทรีย์และโรคเข้าทำลายได้ง่าย นอกจากนั้นยังอาจส่งผลต่อคุณภาพการเก็บรักษาของผลส้มสายน้ำผึ้งได้

ภาพที่ 3.17 การสูญเสียเนื่องจากการตัดปลายขั้วแหลมทำให้ขีดข่วนผลส้มอื่นๆ เกิดบาดแผล

ที่มา: ดนัย และคณะ (2554ข); นิธิยา และดนัย (2559)

5) **การสูญเสียที่เกิดอาการช้ำบริเวณแก้มผลส้ม** เกิดขึ้นในขั้นตอนการขนย้าย การถ่ายเท และการขนส่งไปยังตลาดปลายทาง ซึ่งเกิดจากการกระแทกหรือโยนภาชนะบรรจุที่บรรจุผลส้มอย่างรุนแรงระหว่างการนำผลส้มขึ้นและลงจากรถที่ใช้ขนส่ง ทำให้บริเวณแก้มผลส้มยุบและผลอ่อนนิ่ม

ภาพที่ 3.18 การสูญเสียของผลส้มเนื่องจากอาการช้ำทำให้เปลือกผลส้มยุบตัว

ที่มา: ดนัย และคณะ (2554ข); นิธิยา และดนัย (2559)

6) **อาการผิวลายจากลม** เกิดจากการที่ลมพัดแล้วทำให้ผลส้มเสียดสีกัน บางผลเสียดสีกับกิ่งก้านของต้นส้ม ซึ่งพบได้ในพื้นที่ที่มีลมแรงหรือมีลดมพัดตลอดเวลา

ภาพที่ 3.19 การสูญเสียเนื่องจากลมพัดส่งผลให้มีลักษณะเป็นรอยแผลขูดที่ผิวผลส้ม

ที่มา: นิธิยา และดนัย (2559)

– ความเสียหายจากโรค

1) **โรคหลังการเก็บเกี่ยวที่มีการเข้าทำลายโดยเชื้อสาเหตุก่อนการเก็บเกี่ยว มักเกิดกับผลส้มภายหลังการเก็บเกี่ยว**

1.1) **โรคขั้วผลเน่าจากเชื้อรา *Diplodia*** เกิดจากเชื้อรา *Diplodia natalensis* ซึ่งเกิดกับผลไม้วงศ์ส้มได้ทุกชนิด โดยเชื้อราชนิดนี้เจริญได้ดีที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส การติดเชื้อมักเกิดบริเวณขั้วของผลส้ม เชื้อราแพร่กระจายไปกลางผล และแพร่ได้เร็วกว่าที่เปลือก ทำให้ปลายผลทั้งสองข้างนิ่มลงและมีสีน้ำตาลถึงดำ

1.2) **โรคขั้วผลเน่าจากเชื้อรา *Phomopsis*** เกิดจากเชื้อรา *Phomopsis citri* มักเป็นปัญหาหลังการเก็บเกี่ยวสำหรับส้มที่ปลูกในเขตร้อนและกึ่งร้อน การติดเชื้อเริ่มตรงขั้วผลของผลส้มเนื้อเยื่อที่ติดเชื้อยุบตัวลงและบริเวณขอบของรอยแผลที่เกิดเห็นเป็นแนวยาวแยกออกจากผิวส้มปกติอย่างชัดเจน ผลส้มค่อยๆ เน่าเสีย โดยเริ่มจากบริเวณเปลือกและแกนกลางผลจนกระทั่งทั่วทั้งผล แต่ไม่กระจายไปยังผลข้างเคียง โรคเน่าชนิดนี้มีสีน้ำตาลอ่อนถึงถึงน้ำตาลเข้ม เกิดกับผลส้มที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง โดยใช้เวลาในการฟักตัวนาน 10–12 วัน

ภาพที่ 3.20 การสูญเสียเนื่องจากโรคขั้วเน่า
ที่มา: อุราภรณ์ และคณะ (2546)

1.3) **โรคแอนแทรกโนส** เกิดจากเชื้อรา *Colletrichum gloeosporioides* อาการของโรคสังเกตได้จากบริเวณของเปลือกผลส้มเปลี่ยนเป็นแผ่นเหนียวๆ สีเทาเงิน ยกตัวสูงขึ้นมาจากส่วนที่เชื่อมกับบริเวณผิวปกติ เมื่อผลเน่าเสียมากขึ้นบริเวณสีเทาเงินเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลถึงเทาเข้มแล้วนิ่มลง การเน่าเสียอาจเริ่มจากบริเวณที่มีบาดแผล ทำให้เกิดแผลที่ยุบตัวลงและมีลักษณะแข็ง

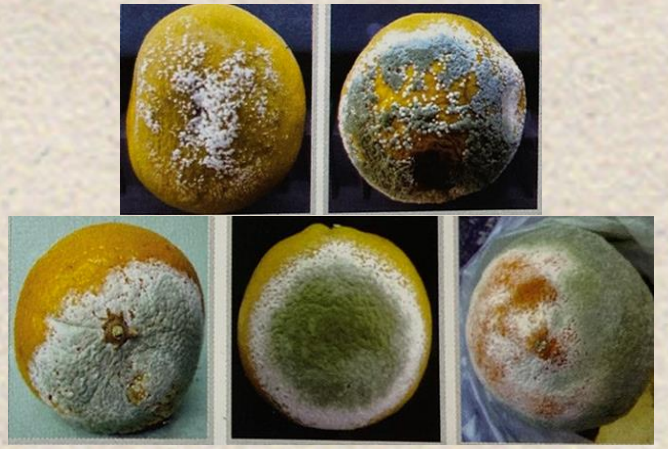
ภาพที่ 3.21 การสูญเสียเนื่องจากโรคแอนแทรกโนส
ที่มา: อุราภรณ์ และคณะ (2546)

1.4) **โรคเน่าสีน้ำตาล** โรคนี้เกิดจากเชื้อรา *Phytophthora palmivora, P.citrophthora, P. nicotianae* และ *P. hibernalis* ในประเทศไทยมีการระบาดของโรคนี้บางปี เชื้อราชนิดนี้ทำให้เกิดโรคในระหว่างปลูกและสามารถทำให้ผลส้มเป็นโรคหลังการเก็บเกี่ยวได้ด้วย บริเวณที่ติดเชื้อรามีสีซีดจาง และเมื่อผลส้มเน่าเสียบริเวณที่ติดเชื้อราจะมีสีน้ำตาลอ่อนเป็นแผ่นและเหนียว และอาจมีเส้นใยสีขาวเกิดขึ้นบริเวณที่เชื้อเข้าทำลาย ผลส้มที่เน่าเสียจากโรคนี้มีกลิ่นเหม็นหืน โรคนี้แพร่กระจายจากผลส้มที่เน่าเสียไปยังผลส้มอื่นๆ ที่อยู่ในกล่องเดียวกัน และหากผลส้มอยู่ที่มีความชื้นสูงเชื้อรามักแพร่กระจายอย่างรวดเร็ว

1.5) **โรคขั้วผลเน่า** เกิดจากเชื้อรา *Alternaria citri* การเน่าเสียเกิดบริเวณด้านล่างของผล เชื้อราเจริญได้บนเนื้อเยื่อที่ตายแล้วของผลส้ม สร้างสปอร์ที่แพร่กระจายได้ทางอากาศ เชื้อราแฝงอยู่บริเวณขั้วผลส้มหรือด้านก้นของผลส้ม โรคนี้รุนแรงมากขึ้นเมื่อขั้วของผลส้มเข้าสู่ระยะเสื่อมสภาพ เนื่องจากผลส้มที่เก็บเกี่ยวเมื่อแก่จัดเกินไปหรือเก็บรักษาในห้องเย็นนานเกินไป

2. **โรคหลังการเก็บเกี่ยวที่มีการเข้าทำลายโดยเชื้อสาเหตุหลังการเก็บเกี่ยว**

2.1) **โรคเน่าราสีเขียว** เกิดจากเชื้อรา *Penicillium digitatum* สังเกตได้จากกลุ่มสปอร์สีเขียวมะกอกจำนวนมากที่คลุมผลส้มที่ติดเชื้อ จำนวนสปอร์ที่มากทำให้พบได้ในทุกขั้นตอนในการจัดการผลส้ม ทั้งจากในสวนส้ม โรงคัดบรรจุ ห้องที่ใช้กำจัดสีเขียว และห้องเย็นที่ใช้เก็บรักษา เชื้อราเข้าทำลายผลส้มทางบาดแผลทางเดียวเท่านั้น การเน่าเสียเริ่มจากบริเวณแผลที่ติดเชื้อ การเข้าทำลายของเชื้อราเริ่มสังเกตได้จากลักษณะเป็นจุดฉ่ำน้ำ เมื่อเชื้อราเข้าทำลายมากขึ้นสร้างเส้นใยสีขาวและเส้นใยนี้ล้อมรอบบริเวณที่สร้างสปอร์สีเขียวเอาไว้ ส่วนของเส้นใยสร้างเอนไซม์ที่ทำหน้าที่ย่อยสลายผนังเซลล์ของผลส้มเพียงไม่กี่วันหลังการเข้าทำลาย โดยสปอร์สามารถแพร่กระจายไปยังผลข้างเคียงได้ เช่น ผลส้มที่อยู่ในกล่องเดียวกันในภาชนะบรรจุระหว่างการขนส่ง ในการควบคุมโรคนี้บุญสม และคณะ (2554); Suwannarach *et al* (2015) รายงานว่า การใช้ราเอนโดไฟท์ไอโซเลท (*Muscodor albus* CMU-Cib 462) ที่แยกได้จากใบอบเชย (*Cinnamomum bejolghota*) คือเชื้อ *M. albus* มีศักยภาพในการยับยั้งราเขียวที่ก่อโรคผลเน่าในส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งได้ นอกจากนี้กานดา และจำนงค์ (2559) ได้ศึกษาการใช้น้ำอิเล็กโทรไลต์แบบฟองไมโคร พบว่า การแช่ในน้ำอิเล็กโทรไลต์แบบฟองไมโครที่มีค่าคลอรีนอิสระเท่ากับ 100 ส่วนในล้านส่วน เป็นเวลา 5 นาที สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อ *P.digitatum* ได้อย่างสมบูรณ์เช่นกัน



ภาพที่ 3.22 ลักษณะผลส้มที่เกิดโรคเน่าจากราสีเขียว
ที่มา: นิธิยา และดนัย (2559)

2.2) **โรคเน่าราสีน้ำเงิน** เกิดจากเชื้อรา *P. italicum* เกิดเฉพาะผลส้มที่มีบาดแผลเท่านั้น ในประเทศไทยพบโรคนี้น้อยกว่าโรคเน่าราสีเขียว อาการของโรคสังเกตจากสปอร์สีฟ้าที่ขึ้นปกคลุมผลส้มที่เน่าเสีย การเข้าทำลายคล้ายกับโรคเน่าราสีเขียว แต่บริเวณที่ติดเชื้อรา พบเส้นใยสีขาวเป็นวงแคบล้อมรอบกลุ่มสปอร์สีฟ้าและล้อมรอบบริเวณที่ฉ่ำน้ำ ซึ่งเชื้อราชนิดนี้เจริญช้ากว่าราสีเขียว โดยเชื้อราทั้งสองเจริญอยู่ร่วมกันได้ และการแพร่กระจายเกิดขึ้นง่ายในผลส้มที่บรรจุในกล่อง และอาจทำให้ผลส้มทั้งกล่องเน่าเสียเกือบทั้งหมดได้

2.3) **โรค sour rot** เกิดจากเชื้อรา *Geotrichum candidum* เป็นเชื้อราที่พบเป็นอันดับสองรองจาก *Penicillium* พบมากเมื่อเก็บรักษาผลส้มไว้ในห้องเย็นเป็นเวลานาน การเน่าเสียเริ่มจากบริเวณบาดแผลและต้องเป็นบาดแผลที่ลึกเข้าไปถึงเนื้อส้มเท่านั้น และเจริญได้ดีบนผลส้มที่แก่จัดหรือแก่เกินไป อาการของโรคสังเกตจากเปลือกผลส้มที่มีอาการฉ่ำน้ำ บริเวณที่เกิดบาดแผลมีสีเหลืองอ่อนถึงสีเหลืองแก่และยกตัวขึ้น ลักษณะต่างจากโรคเน่าจากราสีเขียวและราสีน้ำเงิน ส่วนที่เน่าเสียมีกลิ่นเหม็นเปรี้ยว ซึ่งดึงดูดแมลงวันทอง และทำให้โรคแพร่กระจายไปยังผลส้มที่มีบาดแผลอื่นๆ ที่อยู่ในห้องเดียวกันได้

– ความเสียหายจากแมลง

การเข้าทำลายของแมลงส่วนใหญ่เกิดขึ้นตั้งแต่ก่อนการเก็บเกี่ยว เช่น จากเพลี้ยไฟ ไรแดง และไรสนิม ซึ่งเป็นศัตรูพืชที่สำคัญของการเพาะปลูกส้ม ทำให้เปลือกของผลส้มเป็นรอยแผล มีสะเก็ดแผลเป็นลายเกิดจากการที่แมลงดูดน้ำเลี้ยงบริเวณของผลส้ม

ภาพที่ 3.23 การสูญเสียเนื่องจากการเข้าทำลายของแมลง
ที่มา: ดนัย และคณะ (2554ข)

ภาพที่ 3.24 การสูญเสียเนื่องจากการเข้าทำลายของเพลี้ยไฟ
ที่มา: อุราภรณ์ และคณะ (2546)

อาการผิดปกติทางสรีรวิทยาหลังการเก็บเกี่ยว

– Internal disorder

1) **ผลส้มฟ่าม (granulation)** ผลที่เก็บเกี่ยวช้าเกินไปทำให้ผลส้มฟ่าม มีปริมาณน้ำส้มในกุ้งส้ม (juice sac) ลดลง อาการฟ่ามของผลส้มเกิดได้หลายสาเหตุ ได้แก่ ฟ่ามแห้ง ฟ่ามไต หรือสามารถเกิดได้ทั้งสองในผลเดียวกัน โดยอาการเกิดขึ้นที่ตัวกุ้ง มีลักษณะเนื้อแข็ง สีขาวขุ่น แห้ง และไม่มีน้ำ

ภาพที่ 3.25 การสูญเสียเนื่องจากผลส้มฟ่าม
ที่มา: นิธิยา และดนัย (2559)

2) **ผลส้มพอง** (puffiness) เกิดจากส่วนเปลือกแยกตัวออกจากส่วนเนื้อที่เป็นช่องว่างระหว่างเปลือกส้มกับเนื้อส้ม เมื่อแกะเปลือกหลุดล่อนออกจากส่วนเนื้อได้ง่าย พบในส้มที่แก่เกินไป และในช่วงที่มีความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ ส่งผลให้ผลส้มเกิดการปรับตัวเพื่อลดการสูญเสียน้ำในผลให้น้อยลง

ภาพที่ 3.26 การสูญเสียเนื่องจากผลส้มพอง
ที่มา: ดนัย และคณะ (2554ข); นิธิยา และดนัย (2559)

– External disorder

1) **การถูกแดดเผา** (sun burn) ผลส้มที่อยู่ทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ ซึ่งหันหน้าเข้าหาแสงอาทิตย์ช่วงบ่ายของแต่ละวัน ความร้อนจากแสงอาทิตย์จะทำให้ผิวของเปลือกส้มเกิดการสะสมความร้อนจนตำแหน่งที่ได้รับความร้อนจากแสงอาทิตย์โดยตรงนั้นเกิดการเปลี่ยนแปลงจากสีเขียวเป็นสีเหลืองน้ำตาล

ภาพที่ 3.27 การสูญเสียเนื่องจากถูกแดดเผา
ที่มา: ดนัย และคณะ (2554ข); นิธิยา และดนัย (2559)

เอกสารอ้างอิง

กานดา หวังชัย, ธนะชัย พันธ์เกษมสุข, เยาวลักษณ์ จันทร์บาง, จำนงค์ อุทัยบุตร และ Nakao Nomura. 2554. การลดสารตกค้างยาฆ่าแมลงในส้มเขียวหวานพันธุ์สายน้ำผึ้งหลังการเก็บเกี่ยวโดยการใช้เทคโนโลยีออกซิเดชันขั้นสูง. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์. ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว. สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา, กรุงเทพฯ. 135 หน้า.

กานดา หวังชัย, นบชุลี นวลอ่อน และจำนงค์ อุทัยบุตร. 2555. การใช้สารออกซิแดนซ์: การเพิ่มประสิทธิภาพการล้างและการเก็บรักษาผลส้มเขียวหวานโดยเทคโนโลยีไมโครบับเบิลโอโซนร่วมกับอัลตราโซนิคเพื่อลดสารฆ่าแมลงตกค้างและควบคุมโรคหลังการเก็บเกี่ยว. รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์. ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 114 หน้า.

กานดา หวังชัย และจำนงค์ อุทัยบุตร. 2559. การพัฒนาเทคนิคการล้างผลไม้ตัดแต่งพร้อมบริโภคเพื่อการส่งออก ด้วยระบบน้ำอิเล็กโทรไลต์ที่เป็นกรดแบบฟองไมโครเพื่อลดการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์. รายงานการวิจัย. ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว. สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา, กรุงเทพฯ. 110 หน้า.

จักรพงศ์ นาทวิชัย, สมชาย พัฒนาม, วิบูลย์ ช่างเรือ, ปาริชาติ เทียนจุมพล, พิเชษฐ์ น้อยมณี, รัฐพล พรประสิทธ์, บวรศักดิ์ ศรีสังสิทธิสันติ และศศิธร การะบุญ. 2554. การประยุกต์ใช้เทคนิคเนียร์อินฟราเรดสเปกโทรสโกปีบนชุดสายพานลำเลียงเพื่อคัดแยกคุณภาพของผลไม้ด้วยความหวาน. รายงานฉบับสมบูรณ์. ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 98 หน้า.

จริงแท้ ศิริพานิช. 2541. สรีรวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้. พิมพ์ครั้งที่ 2. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 396 หน้า.

ดนัย บุณยเกียรติ และนิธิยา รัตนาปนนท์. 2548. การปฏิบัติภายหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้. โอเดียนสโตร์. กรุงเทพฯ. 236 หน้า.

ดนัย บุณยเกียรติ, พิเชษฐ์ น้อยมณี, วรรณวรางค์ พัฒนะโพธิ์ และปาริชาติ เทียนจุมพล. 2554ก. การประเมินความสูญเสียในกระบวนจัดการหลังการเก็บเกี่ยวของผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้ง. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 42(3)(พิเศษ): 85–88.

ดนัย บุณยเกียรติ, พิชญา บุญประสม พูลลาภ, พิเชษฐ์ น้อยมณี, ปาริชาติ เทียนจุมพล, วรรณวรางค์ พัฒนะโพธิ์ และชัยพิชิต เชื้อเมืองพาน. 2554ข. การประเมินความสูญเสียในกระบวนจัดการสายโซ่อุปทานของผลส้มเปลือกล่อนและลำไย. รายงานผลงานวิจัยฉบับสมบูรณ์. ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว. สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา, กรุงเทพฯ. 60 หน้า.

ธงชัย ยันตรศรี, อุษาวดี ชนสุต, กานดา หวังชัย, วรรณกนก ทาสุวรรณ์ และพัฒนะ อรรจนสุพพัติ. 2546. การประเมิน NIR เทคนิคที่สัมพันธ์กับดัชนีกำหนดคุณภาพของผลส้มเขียวหวาน. รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์. สถานวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 63 หน้า.

นิธิยา รัตนาปนนท์ และดนัย บุณยเกียรติ. 2559. เทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผลส้มเปลือกล่อน. บริษัท โอ. เอส. พริ้นติ้ง เฮ้าส์ จำกัด, กรุงเทพฯ. 232 หน้า.

บุญสม บุษบรรณ์, สายสมร ลำยอง และนครินทร์ สุวรรณราช. 2554. การควบคุมโรคผลเน่าและการยืดอายุการเก็บรักษาส้มพันธุ์สายน้ำผึ้ง ด้วยสารระเหยจากราเอนโดไฟท์. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์. ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว. สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา, กรุงเทพฯ. 39 หน้า.

ปาริชาติ เทียนจุมพล, ศศิเมษ ฟองสา, ศศิธร การะบุญ, พิเชษฐ์ น้อยมณี, วรรณวรางค พัฒนะโพธิ์ และจักรพงศ นาทวิชัย. 2554. การเปลี่ยนแปลงสมบัติบางประการของผลส้มพันธุสายน้ำผึ้งที่ไมเคลือบผิวและเคลือบผิวในการประเมินคุณภาพด้วยเนียรอินฟราเรดสเปกโทรสโกป. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 44(3)(พิเศษ): 109–112.

ปาริชาติ เทียนจุมพล, ดนัย บุณยเกียรติ, พิเชษฐ์ น้อยมณี และศศิเมษ ฟองสา. 2556. การพัฒนาเทคนิคการประเมินเอทานอลในผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งโดย เนียร์อินฟราเรดสเปกโทรสโกปี. รายงานการวิจัย. ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว. สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา, กรุงเทพฯ. 235 หน้า.

พิเชษฐ์ น้อยมณี, ดนัย บุณยเกียรติ, ปาริชาติ เทียนจุมพล และโสภาค สุนทรพันธ์. 2556. การประเมินการสูญเสียผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งหลังการเก็บเกี่ยวและการวัดความช้ำด้วยเทคนิคไม่ทำลายผล. รายงานฉบับสมบูรณ์. ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 84 หน้า.

วาริช ศรีละออง, กรณ์กนก อายุสุข และณัฐชัย พงษ์ประเสริฐ. 2556ก. ผลของการใช้สารเคลือบไขรำข้าวต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาของผลส้มเขียวหวาน. รายงานการวิจัย. ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว. สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา, กรุงเทพฯ. 117 หน้า.

วาริช ศรีละออง, ณัฐชัย พงษ์ประเสริฐ และกรณ์กนก อายุสุข. 2556ข. การประยุกต์ใช้ไขรำข้าวในการเคลือบผิวส้มเขียวหวาน. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 44(2)(พิเศษ): 341–344.

สุมีชัย กิ่งสวรรค์ และกานดา หวังชัย. 2558. ผลของน้ำอิเล็กโทรไลต์แบบฟองไมโครต่อการเจริญของเชื้อ *Penicillium digitatum* แบบแขวนลอย. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 46(3/1)(พิเศษ): 404–407.

สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ. 2550. มาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ (มกอช.14–2550) ส้มเปลือกล่อน. สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ, กรุงเทพฯ. 16หน้า. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา: https://www.acfs.go.th/ standard/ download/std_ mandarins.pdf (9 เมษายน 2564).

อุราภรณ สอาดสุด, วิชชา สอาดสุด และโสภณ สิงห์แกว. 2546. การประเมินความเสียหายของส้มในกลุ่มส้มเขียวหวานหลังการเก็บเกี่ยว. สถานวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 82 หน้า.

อุษาวดี ชนสุต, กอบเกียรติ แสงนิล, นิธิยา รัตนาปนนท์, ดนัย บุณยเกียรติ, จำนงค์ อุทัยบุตร และวิลาวัลย์ คำปวน. 2554ก. บทบาทของสารควบคุมการเจริญเติบโตบางชนิดเพื่อชะลอการสูญเสียคุณภาพและอาการสะท้านหนาวของมะมวงน้ำดอกไม้และส้มสายน้ำผึ้งระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ. รายงานฉบับสมบูรณโครงการวิจัย. ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว. สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา, กรุงเทพฯ. 189 หน้า.

อุษาวดี ชนสุต, นิธิยา รัตนาปนนท์, ดนัย บุณยเกียรติ และวิลาวัลย์ คำปวน. 2554ข. การเปลี่ยนแปลงระดับของ α-farnesene conjugated trienol และโครงสร้างของเปลือกผลส้มสายน้ำผึ้งที่เกิดอาการสะท้านหนาวระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ. รายงานฉบับสมบูรณ์โครงการวิจัย. ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว. สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา, กรุงเทพฯ. 91 หน้า.

Chanasut, U., N. Rattanpanone, D. Boonyakiat and W. Kampoun. 2018. Chilling Injury susceptibility of early-season " Sai Nam Peung" tangerine fruit and alteration of α-farnesene and conjugated trienols during Low temperature storage. Chiang Mai University Journal. 11(1): 147-153.

Kader, A.A. and M.L. Arpaia. 2002. Postharvest handling systems: subtropical fruits, pp. 375-383, In: A.A. Kader (ed.). Postharvest Technology of Horticultural Crops, University of California, Agriculture and Natural Resources Publication: 3311.

Mayuoni, L., M. Sharabi-Schwager, E. Feldmesser, R. Porat. 2011. Effects of ethylene degreening on the transcriptome of mandarin flesh. Postharvest Biology and Technology 60: 75–82.

Mukhopadhyau, S. 2004. Citrus: production, postharvest, disease and pest management. Sciences Publishers Inc., New Hampshire. USA. 278 pp.

Roongruangsri, W., N. Rattanapanone and D. Boonyakiat. 2009. Evaluation of a Polyethylene-Candelilla Coating for Tangerine Fruit cv. Sai Num Pung. Chiang Mai University Journal of Natural Sciences. 45(1): 67-76.

Roongruangsri, W., N. Rattanapanone, N. Leksawasdi and D. Boonyakiat. 2013. Influence of Storage Conditions on Physico-Chemical and Biochemical of Two Tangerine Cultivars. Journal of Agriculture Science. 5(2): 70-84.

Suwannarach, N., B. Bussaban, W. Nuangmek, W. Pithakpol, B. Jirawattanakul, K. Matsui and S. Lumyong. 2015. Evaluation of *Muscodor suthepensis* strain CMU-Cib462 as a postharvest biofumigant for tangerine fruit rot caused by *Penicillium digitatum.* Journal of the Science of Food and Agriculture. 96(1): 339-345.

Theanjumpol, P., P. Noimanee, S. Pattana, J. Natwichai, V. Changrue and D. Boonyakiat. 2012. Tangerine and Mango Fruits Quality Detection by Near Infrared Spectroscopy. Chiang Mai University Journal. 11(1): 231–236.

Whangchai, K., K. Saengnil, C. Singkamanee and J. Uthaibutra. 2010. Effect of electrolyzed oxidizing water and continuous ozone exposure on the control of *Penicillium digitatum* on tangerine cv. 'Sai Nam Pung' during storage. Crop Protection. 29: 386–389.

Whangchai, K., S. Phiyanalinmat, J. Uthaibutra and S. Pengphol. 2013. The effects of ultrasonic irradiation in combination with ozone on the reduction of residual ethion of tangerine (*Citrus reticulata* Blanco cv. Sai Nam Pung) fruit after harvest. Agricultural Sciences. 4(5B): 7–11.

Whangchai, K., J. Uthaibutra, N. Nuanaon and H. Aoyagi. 2017. Effect of ozone microbubbles and ultrasonic irradiation on pesticide detoxification in tangerine cv. Sai Nam Pung. International Food Research Journal. 24(3): 1135–1139.