บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ส้มเป็นพืชที่มีความสำคัญชนิดหนึ่งของโลก และมีบทบาทอย่างมากต่อชีวิตประจำวันของมนุษย์ มีการนำส้มมาใช้เป็นอาหารประจำวันทั้งในรูปการบริโภคผลสด และแปรรูปเป็นน้ำผลไม้ ดังนั้นพืชตระกูลส้มจึงมีความสำคัญทำให้มีการปลูกกันอย่างแพร่หลายทุกภูมิภาคของโลก ซึ่งสามารถแบ่งกลุ่มพืชตระกูลส้มได้ดังนี้

1. กลุ่มส้มเกลี้ยงและส้มตรา (orange group) แยกได้เป็น
   1.1 ส้มที่มีรสหวาน (sweet orange : *C. sinensis*) เช่น ส้ม Shamouti , ส้ม Valencia , ส้ม Navel
   1.2 ส้มที่มีรสเปรี้ยวหรือรสออกขม (sour of bitter orange : *C. aurantium*)
2. กลุ่มส้มจีน , ส้มเขียวหวาน (mandarins group : *C. reticulata* Blanco) เช่น ส้ม Satsuma , ส้ม King , ส้ม Common ได้แก่ ส้มจีน , ส้มเขียวหวานในประเทศไทย , ส้ม Dancy ส้มฟรีมองต์
3. กลุ่มส้มโอและเกรฟฟรุ้ท (pomelo and grapefruit group) แบ่งได้เป็น
   3.1 ส้มโอ (pomelo : *C. grandis* (L))
   3.2 เกรฟฟรุ้ท (grapefruit : *C. paradisi*)
4. กลุ่มมะนาว (common acid members) ได้แก่ พวก citron , มะนาวฝรั่ง (lemon) และมะนาว (lime)

ส้มเขียวหวาน (*C. reticulata* Blanco) มีชื่อสามัญว่า mandarin หรือ tangerine อยู่ในตระกูล Rutaceae จัดเป็นไม้ผลเขตกึ่งร้อน(subtropical fruit) มีถิ่นกำเนิดดั้งเดิมอยู่ในประเทศจีน ปลูกกันมานานในประเทศจีนและญี่ปุ่น ต่อมาได้มีการแพร่หลายกระจายไปยังสหรัฐอเมริกาและยุโรป จนปัจจุบันเป็นผลไม้ชนิดหนึ่งที่ปลูกกันทั่วไปทั้งในเขตร้อนและเขตกึ่งร้อน

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของส้มเขียวหวาน

ส้มเขียวหวานมีทรงต้นสูงประมาณ 2-8 เมตร ทรงพุ่มมีลักษณะแน่นทึบ จัดเป็นไม้พุ่มขนาดเล็ก ลำต้นไม่มีหนาม กิ่งแก่มีสีเขียวเข้มลักษณะกิ่งอ่อนเป็นเหลี่ยมเรียว ใบรูปไข่ค่อนข้างยาว รูปโล่ห์หรือรูปหอก ปลายและฐานใบมีลักษณะมน ส่วนปลายสุดของใบมีรอยเว้าเข้า ผิวท้องใบมีสีเขียวอมเหลือง ผิวหลังใบเป็นมันสีเขียวเข้ม ผลมีรูปร่างกลมแบน ผิวเปลือกสีเขียวเขียวอมเหลือง หรือส้มอมเหลืองจนถึงแดงอมส้ม ผิวเปลือกจะเรียบมีต่อมน้ำมันอยู่ภายในมีกลิ่นหอมแรง เปลือกด้านในมีสีเหลืองอ่อน เนื้อมีน้ำมาก สีส้ม รสหวานอมเปรี้ยวเล็กน้อย

วัฒนา(2528) รายงานว่า ลักษณะทั่วไปของผลส้มเขียวหวาน คือ ผลทรงกลมแป้นเล็กน้อย คือส่วนกว้างของผลมากกว่าส่วนสูง เช่น ส้มเขียวหวานขนาดโตผลจะสูงประมาณ 6.5 เซนติเมตร กว้างประมาณ 7.5 เซนติเมตร ฐานผลกลมมน ด้านล่างเรียบเป็นแอ่งตื้น ๆ โดยทั่วไปไม่มีจุกที่ขั้วผล ผิวเรียบ เปลือกบางหนาประมาณ 0.2-0.3 เซนติเมตร มีต่อมน้ำมันอยู่ตามผิวเปลือกค่อนข้างถี่ ผิวเปลือกสีเขียว เมื่อผลแก่จัดจะมีสีเหลืองอมเขียว แต่ถ้าปลูกในพื้นที่ที่มีอากาศเย็นสีจะออกส้มอมเหลืองจนถึงแดงอมส้ม เนื้อผลสีส้ม รสหวานอมเปรี้ยวเล็กน้อย กลีบแยกออกจากกันได้ง่ายโดยทั่วไปมีประมาณ 11 กลีบต่อผล ผนังกลีบบาง มีรกน้อย ชันนิ่ม ตัวกุ้ง (juice sac) สั้น ฉ่ำน้ำ เมล็ดมีจำนวน 5-12 เมล็ดต่อกลีบ

การเจริญเติบโตและการพัฒนาของผล (Bain, 1958)

ผลส้มมีการเจริญเติบโตแบบ sigmoid curve ซึ่งสามารถแบ่งได้เป็น 3 ระยะ

ระยะที่ 1 เป็นระยะของการแบ่งเซลล์ (cell division) โดยเฉพาะด้านขนาดและน้ำหนักของผลจะเพิ่มขึ้น ใช้เวลาประมาณ 1-1½ เดือนหลังจากดอกบาน ทั้งนี้ขึ้นกับสภาพภูมิประเทศ ภูมิอากาศ และพันธุ์

ระยะที่ 2 เป็นระยะการขยายขนาดของเซลล์ทั้งส่วนเนื้อและเปลือกผล สีเปลือกเริ่มเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีเหลืองหรือส้มในช่วงปลายระยะที่ 2

ระยะที่ 3 เป็นระยะการแก่ของผล เริ่มมีการเปลี่ยนแปลงสารประกอบภายในผล คือ % ของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ (TSS) จะเพิ่มขึ้น ขณะที่กรดที่ไตเตรทได้ (TA) ลดลง

ในแต่ละภูมิประเทศและภูมิอากาศ อัตราการเจริญเติบโตของผลมีอุณหภูมิเป็นปัจจัยแรกในระหว่างที่ผลพัฒนา หากอุณหภูมิเฉลี่ยสูงจะทำให้อัตราการเจริญของผลเป็นไปอย่างรวดเร็ว ขณะที่อุณหภูมิเฉลี่ยต่ำจะทำให้อัตราการเจริญของผลช้าลง รวี(2540) กล่าวว่า การเจริญเติบโตของผลในช่วงระยะแรกจะค่อนข้างช้า และเร็วขึ้นในเวลาต่อมา อายุของส้มแต่ละชนิด แต่ละพันธุ์ ตั้งแต่ดอกบานถึงเก็บเกี่ยวจะแตกต่างกันค่อนข้างมาก นอกจากนี้ยังมีเรื่องของอุณหภูมิเข้ามาเกี่ยวข้องด้วย หากปลูกในพื้นที่ที่มีอุณหภูมิค่อนข้างต่ำการแก่ของผลจะยืดนานออกไป ดังนั้น ดัชนีความแก่(maturity index) ของส้มเขียวหวานที่ปลูกในประเทศไทยจะคำนึงถึงการพัฒนาของสีเปลือกและจำนวนวันตั้งแต่ติดดอกจนถึงเก็บเกี่ยว สำหรับอัตราส่วนระหว่าง TSS : TA นั้นใช้ไม่ได้ซึ่งไม่เหมือนกับประเทศอื่น ๆ (Ketsa, 1988)

ปัจจุบันผลส้มที่ผลิตได้นั้นมีคุณภาพแตกต่างกัน ซึ่งเป็นผลมาจากปัจจัยต่าง ๆ หลายอย่างประกอบกัน เช่น สภาพดินปลูก สภาพภูมิอากาศ ตลอดจนการบำรุงรักษา เป็นต้น หากผู้ผลิตมีความรู้และความเข้าใจในด้านการดูแลรักษา การให้ปุ๋ยและน้ำ การป้องกันกำจัดศัตรูพืช ตลอดจนการจัดการต่าง ๆ อย่างถูกวิธี จะทำให้ได้ผลส้มที่มีคุณภาพดีขึ้น

ปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพของส้ม ได้แก่ (วัฒนา, 2528)

1. ขนาดของผล ปัจจัยที่ทำให้ขนาดผลแตกต่างกัน เช่น

ก. การบำรุงต้น ต้นส้มที่ได้รับการดูแลอย่างดี ได้รับน้ำและอาหารเพียงพอในระยะที่เหมาะสม ย่อมให้ผลที่ได้ขนาดตามมาตรฐานหรือขนาดใหญ่

ข. จำนวนผลที่ติดอยู่บนต้น ถ้าจำนวนผลมากหรือส้มติดผลดก จำนวนผลส้มทั้งหมดจะมีขนาดเล็กกว่าปกติและคุณภาพผลด้อยลงเนื่องจากอาหารที่ผลิตได้ไม่เพียงพอ ดังนั้นอาจต้องปลิดผลออกบ้างให้จำนวนผลที่เหลืออยู่พอดีที่ต้นจะสามารถเลี้ยงได้ และผลมีคุณภาพดี หรืออาจเลือกใช้วิธีบำรุงต้นให้มากขึ้นโดยไม่ต้องปลิดผลออก

ค. จำนวนใบ จำนวนใบและจำนวนผลมีส่วนสัมพันธ์กัน ถ้ามีใบน้อยเกินไปต้นส้มจะสร้างอาหารมาเลี้ยงผลไม่เพียงพอ ทำให้ผลมีขนาดเล็กกว่าปกติ คุณภาพของผลด้อยลง ยิ่งผลส้มมีขนาดใหญ่ก็ยิ่งต้องการจำนวนใบมากขึ้น

Ketsa(1988) กล่าวว่า เมื่อผลส้มเขียวหวานมีขนาดเพิ่มขึ้นปริมาณ TSS และ TA จะลดลงโดยปริมาณ TA จะลดลงเร็วกว่า TSS ดังนั้นผลขนาดใหญ่จะมีรสหวานกว่าผลขนาดเล็ก การที่

TSS และ TA ลดลงตามขนาดผลที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากความเจือจางของปริมาณน้ำส้มที่มีมากขึ้น (Ting and Attaway, 1971) ซึ่งการเปลี่ยนแปลงนี้มีผลต่อคุณภาพของส้ม

2. สีของผลและสีของเนื้อผล สังเกตได้ว่าส้มที่วางจำหน่ายนั้นมีสีแตกต่างกันทั้งที่เป็นส้มพันธุ์เดียวกัน เช่น ส้มเขียวหวานที่ปลูกทางภาคเหนือ สีจะส้มจัด แดงจัด ส่วนส้มเขียวหวานที่ปลูกในภาคกลาง สีจะออกเขียว เขียวอมเหลือง หรือเหลืองอ่อน การที่สีของผลและสีของเนื้อผลแตกต่างกันนั้นขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ แต่ที่เด่นชัดคือปัจจัยที่เกิดจากสภาพภูมิอากาศเป็นสำคัญ ถ้าอุณหภูมิของอากาศในเวลากลางวันกับเวลากลางคืนแตกต่างกันมาก สีของผลส้มก็จะยิ่งเข้มขึ้นโดยเฉพาะในตอนที่ผลส้มจะแก่อุณหภูมิจะเป็นตัวกระตุ้นให้สีเข้มขึ้น เช่น ส้มที่ปลูกทางภาคเหนือจะมีสีเข้มกว่าส้มที่ปลูกในภาคกลาง หรือส้มที่แก่ในช่วงอากาศหนาวจะมีสีเข้มกว่าส้มที่แก่ในช่วงอากาศร้อนทั้งที่เป็นต้นเดียวกัน หรือปลูกในที่เดียวกัน(วัฒนา, 2528)

3. ปริมาณน้ำตาลและกรดในผล เมื่อผลส้มเริ่มแก่จะมีการสร้างน้ำตาลเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ขณะที่ปริมาณกรดจะลดลงอาจเนื่องจากขนาดของผลและปริมาณน้ำที่เพิ่มขึ้นทำให้เกิดความเจือจาง(Kimball, 1984) ปริมาณน้ำตาลในผลจะมีมากหรือน้อยขึ้นกับปัจจัยหลายประการ เช่น การบำรุงรักษาต้น ถ้าต้นสมบูรณ์แข็งแรงได้รับอาหารและน้ำในอัตราที่พอเหมาะก็จะมีปริมาณน้ำตาลมาก อายุผลก็เช่นเดียวกันถ้าปล่อยให้ส้มอยู่บนต้นนาน ๆ ความหวานหรือปริมาณน้ำตาลก็จะเพิ่มขึ้น และปัจจัยที่สำคัญอีกประการหนึ่งที่มีผลต่อการสร้างน้ำตาลในผลส้มคือ อุณหภูมิในช่วงที่ผลเริ่มจะแก่ ถ้ามีอุณหภูมิสูงผลส้มจะสร้างน้ำตาลได้มาก ยิ่งมีช่วงอุณหภูมิสูงติดต่อกันนาน ๆ จะทำให้ผลส้มมีน้ำตาลมากขึ้นหรือหวานขึ้น ส่วนปริมาณกรดในผลส้มจะมีมากน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่างด้วยกัน เช่น การบำรุงรักษาต้นส้ม อายุของผลส้ม และความแตกต่างของอุณหภูมิในเวลากลางวันกับเวลากลางคืน ถ้าอุณหภูมิแตกต่างกันมากปริมาณกรดในผลจะยิ่งมาก(วัฒนา, 2528) มนตรี(2527) กล่าวว่า ผลส้มเขียวหวานอายุ 39 สัปดาห์มีอัตราส่วนน้ำตาลต่อกรดเท่ากับ 18.0 ผลมีรสเปรี้ยวอมหวานเล็กน้อย ผู้ชิมไม่ชอบ แต่เมื่อผลมีอายุมากขึ้นอัตราส่วนดังกล่าวจะเพิ่มขึ้นทำให้ผลมีรสหวานขึ้น เปรี้ยวน้อยลง ผู้ชิมชอบมากขึ้น

ปริมาณน้ำตาลและกรดในผลส้มเป็นตัวกำหนดรสชาติของผลส้ม ผลส้มที่มีรสดีปริมาณของน้ำตาลและกรดต้องอยู่ในสัดส่วนที่เหมาะสม โดยอัตราส่วนระหว่าง 10-16 ถือได้ว่ารสชาติมีคุณภาพเป็นที่ยอมรับ(Baldwin, 1993) ซึ่งทำให้ส้มนั้นเป็นที่ถูกใจของผู้บริโภค

4. ความหนาของเปลือก ส้มที่ปลูกในแหล่งต่าง ๆ กันจะมีความหนาของเปลือกไม่เท่ากันทั้งที่เป็นส้มพันธุ์เดียวกัน ทั้งนี้เนื่องจากความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศในแหล่งปลูกต่าง ๆ นั้นแตกต่างกัน ส้มที่ปลูกในที่ซึ่งมีความชื้นในอากาศน้อยหรือความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ ส้มจะปรับตัวโดยสร้าง

เปลือกให้หนาเพื่อป้องกันการคายน้ำจากผล ทำให้เกิดช่องว่างมากระหว่างผิวเปลือกนอกกับเนื้อในเพื่อช่วยรักษาความชื้นไว้ ในทางตรงกันข้ามถ้าปลูกส้มในที่ความชื้นของอากาศสูง เปลือกส้มจะบางเพราะมีการคายน้ำน้อย

การเปลี่ยนแปลงหลังการเก็บเกี่ยวของผลส้ม

การเปลี่ยนแปลงหลังการเก็บเกี่ยวมีความสำคัญต่อคุณภาพของผลิตผล ซึ่งการเปลี่ยนแปลงบางอย่างจะเป็นประโยชน์ เช่น การสุกของผลไม้ แต่การเปลี่ยนแปลงส่วนใหญ่จะเป็นสาเหตุทำให้ผลไม้เสื่อมคุณภาพ เช่น การหายใจ การผลิตเอธิลีน การเปลี่ยนแปลงส่วนประกอบ และการสูญเสียน้ำหนัก

1. การหายใจ เป็นการเร่งการเสื่อมสภาพ ทำให้คุณค่าของผลิตผลและคุณภาพด้านรสชาติลดลง และเกิดการสูญเสียน้ำ จึงมีผลต่ออายุการเก็บรักษาผลิตผลหลังการเก็บเกี่ยว

2. การผลิตเอธิลีน เอธิลีนเป็นฮอร์โมนพืชที่มีความสำคัญต่อกระบวนการทางสรีรวิทยาหลังการเก็บเกี่ยวของผลไม้โดยเฉพาะการสุกและนำไปสู่กระบวนการเสื่อมสภาพต่อไป ดังนั้นการควบคุมปริมาณของเอธิลีนทำให้สามารถชะลอการเสื่อมคุณภาพของผลไม้และเป็นการยืดอายุการเก็บรักษาด้วย

3. การเปลี่ยนแปลงส่วนประกอบ เช่น การเปลี่ยนแปลงสีผิวหรือรงควัตถุจากสีเขียวเป็นสีเหลือง ส้ม แดง น้ำเงิน แล้วแต่ชนิดของผลิตผล ซึ่งเป็นสิ่งต้องการในผลไม้ แต่ในผักการเปลี่ยนแปลงนี้ทำให้คุณภาพลดลง และการเปลี่ยนแปลงส่วนประกอบทางเคมี ได้แก่ คาร์โบไฮเดรต โปรตีน กรดอินทรีย์ เป็นต้น จะมีผลต่อรสชาติของผลไม้หลังการเก็บเกี่ยว

4. การสูญเสียน้ำหนัก เป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้ผลไม้เสื่อมคุณภาพภายหลังการเก็บเกี่ยว เนื่องจากผลไม้มีน้ำเป็นองค์ประกอบอยู่ประมาณ 80-90 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นการสูญเสียน้ำจึงเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้น้ำหนักลดลง เกิดการเหี่ยว เสียรูปทรง ลดความกรอบ ฉ่ำน้ำ และอาจมีผลต่อปฏิกิริยาเคมีทำให้เสียรสชาติได้

การเปลี่ยนแปลงหลังการเก็บเกี่ยวของผลไม้ตระกูลส้มที่สำคัญได้แก่

1. การเปลี่ยนสีเปลือก

ภายหลังการเก็บเกี่ยวผลิตผลต่าง ๆ มักมีการเปลี่ยนสีเกิดขึ้น โดยสีเขียวจะหายไปและปรากฏสีเหลืองหรือแดงขึ้นมาแทน ซึ่งเกิดจากการสลายตัวของรงควัตถุพวกคลอโรฟิลล์จนกลายเป็นสารที่ไม่มีสี อาจจะเป็นการทำงานของเอนไซม์ chlorophyllase ดังที่พบว่าเมื่อใช้เอธิลีนเร่ง

การสลายสีเขียวของเปลือกส้มจะมีการเพิ่มขึ้นของเอนไซม์ตัวนี้ควบคู่กัน ทำให้เห็นสีเหลืองของรงควัตถุคาโรตินอยด์ซึ่งมีอยู่แล้วแต่ถูกสีเขียวข่มอยู่ให้ปรากฏชัดออกมาพร้อมกับการสังเคราะห์คาโรตินอยด์ขึ้นด้วย(Gross, 1987) Gross(1981) กล่าวว่า ปริมาณคาโรตินอยด์ของเปลือกส้ม Dancy tangerine เพิ่มขึ้นเมื่อผลสุกประมาณ 300 μg/g fresh wt และในส้มซึ่งเก็บเกี่ยวขณะที่มีสีเขียวอยู่และเก็บรักษาที่ 20°C พบว่ามีปริมาณคาโรตินอยด์ต่ำกว่าผลที่ปล่อยให้สุกบนต้น อย่างไรก็ตามการเปลี่ยนแปลงของคาโรตินอยด์ระหว่างการสุกสามารถเกิดขึ้นได้ทั้งผลที่ติดอยู่บนต้นและผลที่เก็บเกี่ยวแล้ว(Eilati *et al.*, 1975) Gross(1987)กล่าวว่า เอธิลีนเป็นตัวการสำคัญที่เร่งการสลายของคลอโรฟีลล์ และเกิดการสังเคราะห์คาโรตินอยด์ และการใช้เอธิลีนจะเร่งการเกิดคาโรตินอยด์ได้เร็วกว่าการเปลี่ยนแปลงตามธรรมชาติ และทำให้สีผิวของผลไม้สม่ำเสมอขึ้น (Young and Jahn, 1972) ในผลไม้ตระกูลส้มพบว่ามีการใช้เอธิลีนในกระบวนการขจัดสีเขียว (Jahn *et al.*, 1969 ; Barmore *et al.*, 1976 ; Cohen, 1978a)

การเร่งขจัดสีเขียวเป็นวิธีการที่นิยมใช้กับส้ม เนื่องจากเมื่อผลส้มแก่เก็บเกี่ยวได้แล้วมีรสชาติและองค์ประกอบภายในเหมาะสมก็ตาม แต่สีผิวยังเขียวอยู่มากจึงไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคเพราะคิดว่าผลยังไม่สุก(Cohen, 1978a) ทำให้จำเป็นต้องขจัดสีเขียวออกเพื่อให้ผิวมีสีเหลืองสวยงาม การขจัดสีเขียวในผลไม้ตระกูลส้มเป็นการกำจัดคลอโรฟีลล์ออกจากเปลือก ซึ่งการขจัดสีเขียวนั้นไม่มีผลกระทบต่อคุณภาพภายในของส้ม(Kader, 1985) การเร่งขจัดสีเขียวโดยใช้ก๊าซเอธิลีนขึ้นกับสภาวะอุณหภูมิและความชื้นที่เหมาะสม ทั้งนี้อุณหภูมิ ความชื้น และความเข้มข้นของก๊าซเอธิลีนที่ใช้จะผันแปรตามพันธุ์ และสภาพของผลไม้ขณะเก็บเกี่ยว(ดนัย และนิธิยา, 2535) นอกจากนี้ระยะความแก่ของผล(fruit maturity) มีผลต่อระยะเวลาที่ใช้ในการขจัดสีเขียวด้วย(Vakis, 1975)

Jahn *et al.*(1969) ศึกษาผลของระดับเอธิลีนและออกซิเจนต่อการขจัดสีเขียวของผลไม้ตระกูลส้ม พบว่าในผลส้ม Hamlin ระดับเอธิลีนระหว่าง 5-10 ppm ทำให้คลอโรฟีลล์สลายไปเร็วที่สุด และเมื่อใช้ O_2 เพียงอย่างเดียวพบว่า O_2 ที่ระดับ 50 % ทำให้เกิดการสลายสีเขียวเร็วขึ้น แต่เมื่อใช้ร่วมกับเอธิลีนทำให้การสลายของคลอโรฟีลล์ไม่ดีเท่ากับเมื่อใช้เอธิลีนเพียงอย่างเดียว ขณะที่ O_2 ระดับ 10 % ทำให้การตอบสนองของเอธิลีนต่อการสลายสีเขียวของเปลือกผลส้ม Hamlin และ Washington Navel ลดลง

Young and Jahn(1972) พบว่าเมื่อให้เอธิลีนภายหลังการเก็บเกี่ยวจะชักนำให้เกิดการสะสมคาโรตินอยด์เพิ่มขึ้นในเปลือกผลส้ม Robinson และส้ม Dancy tangerine ที่มีสีเหลืองแล้ว และในเปลือกผล Bearss lemon , ส้ม Lee และส้ม Dancy tangerine ที่มีสีเขียว

บางส่วน และพบว่าเอธิลีนสามารถชักนำให้เกิดการสะสมคาโรตินอยด์ของเปลือกส้ม tangerine ได้ดีกว่าส้ม Hamlin และผล Bearss lemon ซึ่งปริมาณคาโรตินอยด์ที่สูงขึ้นเป็นผลมาจากเอธิลีนและสารเอธิฟอน นอกจากนี้ยังทำให้สีผิวของผลส้มดีขึ้นด้วย

Jahn *et al.*(1973) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ ความเข้มข้นของเอธิลีนและความแก่ที่ตอบสนองต่อการสลายสีเขียวของผลส้ม Hamlin พบว่าเมื่อให้เอธิลีนความเข้มข้นระหว่าง 0-50 ppm และอุณหภูมิ 21°C , 24 °C , 27 °C และ 30 °C ทำให้เกิดการสลายสีเขียวภายในเวลา 1 , 2 หรือ 4 วัน โดยผลส้มที่แก่จะใช้เวลาน้อยลง และที่ระดับความเข้มข้นเดียวกันในระยะเริ่มแรกอุณหภูมิ 30°C ทำให้การสลายของคลอโรฟิลล์เกิดขึ้นเร็วกว่าที่อุณหภูมิ 21°C แต่หลังจาก 4 วันจะใกล้เคียงกัน และพบว่าความเข้มข้นของเอธิลีนที่เหมาะสมอยู่ระหว่าง 5-10 ppm สำหรับที่อุณหภูมิ 24 °C และ 27 °C มีการเปลี่ยนแปลงเหมือนกับที่อุณหภูมิ 21°C และ 30 °C ตามลำดับ นอกจากนี้พบว่าการเน่าเสียเนื่องจาก stem end rot จะเพิ่มขึ้นเมื่อระดับความเข้มข้นของเอธิลีนและอุณหภูมิสูงขึ้น รวมถึงระยะเวลาการขจัดสีเขียวที่นานขึ้นด้วย

Barmore *et al.* (1976) พบว่าการใช้เอธิลีนความเข้มข้น 1-10 ppm ร่วมกับอุณหภูมิ 25°C และเอธิลีน 10 ppm ร่วมกับอุณหภูมิ 30 °C ทำให้สีเขียวของผล Bearss lemon สลายไปเร็วสุดภายใน 2-3 วัน ขณะที่ปกติเมื่อเก็บรักษาในสภาพห้องเย็นอุณหภูมิ 15°C และไม่ได้รับเอธิลีนจะใช้เวลา 2-3 สัปดาห์ และในสภาพเอธิลีนความเข้มข้นต่ำที่ระดับอุณหภูมิต่ำจะมีผลต่อการขจัดสีเขียวมากกว่าเมื่อเทียบกับอุณหภูมิสูง นอกจากนี้ผล Bearss lemon ที่ใช้เอธิลีนความเข้มข้น 0.1-1 ppm มีระยะเวลาการสลายสีเขียวใกล้เคียงกับการใช้เอธิฟอนความเข้มข้น 1,000 ppm ที่ระดับอุณหภูมิ 15°C เหมือนกันแต่ผลที่ได้รับก๊าซเอธิลีนจะมีสีผิวสม่ำเสมอกว่า

Cohen(1978a) ศึกษาระดับความเข้มข้นของเอธิลีนที่เหมาะสมสำหรับการขจัดสีเขียวของผลส้ม Shamouti และการเพิ่มความเข้มข้นของเอธิลีนสามารถลดระยะเวลาการขจัดสีเขียวได้หรือไม่ พบว่าเอธิลีนความเข้มข้น 10 , 20 , 30 และ 40 ppm ไม่ทำให้สีผิวของผลส้มแตกต่างกัน แม้ว่าเอธิลีนความเข้มข้น 40 ppm จะเร่งให้สีเขียวสลายไปเร็วในช่วง 10 ชั่วโมงแรกก็ตาม และเอธิลีนความเข้มข้น 100 ppm ทำให้ส้ม Shamouti มีสีเหลืองภายใน 30 ชั่วโมง ขณะที่การใช้เอธิลีนความเข้มข้น 20 และ 10 ppm ใช้เวลา 60 และ 72 ชั่วโมง ตามลำดับ โดยที่ความเข้มข้น 100 ppm ทำให้การพัฒนาของสีเกิดขึ้นเร็วภายใน 24 ชั่วโมงแรกแต่หลังจากนั้นการพัฒนาจะช้าลงและในช่วงสุดท้ายจะไม่แตกต่างกับระดับความเข้มข้นอื่น ๆ แสดงให้เห็นว่าการเพิ่มระดับความเข้มข้นของเอธิลีนไม่สามารถทำให้การขจัดสีเขียวเกิดได้เร็วขึ้น และในปีเดียวกัน Cohen(1978b) ได้ศึกษาผลของอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในระหว่างการขจัดสีเขียวต่อ

การเปลี่ยนสีผิวของผลส้ม Shamouti พบว่าอุณหภูมิมีผลต่อการสูญเสียสีเขียวของเปลือกผลส้ม โดยที่อุณหภูมิ 25°C การเปลี่ยนสีผิวเกิดขึ้นเร็วกว่าอุณหภูมิ 20°C คือใช้เวลาเปลี่ยนจากสีเขียวไปเป็นสีเหลืองภายใน 24 ชั่วโมง ขณะที่อุณหภูมิ 20°C ใช้เวลา 48 ชั่วโมง และที่อุณหภูมิ 35°C ผลส้มจะมีสีเหลืองอ่อนภายใน 60 ชั่วโมงหลังการขจัดสีเขียว และพบว่าความชื้นสัมพัทธ์ที่แตกต่างกันไม่มีผลต่อการเปลี่ยนสีผิวของส้ม Shamouti แต่มีผลต่อการสูญเสียน้ำหนัก

เนื่องจากเอธิลีนอยู่ในสถานะก๊าซทำให้ยากแก่การใช้งานและมีจุดอ่อนที่ฟุ้งกระจายอย่างรวดเร็ว ทำให้การใช้ประโยชน์เป็นไปอย่างค่อนข้างจำกัด ดังนั้นจึงมีการค้นคว้าหาสารรูปอื่นที่มีสถานะเป็นของแข็งหรือของเหลวแต่สามารถปลดปล่อยก๊าซเอธิลีนได้ จนพบว่าสารเอธิฟอน (2-chloroethylphosphonic acid) มีคุณสมบัติดังกล่าว(Wamer and Leopold,1969)

สารเอธิฟอนมีลักษณะเป็นสารกึ่งแข็งคล้ายขี้ผึ้ง สีขาว ละลายได้ทั้งในน้ำและแอลกอฮอล์ ไม่ระเหยและไม่ติดไฟ ผลิตออกจำหน่ายโดยมีชื่อการค้าต่าง ๆ เช่น อีเทรล (Etrel) , CEPA , Amchem 66-329 สารที่ผลิตออกมามีทั้งในรูปของสารละลายและรูปครีม โดยมีความเข้มข้นแตกต่างกัน Wine(1971)กล่าวว่าเอธิฟอนจะคงตัวอยู่ได้เมื่ออยู่ในสภาพกรดจัด (pH<4.0) และจะเริ่มสลายตัวให้ก๊าซเอธิลีนเมื่อมีความเป็นด่างเพิ่มขึ้น(Warner and Leopold,1969) บทบาทของเอธิฟอนต่อกระบวนการทางสรีรวิทยาของพืช ได้แก่ ชักนำการออกดอกของมะม่วง เร่งความแก่ของผลมะเขือเทศ และใช้ในการบ่มผลไม้ เช่น ทำให้กล้วยสุกเร็วขึ้น นอกจากนี้ยังเร่งการเปลี่ยนสีผิวของส้ม โดยใช้สารเอธิฟอนความเข้มข้น 250 ppm ฉีดพ่นให้ส้มในระยะ 7 วันก่อนเก็บเกี่ยว แต่พบว่ามีผลข้างเคียงทำให้เปลือกพอง อายุการเก็บรักษาสั้น(เปรมปรี, 2538)

Fuchs and Cohen(1969) ศึกษาผลของอีเทรลต่อการเปลี่ยนสีเปลือก การหายใจ การผลิตเอธิลีนและคุณภาพภายในของผลไม้ตระกูลส้ม โดยเปรียบเทียบระหว่างอีเทรลความเข้มข้น 100-5,000 ppm กับเอธิลีนความเข้มข้น 50 ppm พบว่าผล Bearss lemon ที่ได้รับอีเทรลความเข้มข้น 1,000 ppm และเอธิลีนความเข้มข้น 50 ppm ร่วมกับอุณหภูมิ 17°C ทำให้สีผิวเปลี่ยนแปลงเป็นที่พอใจภายใน 7 วัน ขณะที่อีเทรลความเข้มข้น 5,000 ppm จะให้ผลเหมือนกับความเข้มข้น 1,000 ppm สำหรับระยะเวลาในการแช่สารละลายจะให้ผลไม่แตกต่างกัน และอีเทรลความเข้มข้น 5,000 ppm ทำให้เกิดความเสียหายต่อเปลือก(rind injury) และพบว่าผล lemon ที่ได้รับอีเทรลและก๊าซเอธิลีนมีอัตราการหายใจ การผลิตเอธิลีนสูงกว่าชุดควบคุม ส่วนผล grapefruit พบว่าเอธิลีน 50 ppm และอีเทรลความเข้มข้น 1,000 ppm ทำให้สีผิวเปลี่ยนแปลงเป็นที่พอใจภายใน 7 วัน ขณะที่ผลที่ไม่ได้รับสารใช้เวลา 3 สัปดาห์ และผลส้ม Clementine

tangerine ก็ให้ผลเช่นเดียวกัน นอกจากนี้พบว่าในผลส้ม Clementine และผลส้ม Shamouti อีเทรลความเข้มข้น 5,000 ppm สามารถชะลอการสลายสีเขียว

Jahn (1973) พบว่าในผล Bearss lemon การใช้อุณหภูมิ 16°C และอุณหภูมิ 21°C ร่วมกับเอธิฟอนความเข้มข้น 1,000 ppm และเอธิฟอนความเข้มข้น 2,000 ppm ร่วมกับอุณหภูมิ 27°C มีการตอบสนองดีที่สุด นอกจากนี้พบว่าเอธิฟอนจะให้ผลเร็วขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ที่อุณหภูมิ 21°C การสลายสีเขียวของผลส้ม Robinson tangerine จะเกิดขึ้นเร็วกว่าที่อุณหภูมิ 16°C แต่ที่อุณหภูมิทั้งสองนี้ผลส้มไม่ตอบสนองต่อเอธิฟอน สำหรับอุณหภูมิ 27°C เอธิฟอนทำให้สีเขียวสลายไปเร็วกว่าที่อุณหภูมิ 21°C และที่อุณหภูมิ 16°C ไม่มีผลต่อการขจัดสีเขียวของผลส้ม Dancy tangerine แต่ที่อุณหภูมิ 21°C การสลายสีเขียวดีที่สุดเมื่อความเข้มข้นของเอธิฟอนเท่ากับ 250 ppm ขณะที่อุณหภูมิ 27°C ผลส้มตอบสนองได้ดีเมื่อเอธิฟอนความเข้มข้น 1,000 ppm แต่ก็ไม่ดีเท่ากับการใช้เอธิลีนความเข้มข้น 10 ppm ร่วมกับอุณหภูมิ 30°C ส่วนผลส้ม Hamlin พบว่าที่อุณหภูมิ 16°C และ 21°C เอธิฟอนไม่มีผลต่อการขจัดสีเขียวแต่การสลายสีเขียวจะเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิ 27°C พร้อมกับความเข้มข้นของเอธิฟอนเท่ากับ 500 ppm ส่วนการตอบสนองต่อเอธิฟอนที่ความเข้มข้น 1,000 ppm จะเหมือนกับความเข้มข้น 500 ppm และผล grapefruit พันธุ์ Marsh ที่ได้รับเอธิฟอนความเข้มข้น 500 ppm และอุณหภูมิ 16°C จะตอบสนองต่อการสลายสีเขียวได้ดีเท่ากับที่อุณหภูมิสูงกว่า สำหรับอุณหภูมิ 21°C และ 27°C ร่วมกับเอธิฟอนความเข้มข้น 1,000 ppm ทำให้การสลายสีเขียวเพิ่มขึ้นเล็กน้อย และเมื่อเปรียบเทียบระหว่างการใช้เอธิลีนความเข้มข้น 10 ppm อุณหภูมิ 30°C กับเอธิฟอนความเข้มข้น 1,000 ppm อุณหภูมิ 27°C พบว่าอัตราการสลายสีเขียวเมื่อใช้เอธิฟอนจะเร็วกว่า

ดังนั้นสรุปได้ว่าการใช้เอธิฟอนความเข้มข้นสูงถึง 8,000 ppm และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 16°C , 21°C และ 27°C กับผลไม้ตระกูลส้มภายหลังการเก็บเกี่ยว พบว่าผลส้มแต่ละชนิดมีการตอบสนองที่แตกต่างกัน โดยการสลายสีเขียวจะเกิดขึ้นเร็วเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น สำหรับผลที่ไม่ได้รับเอธิฟอนการสลายสีเขียวเกิดขึ้นสมบูรณ์ที่อุณหภูมิ 16°C มากกว่าอุณหภูมิ 21°C และ 27°C สำหรับความเข้มข้นของเอธิฟอนที่เหมาะสมในการขจัดสีเขียวอยู่ระหว่าง 500-1,000 ppm โดยการสลายสีเขียวของผลส้ม Robinson tangerine จะตอบสนองได้ดีที่เอธิฟอนความเข้มข้นต่ำและจะยับยั้งเมื่อความเข้มข้นเพิ่มขึ้นระหว่าง 2,000 - 8,000 ppm และพบว่าการขจัดสีเขียวในผลส้ม tangerine และผล grapefruit ด้วยเอธิฟอนเหมาะสมกว่าเอธิลีน(Jahn, 1973)

Vaskis (1975) พบว่าเอธิฟอนความเข้มข้น 500-4,000 ppm ทำให้เกิดการสลายสีเขียวของผล lemon และผล grapefruit พันธุ์ Marsh เป็นที่พอใจ แต่ขึ้นกับระยะความแก่ด้วย และเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้เอธิลีนพบว่าอัตราการเปลี่ยนสีผิวเกิดขึ้นได้ดีกว่า

Jahn (1976) กล่าวว่า ในผล Bearss lemon เมื่อให้เอธิฟอนความเข้มข้น 500 ppm พบว่าอุณหภูมิ 21°C ทำให้สีเขียวสลายไปในระยะเวลา 7 วันหลังเก็บเกี่ยว ซึ่งเร็วกว่าที่อุณหภูมิ 15°C แต่เมื่อเปรียบเทียบกับระดับความเข้มข้นอื่น ๆ พบว่าที่ความเข้มข้น 300 ppm จะมีผลน้อยกว่า สำหรับที่ความเข้มข้น 700 , 1,000 และ 2,000 ppm จะให้ผลเหมือนกับที่ความเข้มข้น 500 ppm ส่วนผลที่มีการเคลือบผิวพบว่า เอธิฟอนจะเร่งการสลายสีเขียวได้เร็วกว่าผลที่ไม่เคลือบ ซึ่งอาจจะเป็นผลมาจากสารเคลือบผิวช่วยรักษาระดับเอธิฟอนให้สูง ส่วนผล grapefruit พันธุ์ Marsh พบว่าที่อุณหภูมิ 21°C และ 27°C ทั้งเอธิฟอนและเอธิลีนจะเร่งการสลายสีเขียว แต่การเคลือบผิวจะลดประสิทธิภาพของสารทั้งสองลง รวมทั้งชะลอการสลายสีเขียวในผลที่ไม่ใช้สาร

Reddy and Shanker (1983) พบว่าอีเทรลความเข้มข้น 2,500 ppm ทำให้สีเขียวของส้ม Mosambi สลายไปภายใน 3-5 วัน ขณะที่ชุดควบคุมยังเขียวอยู่

2. การสูญเสียน้ำ

การสูญเสียน้ำภายหลังการเก็บเกี่ยวเป็นสาเหตุสำคัญอย่างหนึ่งที่ทำให้เกิดความเสียหายต่อผลิตผลขณะที่มีการเก็บรักษา(สายชล, 2528) โดยมีผลต่อการสูญเสียน้ำหนัก คุณภาพของผล และทำให้รูปร่างเปลี่ยนไป(ดนัย, 2534) โดยทั่วไปถ้าหากมีการสูญเสียน้ำเพียง 5-10 % ของน้ำหนัก จะทำให้ผลเหี่ยว ความแน่นเนื้อลดลง รสชาติไม่ดี(Peleg, 1985) ซึ่งตรงกับคำกล่าวของ Wardowski *et al.*(1986) ว่าการคายน้ำที่มากกว่า 5 % นอกจากจะทำให้ผลเหี่ยวและเสียรูปทรง ยังทำให้เปลือกผลบาง แข็ง ปอกรับประทานยากและวางจำหน่ายไม่ได้ทั้ง ๆ ที่คุณภาพภายในยังเปลี่ยนแปลงไม่มากนัก ชูชาติ(2537) กล่าวว่า ในผลไม้ตระกูลส้มการสูญเสียน้ำเป็นสาเหตุสำคัญของการสูญเสียภายหลังการเก็บเกี่ยว Grierson and Wardowski(1978) สรุปว่าในขณะที่ส้มมีการสูญเสียน้ำหนัก 5 % จะทำให้ผลเหี่ยวย่นและไม่สามารถวางจำหน่ายได้ จากการทดลองของ Somsrivichai *et al.*(1992) พบว่าส้มเขียวหวานที่เก็บรักษาในสภาพอุณหภูมิห้อง (28±2 °C) มีการสูญเสียน้ำหนักประมาณ 8-10 % ภายใน 1 สัปดาห์ และปรากฏอาการเหี่ยวให้เห็น การสูญเสียน้ำของผลิตผลหลังการเก็บเกี่ยวขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ ได้แก่ ปัจจัยที่เกี่ยวกับสภาวะแวดล้อม เช่น ความชื้นของอากาศ การเคลื่อนที่ของอากาศ ความดันบรรยากาศ อุณหภูมิ(ดนัย, 2534) และปัจจัยภายในของผลิตผลเอง เช่น ลักษณะโครงสร้าง

ของพืช สารเคลือบผิว รูปร่าง โครงสร้างผิวเปลือก และขนาดของผล(สายชล, 2528) สำหรับส้มเขียวหวาน Ketsa(1990a) กล่าวว่า การสูญเสียน้ำหนักมีความสัมพันธ์โดยตรงกับอัตราส่วนของพื้นที่ผิวต่อปริมาตรแต่ตรงข้ามกับขนาดของผล นั่นคือการสูญเสียน้ำเกิดขึ้นกับผลที่มีขนาดเล็กมากกว่าผลที่มีขนาดใหญ่ และยังขึ้นอยู่กับความหนาของเปลือกโดยผลที่มีเปลือกหนามีการสูญเสียน้ำมากกว่าผลที่มีเปลือกบาง เนื่องจากผลที่มีเปลือกหนาจะมีจำนวนปากใบ(stomata) มากกว่า ขณะเดียวกันผลที่มีเปลือกบางมีชั้นของ flavedo ที่หนากว่าทำให้มีประสิทธิภาพในการป้องกันการสูญเสียน้ำได้ดีกว่า(Ketsa, 1990b)

การใช้สารเคลือบผิวกับผลไม้หลังการเก็บเกี่ยว

1. ผลของสารเคลือบผิวต่อการสูญเสียน้ำของผลไม้หลังการเก็บเกี่ยว

โดยธรรมชาติผิวของผลไม้ส่วนใหญ่จะมีส่วนของ cuticle เคลือบอยู่เป็นชั้นบาง ๆ ซึ่งมีบทบาทในการควบคุมการสูญเสียน้ำ(สายชล, 2528) โดยมี wax เป็นส่วนประกอบหลักซึ่งมีองค์ประกอบทางเคมีเป็นเอสเทอร์ของกรดไขมันและแอลกอฮอล์สามารถป้องกันการผ่านเข้าออกของน้ำและจำกัดการแลกเปลี่ยนก๊าซได้(ปรีดา, 2536) ทั้งนี้ขึ้นกับชนิด พันธุ์ และอายุของผลไม้(Kay, 1991) wax ที่เคลือบผิวผลไม้แบ่งออกเป็น 2 พวก คือ hard wax และ soft wax ถ้าชั้นของ cuticle ประกอบด้วย soft wax มากการสูญเสียน้ำจะน้อย(สายชล, 2528) สำหรับผลไม้ตระกูลส้มในระยะที่ผลอ่อน(immature) wax ที่สร้างส่วนใหญ่จะเป็น soft wax แต่ในระยะผลแก่จะสร้าง hard wax ขึ้นเป็นปริมาณมาก(Ben-Yehoshua,1987) และ Albrigo(1972) กล่าวว่าการสูญเสียน้ำหนักของส้ม Valencia เกิดขึ้นน้อยถ้ามี soft wax อยู่มาก ในการปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยวผลไม้ เช่น การล้างทำความสะอาด การขนส่ง ทำให้ wax ที่มีอยู่โดยธรรมชาติหลุดออกได้ง่ายเป็นผลให้มีการสูญเสียน้ำออกทาง cuticle มากขึ้น ดังนั้นการเคลือบผิวผลไม้ด้วยสารเคลือบผิวจึงเป็นการทดแทน wax ธรรมชาติที่หลุดไปและปิดรอยเปิดตามธรรมชาติรวมทั้งรอยแผลที่เกิดขึ้นหลังการเก็บเกี่ยวทำให้ลดการสูญเสียน้ำได้ อรรณพ และคณะ(2532) ใช้สารเคลือบผิว Stafresh 360 ความเข้มข้นต่าง ๆ กัน เคลือบผิวมะนาวและเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 10±2 °C พบว่าชุดไม่เคลือบผิวมีการสูญเสียน้ำหนักอย่างรวดเร็วมากกว่า 20 % หลังจากเก็บรักษานาน 3 สัปดาห์ ขณะที่การใช้สารเคลือบผิวสามารถลดการสูญเสียน้ำหนักลงได้โดยสารเคลือบผิวความเข้มข้น 100 % จะลดการสูญเสียน้ำหนักได้ 50-60 % ทำให้ยืดอายุการเก็บรักษาได้นาน 7-8 สัปดาห์ และเมื่อใช้สารเคลือบผิว Stafresh 360 ความเข้มข้น 50 , 75 และ 100 % เคลือบผิว

มะนาวพันธุ์แป้นเปรียบเทียบกับผลที่ไม่เคลือบผิวโดยเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิเฉลี่ย 14.1°C และความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 78.6 % พบว่าผลมะนาวที่ไม่เคลือบผิวมีอายุการเก็บรักษาน้อยกว่า 14 วัน ผลเปลี่ยนเป็นสีเหลืองหรือน้ำตาลทั้งผลและเหี่ยว ส่วนการเคลือบผิวทุกความเข้มข้นสามารถลดการสูญเสียน้ำหนัก ชะลอการนิ่มของผล และเก็บรักษาได้นาน 21 วัน โดยผลมะนาวมีสีเหลืองปนเขียวและผิวเหี่ยวเพียงเล็กน้อยซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ผู้บริโภครับได้(พยุงศักดิ์ และคณะ, 2537) การใช้สารเคลือบผิว citrus shine ความเข้มข้น 60 และ 80 % เคลือบผิวผลส้มตราและเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5°C พบว่าเมื่อเก็บรักษานาน 20 วัน น้ำหนักสดลดลง 11.7 และ 11.2 % ตามลำดับ ขณะที่การไม่เคลือบผิวน้ำหนักสดลดลง 17.9 % (สุภาพ, 2531) การเคลือบผิวผลส้มด้วย Shield Brite AP 40 wax และเก็บรักษาในสภาพอุณหภูมิทั่วไป 21-31 °C ความชื้นสัมพัทธ์ 71-96% มีการสูญเสียน้ำลดลง และเมื่อผสม bennomyl 0.1% หรือ 0.5% sodium dehydroacetate ขณะที่ล้างทำความสะอาดผล สามารถยืดอายุการวางจำหน่ายและไม่กระทบต่อคุณภาพภายในของผลด้วย(Aworh *et al.*,1991) และ ชินพันธ์(2539) พบว่าผลลิ้นจี่ที่เคลือบผิวด้วยน้ำมันถั่วเหลืองผสมน้ำมันปาล์มมีการสูญเสียน้ำหนักเพียง 12.13% ส่วนผลที่ไม่ได้เคลือบผิวมีการสูญเสียน้ำหนักถึง 17.82 %

2. ผลของสารเคลือบผิวต่อการแลกเปลี่ยนก๊าซของผลไม้หลังการเก็บเกี่ยว

การจำกัดการแลกเปลี่ยนก๊าซของสารเคลือบผิว Ben-Yehoshua *et al.*(1985) พบว่าการเคลือบผิวส้ม Valencia สามารถจำกัดการผ่านเข้าออกของก๊าซ CO_2 , O_2 และเอธิลีนได้ถึง 140 , 250 และ 100 % ตามลำดับ และลดการสูญเสียน้ำได้ 25 % โดยไปปิดปากใบ(stomata) และรอยแตกตามธรรมชาติที่ผิวทำให้จำกัดการซึมผ่านของก๊าซได้ แต่ไม่มีผลต่อการระเหยของไอน้ำมากนัก และการเคลือบผิวผล grapefruit พันธุ์ Marsh และผลส้ม Valencia ทำให้ระดับก๊าซ CO_2 ภายในผลเพิ่มสูงขึ้นและการสูญเสียน้ำหนักลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับผลที่ไม่เคลือบผิว ซึ่งเป็นผลมาจากสารเคลือบผิวไปจำกัดการซึมผ่านของก๊าซ CO_2 และไอน้ำโดยไปปิดรูเปิดตามธรรมชาติในชั้น epidermis นั่นเอง(Hagenmaier and Baker, 1993) Ben-Yehoshua(1969) พบว่าการเคลือบผิวผลส้ม Shamouti และผลส้ม Valencia ในระหว่างการเก็บรักษาทำให้การหายใจลดลง ขณะเดียวกันระดับ CO_2 ภายในสูงขึ้น ซึ่งการที่สารเคลือบผิวสามารถจำกัดการแลกเปลี่ยนก๊าซทำให้ภายในผลมีปริมาณก๊าซ O_2 ต่ำ และ CO_2 สูง จึงสามารถยับยั้งการทำงานของเอธิลีนโดย CO_2 จะแย่งที่เอธิลีนเพื่อจับกับตัวรับแทน(Yang and Hoffman, 1984) นอกจากนี้ความสามารถในการป้องกันการสูญเสียน้ำของสารเคลือบผิวส่งผลให้ไม่เกิดการสร้างเอธิลีนอันเนื่องจากความเครียดซึ่งเกิดจากการสูญเสียน้ำด้วย(Paull, 1992 ; Wood, 1990)

3. ผลของสารเคลือบผิวต่อคุณภาพของผลไม้หลังการเก็บเกี่ยว

การใช้สารเคลือบผิวควรเลือกให้เหมาะสมกับผลไม้แต่ละชนิด เพราะมีผลต่อคุณภาพภายในของผลไม้ เช่น สารเคลือบผิว Semperfresh มีคุณสมบัติในการป้องกันการสูญเสียน้ำและจำกัดการแลกเปลี่ยนก๊าซได้ดี แต่แห้งช้า มีองค์ประกอบทางเคมีเป็นพวก sucrose ester ของกรดไขมัน สามารถใช้เคลือบผิวทุเรียนและชะลอการเสื่อมคุณภาพได้(สิริพันธ์, 2533) แต่ใช้ไม่ได้กับผลส้มเขียวหวานเพราะผิวส้มเป็นมันจึงติด Semperfresh ได้น้อย(สุภาวดี, 2531) Davis and Hofmann(1973) พบว่าผลส้มที่เคลือบผิวด้วย commercial solvent-type wax มีการสูญเสียน้ำหนักต่ำกว่าผลที่เคลือบด้วย water wax หรือ polyethylene ขณะที่กลิ่นผิดปกติ และเอทธานอล เกิดขึ้นเมื่อเคลือบผิวด้วย water wax และ commercial solvent-type แต่ไม่พบในผลที่เคลือบด้วย polyethylene Bank(1984) พบว่าสารเคลือบผิว TAL Pro-long มีคุณสมบัติในการดัดแปลงสภาพบรรยากาศภายในผลกล้วย โดยไปจำกัดการซึมผ่านของก๊าซ CO_2 , O_2 และเอธิลีน แต่มีผลต่อก๊าซ O_2 มากกว่า CO_2 ทำให้ระดับ O_2 ภายในต่ำลงมีผลให้อัตราการหายใจและการผลิตเอธิลีนลดลงด้วย แต่ไม่มีผลต่อการลดการคายน้ำ สรุปได้ว่าสารเคลือบผิวชนิดนี้ยอมให้ก๊าซ O_2 และเอธิลีนซึมผ่านได้ดีกว่าก๊าซ CO_2 และไอน้ำ และการสะสมของ acetaldehyde และเอทธานอล ไม่แตกต่างจากผลที่ไม่เคลือบผิว นอกจากนี้ระดับความเข้มข้นของสารเคลือบผิวยังมีผลต่อคุณภาพของผลไม้ โดยสารเคลือบผิวที่มีความเข้มข้นต่ำหรือเคลือบบางเกินไปจะลดการคายน้ำและจำกัดการแลกเปลี่ยนก๊าซได้น้อย ขณะที่ความเข้มข้นสูงหรือเคลือบหนาเกินไปนอกจากจะสิ้นเปลืองสารยังทำให้ผลไม้ขาดก๊าซ O_2 เกิดการหายใจแบบไม่ใช้ O_2 ทำให้เกิดกลิ่น และรสชาติผิดปกติ(Arthey, 1975) ธราธร(2528) พบว่า เมื่อเคลือบผลมะนาวด้วย TAL Pro-long ความเข้มข้น 1.2 % และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10°C สามารถชะลอการสูญเสียน้ำหนักและป้องกันการเหี่ยวของผลได้ แต่จะเกิดกลิ่นและรสชาติผิดปกติเมื่อเก็บไว้นาน 4 สัปดาห์

คุณสมบัติของสารเคลือบผิวที่เหมาะสมสำหรับผลไม้ตระกูลส้ม ควรมีความมันเงา จำกัดการสูญเสียน้ำเพื่อลดการเหี่ยวของผล และยอมให้ก๊าซ CO_2 และ O_2 ซึมผ่านได้อย่างเพียงพอเพื่อป้องกันการเกิดกลิ่นผิดปกติ(Kaplan,1986 อ้างโดย Hagenmaier and Baker, 1995) แต่พบว่าส่วนใหญ่สารเคลือบผิวแต่ละชนิดมีคุณสมบัติดังกล่าวไม่ครบถ้วน Hagenmaier and Baker(1995) จึงแก้ปัญหาโดยการเคลือบผิวผลส้มเป็นชั้น ๆ โดยอาศัยคุณสมบัติของสารเคลือบผิวแต่ละชนิดมาสนับสนุน พบว่าชั้นในการใช้สารเคลือบผิวที่จำกัดการคายน้ำ (moisture-barrier wax) จะลดการสูญเสียน้ำหนัก ส่วนชั้นนอกสารเคลือบผิวพวก polyethylene หรือสารผสม

ระหว่าง shellac และ resin ester จะให้ความมันเงา (gloss) แต่สารผสมระหว่าง shellac และ resin ester จะจำกัดการแลกเปลี่ยนของก๊าซ O_2 และ CO_2 ขณะที่สารเคลือบผิวพวก polyethylene ไม่มีผล ซึ่งสอดคล้องกับคำแนะนำของ Hagenmaier and Shaw(1992) ที่ว่าสารเคลือบผิวที่เหมาะสมสำหรับผลไม้ตระกูลส้มควรจะยอมให้ก๊าซ CO_2 , O_2 และเอธิลีนซึมผ่านได้มากและจำกัดการระเหยของไอน้ำเพื่อลดการคายน้ำ และไม่เป็นการกีดขวางกระบวนการหายใจเนื่องจากผลส้มมีอัตราการหายใจและการผลิตเอธิลีนต่ำ การจำกัดการซึมผ่านของก๊าซไม่สามารถชะลอการเสื่อมคุณภาพของผลส้มได้มากนัก(Ben-Yehoshua,1987) ตรงกันข้ามอาจทำให้เกิดการหายใจแบบไม่ใช้ O_2 ทำให้เกิดกลิ่นและรสชาติผิดปกติขึ้นได้ ดังการทดลองของ Cohen *et al.*(1990) พบว่าการเคลือบผิวผลส้ม Murcott tangerine แม้ว่าจะลดการสูญเสียน้ำหนักได้แต่ทำให้ปริมาณ CO_2 และเอทธานอล ภายในสูงขึ้นเป็นผลให้เกิดกลิ่นผิดปกติตามมา ดังนั้นปรีดา(2536) จึงศึกษาคุณสมบัติของสารเคลือบผิวที่เหมาะสมสำหรับส้มเขียวหวานที่เตรียมจาก carnauba ความเข้มข้น 0-15 % และ shellac ความเข้มข้น 0-20 % พบว่าสารเคลือบผิวที่เตรียมจาก carnauba สามารถป้องกันการสูญเสียน้ำหนักได้ 60 % และไม่จำกัดการแลกเปลี่ยนก๊าซทำให้ CO_2 , O_2 ภายในผลไม่แตกต่างจากผลปกติ สำหรับสารเคลือบผิวที่เตรียมจาก shellac สามารถป้องกันการสูญเสียน้ำหนักได้เพียง 20 % และจำกัดการแลกเปลี่ยนก๊าซ นอกจากนี้พบว่าสารเคลือบผิวทั้งสองไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพภายใน ดังนั้นสารเคลือบผิวที่เตรียมจาก carnauba จึงมีคุณสมบัติตรงตามความต้องการหลังการเก็บเกี่ยวของผลส้มเขียวหวาน

การเปลี่ยนสีเปลือกของผลและการสูญเสียน้ำหนัก มีผลกระทบต่อคุณภาพของผลส้มในเชิงการยอมรับของผู้บริโภค ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้จึงมุ่งเน้นที่จะศึกษาถึงผลของการขจัดสีเขียวเพื่อให้ผลส้มมีสีเหลืองสม่ำเสมอ และการชะลอการสูญเสียน้ำโดยใช้สารเคลือบผิว รวมทั้งศึกษาถึงปัจจัยอื่น ๆ เช่น อุณหภูมิ ที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงข้างต้น เพื่อเป็นแนวทางในการประยุกต์ใช้ต่อไป