

## บทที่ 2

### ตรวจเอกสาร

ส้ม เป็นไม้ยืนต้นขนาดเล็กในสกุล *Citrus* วงศ์ Rutaceae เจริญเติบโตและแพร่กระจายอยู่ทั่วโลก โดยมากมีน้ำมันหอมระเหยในใบ ดอก และผล และมีกลิ่นของน้ำมันหอมระเหย จัดเป็นไม้ผลขนาดเล็กความสูงประมาณ 2.5-3.0 เมตร ทรงพุ่มมีลักษณะแน่นทึบ เริ่มให้ผลผลิตเมื่ออายุ 3 ปี และให้ผลผลิตไม่ต่ำกว่า 15 ปี ถ้ามีการดูแลรักษาอย่างดี ตั้งแต่เริ่มออกดอกจนถึงดอกบานใช้เวลาประมาณ 20-25 วัน นับจากดอกบานจนถึงผลแก่ใช้เวลาประมาณ 10 เดือน ต้นที่มีอายุ 10 ปี สามารถให้ผลผลิตประมาณ 150-180 กิโลกรัมต่อต้นต่อปี น้ำหนักเฉลี่ยของผลประมาณ 8 ผลต่อ 1 กิโลกรัม (พานิชย์, 2542)

### ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของผล

ผลจัดเป็นพวก hesperidium เจริญจากรังไข่โดยตรงมีประมาณ 10 พู เชื่อมต่อกันเป็นวงกลมล้อมรอบแกนที่เรียกว่า central axis สัมพันธุ์สายน้ำผึ้งเป็นพวกส้มเปลือกกล่อน สามารถปอกเปลือกได้ง่าย ขนาดของทรงพุ่มประมาณ 4-6 เมตร ผลมีลักษณะค่อนข้างกลม เป็นเล็กน้อย บริเวณขั้วผลราบถึงเว้าเล็กน้อย ผิวผลเมื่อสุกมีสีเขียวอมเหลืองถึงเหลืองเข้ม ถ้าปลูกในพื้นที่ที่มีอากาศเย็น ผิวผลจะมีสีเหลืองเข้ม เช่น แถบจังหวัดภาคเหนือของประเทศไทย ผิวผลเรียบมีต่อมน้ำมันที่เต็มผิวผล กลีบผลแยกออกจากกันได้ง่าย มีกลีบประมาณ 11 กลีบ มีรกลน้อย ถูบน้ำหวาน (juice sac) มีขนาดสั้น ฉ่ำน้ำ เนื้อผลมีสีส้ม รสชาติหวานอมเปรี้ยวเล็กน้อย มีเมล็ดน้อย 5-12 เมล็ดต่อผล ตั้งแต่ ออกดอกถึงเก็บผลผลิตได้ใช้เวลา 9 เดือนและเริ่มให้ผลผลิตหลังจากปลูกประมาณปีที่ 3 ขึ้นไป (วิเชียร, 2548)

เปลือกของผล (ovary wall) สัมแบ่งออกเป็น 3 ชั้น คือ เปลือกผลชั้นนอก (flavedo) เป็นส่วนที่อยู่ชั้นนอกสุดของผลประกอบด้วยชั้นเอพิเดอมิสที่มีคิวติเคิลหุ้มหนามาก เซลล์ในชั้นของเอพิเดอมิสยังคงมีการแบ่งเซลล์ต่อไปจนถึงระยะผลแก่ เซลล์ที่มีการแบ่งตัวระยะหลังมีคิวติเคิลบาง และมีต่อมน้ำมันซึ่งสร้างตั้งแต่ในระยะที่เป็นรังไข่ของดอก ต่อมน้ำมันจะมีปริมาณเพิ่มขึ้นในระยะที่ผลขยายใหญ่ขึ้น บริเวณใต้ชั้นเอพิเดอมิสมีชั้นของเซลล์พาเรนไคมาที่มีคลอโรพลาสต์อยู่ด้วย จึงทำให้เปลือกผลมีสีเขียว และเมื่อผลเข้าสู่ระยะแก่ คลอโรพลาสต์เปลี่ยนเป็นโครโมพลาสต์ และมี

การสร้างสารสีพวกแคโรทีนอยด์ ทำให้ผลส้มมีสีส้มตามลักษณะประจำพันธุ์ เช่น สีเหลืองและสีส้ม เป็นต้น

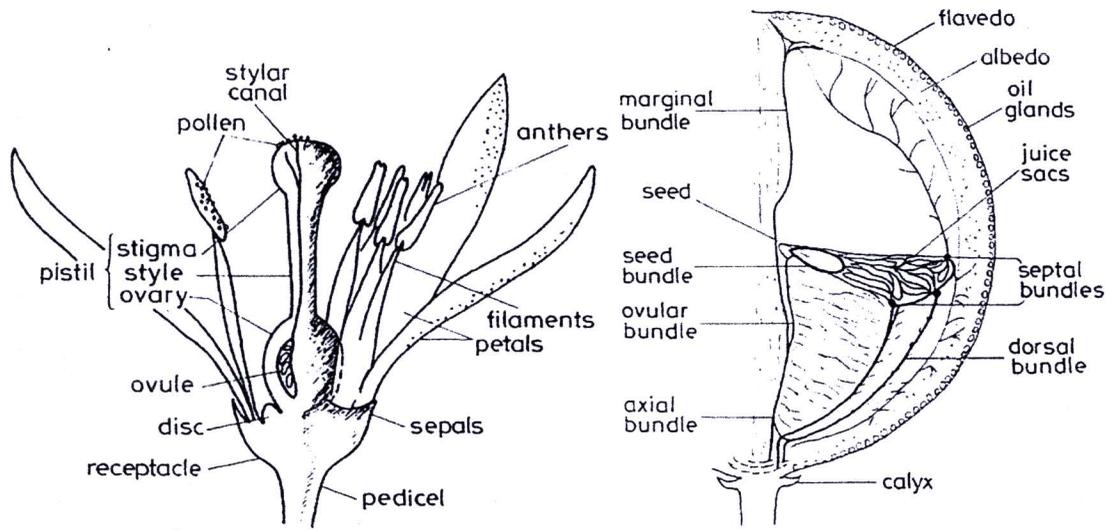
เปลือกชั้นกลาง (albedo) เป็นเซลล์ spongy parenchyma ชั้น albedo มีสีขาวอ่อนนุ่มในระยะแรกของการเจริญเติบโตของผล การเพิ่มขนาดของผลในระยะแรกเกิดจากการเพิ่มความหนาของชั้น albedo ส่วนการเพิ่มขนาดของช่องผลมีน้อยเมื่อสุกเปลือกผลที่แกะออกมาจะเป็นชั้นของเปลือกผลชั้นนอกและชั้นใน ส้มเขียวหวานมีส่วนของเปลือกที่เป็นที่เป็นเปลือกชั้นนอกและชั้นกลางมีลักษณะบางมากกว่าส่วนในส้มโอและซิตรอนมีชั้นของเปลือกผลชั้นกลางหนามาก

เปลือกผลชั้นใน ได้แก่ ส่วนที่เป็นช่องหรือกลีบผลและผนังของพูรังไข่ ส่วนที่เป็นจุดกำเนิดถุงน้ำหวาน (juice sac primordia) จัดเรียงกันอย่างหนาแน่นและเป็นระเบียบ ในระยะก่อนที่ช่องผลขยายขนาด เมื่อช่องผลขยายขนาดเต็มที่ถุงน้ำหวานจะจัดกระจายออกอย่างไม่เป็นระเบียบ ผนังของเปลือกชั้นในยึดตัวตั้งและปกคลุมด้วยชั้นคิวติเคิล

ผนังกัน (septa) เป็นผนังบางๆแบ่งกันระหว่างช่องผล แต่ละกลีบผลประกอบด้วยผนังสองชั้นของช่องมาประกบกัน สามารถแยกออกจากกันได้เป็นกลีบผล เรียกว่า segment และระหว่างผนังของกลีบผลมีท่อลำเลียงอาหารซึ่งมีลักษณะเป็นเส้นเล็กๆ และมีสีขาว มีลักษณะเป็นเส้นใยมาเลี้ยงผลและทุกกลีบผล ซึ่งอยู่บริเวณภายในของเปลือกชั้นใน

แกนผล (central axis) เปลี่ยนแปลงมาจากแกนของดอกแต่ละพูรังไข่ ที่แกนผลทางตอนล่างมีท่อลำเลียงอาหารกระจายไปหล่อเลี้ยงส่วนของถุงน้ำหวานและไข่อ่อน เซลล์พวกนี้มีลักษณะเป็นพวก spongy parenchyma ในส้มบางพันธุ์อาจมีแกนกลางขนาดเล็กหรือเกือบไม่มี เช่น ส้มจุกและส้มเขียวหวาน แต่ส้มบางชนิดมีแกนกลางขนาดใหญ่มาก เช่น ส้มโอ

ถุงน้ำหวาน (juice sac) เป็นส่วนของผลที่เจริญมาจากผนังเปลือกชั้นใน ถุงน้ำหวานบางถุงมีก้านยาว บางถุงมีก้านสั้น ภายในก้านไม่มีมัดท่อลำเลียงอาหาร ลักษณะของถุงน้ำหวานเป็นเซลล์ที่มีช่องว่างใหญ่และมีรูปร่างต่างๆกัน ภายในถุงน้ำหวานมีกรดและน้ำตาลอยู่ (Ting and Attaway, 1971) (ภาพที่ 1)



ภาพที่ 1 ส่วนประกอบของดอกและผลของพืชตระกูลส้ม (Spiegel-Roy and Goldschmidt, 1996)

### การจำแนกพืชตระกูลส้ม

พืชตระกูลส้มมีการปลูกกันอย่างแพร่หลายทุกภูมิภาคของโลกซึ่งสามารถแบ่งกลุ่มพืชวงศ์ส้ม ออกเป็น 4 กลุ่มใหญ่ๆ โดยอ้างอิงตาม Hodgson System (Kimball, 1999) ได้ดังนี้

#### 1. กลุ่มส้มเกลี้ยงและส้มตรา (Orange group)

เป็นกลุ่มใหญ่ที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจมากที่สุดในโลกมีถิ่นกำเนิด ในทวีปเอเชียทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศอินเดียทางแถบทิเบต ไปจนถึงจีนและพม่า แบ่งเป็น 2 พวก คือ ส้มที่มีรสหวาน (Sweet orange; *Citrus sinensis*)

เป็นผลไม้สดในสหรัฐอเมริกานอกจากใช้รับประทานสดแล้วยังแปรรูปเป็นน้ำส้ม ซึ่งถ้านำไปแช่แข็งสามารถเก็บรักษาได้นาน ส้มที่มีรสหวานแบ่งออกเป็น 4 ชนิด ได้แก่

ออเรนจ์ (orange) มีการปลูกกันมากในแถบเมดิเตอร์เรเนียน ได้แก่ สเปน อิตาลี และฝรั่งเศส พันธุ์ที่ปลูกเป็นการค้า เช่น Hamlin Berma, Pineapple และ Shamouti

ชนิดที่เนื้อผลมีกรดน้อย ส้มในกลุ่มนี้พบในปริมาณที่น้อยคือ ประมาณ 0.2 เปอร์เซ็นต์ เท่านั้น ได้แก่ ส้ม Sukkari ในประเทศอียิปต์ และ de Nice ในประเทศฝรั่งเศส

ชนิดที่มีเนื้อผลสีแดงส้ม ส้มในกลุ่มนี้พบแอนโทไซยานินที่เปลือกและในน้ำคั้น มักเรียกว่า blood orange ได้แก่ ส้ม Moro, Tarocco และ Sanguinelli เป็นต้น

นาเวล (Navel) ลักษณะของส้มพวกนี้ปลายผลมีลักษณะเป็นแฉ่ง คล้ายสะดือ (navel) ที่ตรงแฉ่งนี้อาจมีผลเล็กๆ เกิดขึ้นซ้อนอยู่อีก และไม่มีเมล็ด

ส้มที่มีรสเปรี้ยวหรือรสออกขม (Sour or Bitter orange; *Citrus aurantium*)

ส้มที่มีรสเปรี้ยวและส้มที่มีรสหวานมีลักษณะทางสัณฐานวิทยาที่คล้ายคลึงกันมาก แตกต่างกันเล็กน้อยที่ใบของส้มที่มีรสเปรี้ยว มีใบสีเขียวเข้มกว่า มีก้านใบยาวและปีกกว้างกว่า ลักษณะผลแบน และสีเขียวเข้มกว่า มีเปลือกหนากว่าส้มที่มีรสหวาน ลักษณะต้นสูงใหญ่ มีใบหนามากและทนต่อสภาพอากาศที่เย็นจัดหรือร้อนจัดได้ดีกว่าส้มพันธุ์อื่น ๆ

## 2. กลุ่มส้มเปลือกอ่อน (Mandarin group; *Citrus reticulata* Blanco)

ส้มเปลือกอ่อน มีชื่อสามัญว่า Mandarin อยู่ในวงศ์ Rutaceae จัดเป็นไม้ผลกึ่งร้อน มีถิ่นกำเนิดในจีนมีการปลูกมานาน ต่อมามีการนำไปปลูกในสหรัฐอเมริกาและยุโรป จนปัจจุบันเป็นไม้ผลที่ปลูกกันทั่วไปในเขตร้อนและเขตกึ่งร้อนของประเทศแถบเอเชีย ออสเตรเลีย เช่น ไทย ญี่ปุ่น ไต้หวัน เป็นต้น ผลมีเปลือกอ่อน เปลือกอ่อน แกะออกง่าย กลีบส้มแยกหลุดจากกันได้ง่าย มีหลายชนิดที่จัดอยู่ในกลุ่มนี้ เช่น ส้มจิน ส้มเขียวหวาน ส้มจุก ส้มแก้ว เป็นต้น (วัฒนา, 2528) แบ่งออกเป็น 4 กลุ่มย่อย ดังนี้

ซัสซูมา (*Citrus unshiu* Marcovitch) มีถิ่นกำเนิดในประเทศญี่ปุ่น เป็นพวกที่ทนต่อสภาพอากาศเย็นได้ดีที่สุด สามารถปรับตัวเจริญเติบโตได้ดีในเขตอากาศเย็น

คิงแมนดาริน (*Citrus nobilis* Loureiro) เรียกอีกชื่อหนึ่งว่า “King of Siam” มีถิ่นกำเนิดในอินโดจีน พันธุ์ที่สำคัญ ได้แก่ พันธุ์คิง

เมคิเดอเรนเนียนแมนดาริน (*Citrus deliciosa* Tenore)

แมนดาริน (*Citrus reticulata* Blanco) ส้มพวกนี้มีดอกและใบขนาดเล็ก ผลขนาดกลางถึงใหญ่ เปลือกบางและอ่อน ปอกออกได้ง่ายผล ได้แก่ ส้มเขียวหวานและส้มจิน สำหรับพันธุ์ในต่างประเทศที่นิยมปลูก เช่น พันธุ์คลิเมนไทน์ แคนซี พองแกน เป็นต้น

## 3. กลุ่มส้มโอและเกรฟฟรุต (Pummelo and Grapefruit group)

ทั้งสองชนิดนี้มีลักษณะทางพฤกษศาสตร์ที่คล้ายคลึงกัน โดยเฉพาะลำต้นและทรงพุ่ม แตกต่างกันตรงที่ส้มโอมีลำต้นใหญ่และแข็งแรงกว่า แต่เกรฟฟรุตมีทรงพุ่มเล็กกว่า

ส้มโอ (*Citrus grandis* (L.) Osbeck) จัดเป็นส้มที่ผลขนาดใหญ่ที่สุดในวงศ์ส้มทั้งหมดมีถิ่นกำเนิดในเขตร้อน

เกรฟฟรุต (*Citrus paradisi* Macfadyen) มีถิ่นกำเนิดในหมู่เกาะอินเดียตะวันตก ลักษณะผลคล้ายกับส้มโอ แต่มีขนาดเล็ก แหล่งปลูกอยู่ที่รัฐฟลอริดา อิสราเอล จาไมกา คิวบา และอาร์เจนตินา เป็นต้น

#### 4. กลุ่มมะนาว (Common acid member)

เลมอน หรือมะนาวฝรั่ง (*Citrus limon* (L.) Burm) มีถิ่นกำเนิดอยู่ทางตะวันออกของประเทศอินเดีย ปัจจุบันเลมอนมีความสำคัญในตลาดโลกค่อนข้างมาก โดยเฉพาะสหรัฐอเมริกา ผลิตได้ประมาณครึ่งหนึ่งของผลผลิตทั้งหมด

ไลม์ หรือมะนาวไทย (*Citrus aurantifolia* Swing) มีถิ่นกำเนิดอยู่ทางตะวันออกเฉียงเหนือของอินเดีย พม่าและไทย ตลอดจนประเทศมาเลเซีย

ซิตรอน (*Citrus medica* L.) มีถิ่นกำเนิดทางอินเดียตะวันออกเฉียงเหนือ ผลมีเปลือกหนา น้ำหวานมีจำนวนน้อย รสเปรี้ยวจัด และเมล็ดมาก นิยมนำมาแปรรูป เช่น เปลือกแฉ่ำ ทำขนม

#### พันธุ์ส้มที่ปลูกเป็นการค้าในประเทศไทย

ส้มเขียวหวานชนิดเปลือกค่อนข้างหนา หรือเรียกว่า ส้มบางมด ผลมีขนาดใหญ่ รูปร่างผลมีจุดนูนเล็กน้อย มีรสหวานปานกลาง ไม่หวานแหลมนัก เดิมปลูกกันมากบริเวณตำบลบางมด เขตบางขุนเทียน ต่อมาได้กระจายออกไป เช่น จังหวัดปทุมธานี สระบุรี และนครนายก โดยเฉพาะในจังหวัดปทุมธานี ซึ่งเป็นเขตที่มีชลประทานสมบูรณ์ที่สุด นอกจากนี้ยังกระจายไปปลูกในแหล่งอื่นๆ เช่น จังหวัดน่าน แพร่ จันทบุรี ตราด นครสวรรค์ และเชียงใหม่ เป็นต้น

ส้มเขียวหวานพันธุ์แหลมทอง เป็นกลุ่มที่มีลำต้นใหญ่ ผลผลิตปานกลาง ขนาดผลปานกลาง แต่มีรสชาติดี แม้ผลยังไม่ถึงอายุเก็บเกี่ยวผลไม่มียีสเปรี้ยวมาก ในอดีตมีการปลูกกันมากบริเวณท่าขุ่น วัดเพลง จังหวัดราชบุรี แต่ปัจจุบันปลูกกันน้อยมาก

ส้มฟริมองด์ เป็นพันธุ์ลูกผสมของส้มคลิเมนไทน์จัดอยู่ในกลุ่มส้มแมนดาริน นำเข้ามาปลูกในประเทศไทยประมาณ 20 ปี มาแล้ว โดยปลูกกันมากในจังหวัดเชียงใหม่ แพร่ ตราด และน่าน

ส้มพันธุ์สายน้ำผึ้ง หรือ ส้มโชกุน หรือ เพชรยะลา เป็นส้มที่มีแหล่งกำเนิดในจังหวัดยะลา และได้ชื่อว่า ส้มโชกุน เพราะผลมีคุณภาพและรสชาติดีกว่าส้มเขียวหวานมากในหลายๆด้าน ต่อมาได้ชื่อใหม่ว่า ส้มเพชรยะลา เพื่อเป็นเกียรติแก่จังหวัดยะลาแหล่งกำเนิดส้มพันธุ์สายน้ำผึ้ง มีลักษณะรูปร่างทรงตันเหมือนส้มเขียวหวานมาก ส่วนลักษณะที่แตกต่างไปจากส้มเขียวหวานคือ มีทรงพุ่มแน่นและชะลูดกว่า ส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งลักษณะของกิ่งและใบตั้งขึ้น ส่วนส้มเขียวหวานกิ่งและใบห้อยลงมา ใบของส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งมีสีเขียวเข้มกว่าส้มเขียวหวาน แต่ขนาดใบเล็กกว่าเล็กน้อย นอกจากนี้ใบยังมีกลิ่นหอม ผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งมีขนาดปานกลาง สีของผลเหมือนกับส้มเขียวหวาน เมื่อแก่จัดผิวเปลี่ยนเป็นสีเหลืองส้ม ปอกเปลือกง่ายและล่อน นอกจากนี้เปลือกยังมีกลิ่นหอม และมีน้ำหนักผลดีกว่าส้มเขียวหวานเมื่อเปรียบเทียบกับผลที่มีขนาดเดียวกัน (เปรมปรี, 2544)

## การห่อผล

การปลูกไม้ผลเป็นการค้า ทั้งเพื่อการส่งออกไปขายยังต่างประเทศและภายในประเทศนั้นมีการดูแลเอาใจใส่ที่แตกต่างกันมาก เนื่องจากตลาดต่างประเทศมีความพิถีพิถันในเรื่องของคุณภาพมาก เช่น มะม่วงที่ส่งไปขายที่ญี่ปุ่นต้องมีกระบวนการและขั้นตอนปฏิบัติต่างๆรวมทั้งการตรวจสอบที่เข้มงวด เพื่อให้ได้คุณภาพตามที่ตลาดต้องการจึงจะมีราคาสูง การทำผลไม้ให้มีคุณภาพหลายๆด้านพร้อมกันตามที่ตลาดต้องการเป็นสิ่งที่ไม่สามารถทำได้

การห่อผลเป็นวิธีการปฏิบัติอย่างหนึ่งที่มีความจำเป็นมากกับการผลิตในปัจจุบัน ที่มีการนำมาใช้ในการผลิตเพื่อการค้าโดยมีจุดประสงค์อยู่ 2 ประการ คือ เพื่อเพิ่มคุณภาพของผลให้ดีขึ้น เช่น ผลที่มีผิวสวยงามสะอาดเกลี้ยงเกลา ไม่มีรอยขีดข่วนหรือตำหนิต่างๆ จำหน่ายได้ราคาดี สามารถช่วยป้องกันแมลงเข้าทำลายผล เนื่องจากผลที่ใกล้สุกผิวของผลจะอ่อนตัวลง ทำให้แมลงศัตรู เช่น แมลงวันทองเข้าทำลาย การป้องกันแมลงพวกนี้ด้วยวิธีอื่นๆ ยังไม่ค่อยมีประสิทธิภาพมากนักหรือแมลงอาจสร้างความเสียหายให้ก่อน นอกจากนี้การห่อยังช่วยเพิ่มขนาดของผลและลดการใช้ยาฆ่าแมลง ประหยัดค่าใช้จ่าย ทำให้ปลอดภัยต่อผู้บริโภคอีกด้วย (เฉลิมชัย, 2539)

การห่อผลสัมฤทธิ์เมื่อผลมีอายุ ประมาณ 3 เดือนหลังติดผล ในช่วงระยะเวลา 3 เดือนแรกผลมีการร่วงและผลแตกอยู่อย่างต่อเนื่อง จึงต้องห่อผลภายหลัง 3 เดือนไปแล้ว ทำให้การห่อไม่ต้องเสียแรงงานและสิ้นเปลืองสูงมาก การห่อผลทำให้สภาพบรรยากาศรอบๆ ผลภายในถุงห่อมีอุณหภูมิและความชื้นสูงขึ้น ถุงช่วยกรองแสงอุลตราไวโอเลต และป้องกันแสงอินฟราเรด ทำให้การแบ่งเซลล์เป็นไปได้ดี เนื้อผลมีคุณภาพดีขึ้นและน้ำหนักผลเพิ่มประมาณ 13-15 เปอร์เซ็นต์ แต่ความหวานลดลงเล็กน้อย (วิจิตร, 2543)

ประโยชน์ที่ได้จากการห่อผลคือ ป้องกันแมลงเข้าไปทำลายผลได้เป็นอย่างดี ลดการใช้สารเคมีกำจัดแมลงได้มาก และบางครั้งยังป้องกันการระบาดของโรคได้อีกด้วย นอกจากนี้ยังช่วยให้สีผิวของผลไม้เป็นที่ต้องการของตลาดมากขึ้น คุณภาพของเนื้อและผิวผลที่ห่อจะดีกว่าผลที่ไม่ได้ห่อและทำให้ผลมีผิวสีนวลน่าซื้อมารับประทาน (ธีรพงศ์, 2535) คุณภาพภายนอกของผลเป็นเงื่อนไขสำคัญที่ผู้บริโภคตัดสินใจซื้อ เป็นมาตรฐานกำหนดเกรดและราคาทั้งการรับซื้อจากเกษตรกรรวมถึงราคาในการขายสู่ผู้บริโภค ความสำคัญของผิวผลจึงเป็นจุดแรกที่ผู้บริโภคให้ความสนใจ ถึงแม้ว่าผู้บริโภคต้องการรสชาติใกล้เคียงกับความสะอาดจากภายนอก แต่เนื่องจากรสชาติจำเป็นต้องมีการชิม ความสวยงามของผิวผลจึงเป็นสิ่งจูงใจในการเลือกซื้อของผู้บริโภคในการตัดสินใจ ทำให้การห่อผลจึงมีความสำคัญและบทบาทในการผลิตผลไม้ในปัจจุบันนี้มากขึ้นตามลำดับ

ในต่างประเทศมีการห่อถุงด้วยพลาสติกช่วยให้ผลผลิตสูงขึ้น 25 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้ยังช่วยให้คุณภาพของผลสูงขึ้น เนื่องจากผลมีการเจริญเติบโตดีขึ้น ช่วยป้องกันการเสียดสีกันเองของผลหรือกับกิ่ง การห่อผลควรเริ่มตั้งแต่ผลยังมีขนาดเล็กอยู่โดยอาจทำไปพร้อมกับการปลิดผล วิธีการห่อผลที่รวดเร็วที่สุดซึ่งใช้กันในการผลิตไม้ผลหลายชนิด คือถุงพลาสติกหรือถุงกระดาษไขคลุมที่ผลแล้วใช้ลวดเย็บปากถุง ถุงที่ใช้ห่อควรมีขนาดใหญ่พอสมควร เพื่อผลที่ห่อมีการพัฒนาได้อย่างเต็มที่ (นพดล, 2537) นอกจากนี้ที่สำคัญคือ การป้องกันแมลงเข้าทำลายผลจากเพลี้ยแป้งแมลงวันทอง มักเข้าทำลายผลในช่วงเวลาใกล้เก็บเกี่ยว ซึ่งเป็นปัญหาต่อการส่งออกผลไม้ไปยังต่างประเทศที่มีความสำคัญมากในการผลิตผลไม้หลายชนิด นอกจากนี้ยังป้องกันสารเคมีตกค้างอีกด้วย (Kitagawa *et al.*, 1992)

วัสดุห่อผลไม้มีหลายชนิด เช่น ถุงพลาสติกที่ใช้ห่อผลไม้ในปัจจุบันมี 2 ประเภท คือ ถุงร้อนซึ่งทำมาจากพลาสติกโพลีโพรพิลีน (polypropylene, PP) และถุงเย็นซึ่งทำมาจากพลาสติกโพลีเอทิลีน (polyethylene, PE) ข้อดีคือหาซื้อง่าย ราคาถูกสามารถมองเห็นผลผลิตที่อยู่ภายในได้ชัดเจน ข้อเสียไม่สามารถป้องกันความร้อนจากแสงแดดได้ ทำให้ผลผลิตได้รับความร้อนจากแสงแดดมาก มีผลต่อกระบวนการเมแทบอลิซึมของผลผลิต สำหรับวัสดุชนิดอื่นๆ ได้แก่ กระดาษหนังสือพิมพ์ ถุงสี ถุงปูน ถุงผ้า และถุงพลาสติก เป็นต้น ซึ่งวัสดุเหล่านี้มีต้นทุนต่ำ และมีประสิทธิภาพสามารถป้องกันศัตรูพืช และเพิ่มลักษณะปรากฏให้ดีขึ้นได้ ใช้งานง่าย โดยสวมผลเข้าไปแล้วรัดปากถุงด้วยเชือกกับก้านช่อผลหรือขั้วให้เรียบร้อย (ทวีศักดิ์, 2531)

ในการศึกษาของ Hofman *et al.* (1997) ได้ศึกษาการห่อผลมะม่วงพันธุ์เคนท์ พบว่า การห่อถุงเพิ่มเปอร์เซ็นต์สีเหลืองที่ผิว เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้งสูงขึ้นและเกิดการสุกเร็วขึ้น ในผลที่ห่อเช่นเดียวกับ เจริญ และอภิธา (2547) ได้ศึกษาการห่อผลมะม่วงด้วยถุงคาร์บอน มีผลต่อการเปลี่ยนสีเปลือกผิวจากสีเขียวเป็นสีเหลืองและมีปริมาณแคโรทีนอยด์สูงที่สุด แต่มีปริมาณคลอโรฟิลล์เอและบีต่ำกว่าผลมะม่วงที่ไม่ห่อ เช่นเดียวกับการห่อผลพีชพันธุ์ Hakuho พบว่า ผลที่ไม่ได้ห่อมีการสะสมแอนโทไซยานินมากที่สุด มีคลอโรฟิลล์สูงที่สุด ในขณะที่ผลที่ห่อในระยะ 15 วันก่อนการเก็บเกี่ยวด้วยกระดาษสีส้มมีค่า L\* สูงจึงทำให้มีลักษณะแดงสว่าง ปริมาณคลอโรฟิลล์ลดลงทำให้คุณภาพเกี่ยวกับการมองเห็นดี จะเห็นได้ว่าการห่อผลช่วยปรับปรุงสีของเปลือก ปริมาณคลอโรฟิลล์ รสชาติ และกลิ่นด้วย (Jia *et al.*, 2005)

ฉลองชัย (2542) กล่าวว่า การห่อผลมะม่วงนอกจากป้องกันแมลงวันทองแล้ว ผลที่ห่อมีน้ำหนักเพิ่มขึ้นด้วย ผลแก่ช้าลง ไม่ค่อยร่วงหล่นเสียหาย ปราศจากสารเคมี ขายได้ราคา และการห่อผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ด้วยถุงพลาสติกหิ้วหรือกระดาษหนังสือพิมพ์ ทำให้ผลมีน้ำหนักเพิ่มขึ้น สอดคล้องกับการห่อผลชมพูพันธุ์ทับทิมจีนที่มีความกว้างผล และความยาวมากกว่าผลที่ไม่ห่อ

นอกจากนั้นการห่อผลช่วยลดความเสียหายจากแมลง การถูกแดดเผา รอยขีดข่วนได้และทำให้รสชาติดีกว่าไม่ห่อผล (เพทาย และกวีศรี, 2549) ให้ผลทำนองเดียวกับ ปริญา (2550) ได้ศึกษาการห่อผลลิ้นจี่พันธุ์สงขลาค้วยวศูต่างๆ ช่วยให้ผลมีขนาดผลมากกว่า 25 กรัมต่อผลในขนาดผลเพิ่มมากขึ้นกว่าการไม่ห่อผล การใช้ถุงสีขาวยังช่วยเพิ่มน้ำหนักเนื้อ ความหนาเนื้อ ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ และสีแดงของเปลือกผลลิ้นจี่อย่างชัดเจน

ส่วนการศึกษาเวลาการห่อผลทุเรียนที่เหมาะสมเพื่อป้องกันหนอนเจาะเมล็ดทุเรียนโดยใช้ถุงพลาสติกขาวขุ่นเจาะรูที่มุมก้นถุง พบว่า การห่อผลทุเรียนในระยะ 6 สัปดาห์หลังติดผล ช่วยควบคุมการทำลายของหนอนเจาะเมล็ดได้ 100 เปอร์เซ็นต์ และการห่อผลในระยะเช้าหรือเร็วได้สีผิวของทุเรียนไม่แตกต่างกับผลไม่ห่อ (เกรียงไกร และศรุต, 2550)

### การเก็บเกี่ยวผล

ผลผลิตทางการเกษตรจะมีคุณภาพดีและเก็บรักษาได้นาน ถ้าเก็บเกี่ยวในระยะความแก่ที่เหมาะสม (คณัย และนิธิยา, 2548) ผลส้มจัดเป็นประเภท non-climacteric กล่าวคือภายหลังการเก็บเกี่ยวมีอัตราการหายใจต่ำ และมีการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้อยมาก ดังนั้นจึงควรให้ผลส้มอยู่บนต้นจนกระทั่งถึงระยะเวลาที่มีส่วนประกอบ หรือคุณภาพที่เหมาะสมสำหรับบริโภค และส้มไม่มีการเพิ่มคุณภาพโดยเฉพาะความหวานหลังจากการเก็บเกี่ยว (สายชล, 2528) ดังนั้นควรให้ผลสุกก่อนที่จะเก็บเกี่ยว โดยอายุเก็บเกี่ยวของส้มเขียวหวานได้เมื่ออายุประมาณ 9.5–10.5 เดือนหลังจากดอกบาน ส้มเริ่มมีสีเหลือง มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ขั้นต่ำ 8.0-8.8 เปอร์เซ็นต์ (จริงแท้, 2541) ส้มบางพันธุ์สามารถใช้สัดส่วนของปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้กับปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ เป็นดัชนีการเก็บเกี่ยวได้ (Spiegel-Roy and Goldschmidt, 1996)

### เอทธิฟอน

การใช้เอทธิฟอน (ethephon; 2-chloromethyl phosphonic acid) มีการผลิตเป็นการค้าโดยใช้ชื่อต่างๆกัน เช่น Ethrel, Protrel, Cerone, Prop และ Florel สารนี้มีระดับความเป็นกรดต่ำกว่า 4 และคงตัวอยู่ในสภาพที่เป็นกรด แต่ในสภาพที่กรดน้อยลง เช่น ละลายในน้ำ หรือซึมเข้าไปในไซโทพลาซึมของเซลล์พืชจะสลายตัวปลดปล่อยเอทธิลีนออกมาและในสภาพที่มีความชื้นสูงเกิดการสลายตัวได้มากขึ้น ส่วนการใช้สารจับใบนั้นชะลอการสลายตัวลง

เอทธิฟอน เป็นสารที่มีพิษค่อนข้างต่ำและสลายตัวได้ง่าย อัตราที่ขอมให้เข้าสู่ร่างกายโดยไม่เป็นอันตราย คือ 7.5 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมต่อวัน หรือถ้าเทียบกับน้ำหนักคน 60 กิโลกรัมและใช้สัดส่วนความปลอดภัย 100 เท่า ปริมาณสูงสุดที่คนธรรมดาจะรับเข้าสู่ร่างกายได้คือ ไม่เกิน 4.5

มิลลิกรัมต่อวัน ดังนั้นการใช้เอทิลฟอนกับพืชต้องไม่ให้มีสารตกค้างเกินกว่าปริมาณที่ทำให้ผู้บริโภค รับประทานเข้าไปในร่างกายมากกว่าวันละ 4.5 มิลลิกรัมต่อวัน การใช้เอทิลฟอนในทางเกษตรส่วนใหญ่ ได้รับอนุญาตให้ใช้ก่อนการเก็บเกี่ยวสำหรับการปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยวและช่วยในการเก็บเกี่ยว นั้น ในสหรัฐอเมริกาอนุญาตให้ใช้สำหรับการบ่มมะนาวฝรั่ง และสำหรับการบ่มกล้วยในเฉพาะรัฐ ฟลอริดา นอกจากนี้ยังอนุญาตให้ใช้ก่อนการเก็บเกี่ยวเพื่อเร่งการสุก หรือการเปลี่ยนแปลงสีของผล เชอร์รี่ องุ่นรับประทานสด พริกหวาน ผักชีฝรั่ง แบลคเบอร์รี่ มะเขือเทศ แอปเปิล และสับปะรด และใช้เร่งการหลุดร่วงของผลฝ้าย เชอร์รี่ แอปเปิล แบลคเบอร์รี่ แคนตาลูป และวอลนัท สำหรับในประเทศไทยไม่มีกฎระเบียบแน่ชัดในการควบคุมการใช้เอทิลฟอน อาจกล่าวได้ว่า สำหรับผลที่ ผู้บริโภคไม่รับประทานเปลือกน่าจะใช้เอทิลฟอนได้อย่างปลอดภัย (จริงแท้, 2537)

ในการใช้เอทิลฟอนเพื่อบ่มผลไม้ทำได้โดยการจุ่มผลไม้ที่ต้องการบ่มลงในสารละลายที่มี เอทิลฟอน 0.2% w/v ของปริมาณสารที่แท้จริง เช่น อีเทรล ซึ่งมีเอทิลฟอน 39.5 เปอร์เซ็นต์ เนื้อเยื่อผล จะดูดเอทิลฟอนเข้าไปและแตกตัว เมื่อความเป็นกรดค้างเกิน 4.6 แล้วปล่อย เอทิลีนออกมา (วิจิตร, 2529) สำหรับความเข้มข้นที่เหมาะสมทางผู้ผลิตแนะนำความเข้มข้นสำหรับผลไม้ทั่วไปประมาณ 600 ส่วนต่อล้านส่วน ด้วยการแช่ 2-3 นาที ผลจะสุกใน 3-4 วัน ส่วนทุเรียนต้องใช้ความเข้มข้น ที่สูงขึ้นถึง 2,400 ส่วนต่อล้านส่วน หรืออาจใช้วิธีจุ่มเฉพาะปลายด้วยสารละลาย 1 เปอร์เซ็นต์ของ สารออกฤทธิ์ ทำให้ทุเรียนสุกได้ และมีคุณภาพดีกว่าจุ่มทั้งผล (จริงแท้, 2537) สำหรับมะม่วง ชาวสวนมักทำการจุ่มผลลงในสารละลายเอทิลฟอน (39.5 เปอร์เซ็นต์) เข้มข้น 1,000 ส่วนต่อล้าน ส่วน เป็นเวลานาน 1 นาที ช่วยให้ผลมะม่วงสุกได้ดี (เปรมปรี, 2543) โดยมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ที่ ได้รับเอทิลฟอนความเข้มข้น 250 และ 500 ส่วนต่อล้านส่วน และมะม่วงพันธุ์ทองคำที่ได้รับ เอทิลฟอนความเข้มข้น 1,000 และ 2,000 ส่วนต่อล้านส่วน มีคุณภาพเนื้อผลสุกดีที่สุด (วันดี, 2539)

ข้อดีของการใช้เอทิลฟอน คือ ทำได้ง่าย ไม่ต้องสร้างห้องหรือใช้อุปกรณ์พิเศษเพิ่มเติมขึ้น มาก แม้จะเพิ่มขึ้นตอนการปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยว ข้อเสียที่พบได้ คือ ปัญหาเรื่องโรค เนื่องจากการ ใช้น้ำเป็นตัวทำละลาย ทำให้ผลิตผลมีความชื้นสูง (จริงแท้, 2537)

### การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพหลังการเก็บเกี่ยว

การเปลี่ยนสีของเปลือกภายหลังการเก็บเกี่ยวผลส้มยังมีการเปลี่ยนสีของเปลือกเกิดขึ้นได้ โดยสีเขียวจะค่อยๆหายไป แล้วปรากฏสีเหลืองหรือสีส้มขึ้นมาแทน ซึ่งเกิดจากการสลายตัวของ คลอโรฟิลล์ เป็นคลอโรรินหรือเพอพูริน (chlororin or purpurin) ซึ่งเป็นสารไม่มีสี ทำให้สีเหลือง ของแคโรทีนอยด์ ซึ่งมีอยู่แล้วแต่ถูกสีเขียวของคลอโรฟิลล์บดบังไว้ปรากฏชัดขึ้น พร้อมกับมีการ สังเคราะห์แคโรทีนอยด์ใหม่ขึ้นมา ประกอบด้วยแคโรทีนและแซนโทฟิลล์ซึ่งเป็นสารสีที่อยู่ใน

โครโมพลาสต์ (คณัย, 2540; Gross, 1987) การสลายตัวของคลอโรฟิลล์เกิดจากการทำงานของเอนไซม์คลอโรฟิลเลส (chlorophyllase) ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่เร่งปฏิกิริยาการสลายคลอโรฟิลล์โดยการแยกเอาส่วนที่เป็นหมู่ไฟทอล (phytol) ออกจากโมเลกุลของคลอโรฟิลล์และในการสลายตัวของคลอโรฟิลล์พบว่าการเพิ่มกิจกรรมของเอนไซม์ออกซิเดส (oxidase) มากขึ้น แต่การที่เอทิลีนกระตุ้นให้เกิดการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ในผลส้ม นั้น เอนไซม์ออกซิเดสนี้อาจมีความสำคัญต่อการทำลายคลอโรฟิลล์ในเนื้อเยื่อของผลที่กำลังสุกได้ (คณัย, 2540) ดังนั้นเมื่อใช้เอทิลีนเร่งการสลายสีเขียวของเปลือกจะมีกิจกรรมของเอนไซม์ออกซิเดสเพิ่มขึ้นควบคู่กัน (Gross, 1987) ปริมาณแคโรทีนอยด์ของเปลือกผลเพิ่มขึ้นเมื่อผลสุก ผลซึ่งเก็บเกี่ยวในขณะที่เปลือกมีสีเขียวและเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส มีปริมาณแคโรทีนอยด์ต่ำกว่าผลที่ปล่อยให้สุกบนต้น อย่างไรก็ตามการเปลี่ยนแปลงของแคโรทีนอยด์ระหว่างการสุกสามารถเกิดขึ้นได้ทั้งผลที่ติดอยู่บนต้นและผลที่เก็บเกี่ยวแล้ว (Gross, 1981)

อุณหภูมิมีผลต่อการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ในเปลือกของผล โดยผลส้มพันธุ์ Shamouti เมื่อเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส มีการเปลี่ยนแปลงสีเปลือกเร็วกว่าที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส (Cohen, 1978a) นอกจากนี้ความมืดสามารถชะลอการสังเคราะห์แคโรทีนอยด์ของผลได้เช่นกัน (คณัย, 2540) สารเคลือบผิวมีผลต่อการเปลี่ยนสีของเปลือกผล ตัวอย่างเช่น ผลส้มพันธุ์ Hamlin และ Dancy ที่เคลือบผิว มีการพัฒนาแคโรทีนอยด์เกิดขึ้นเพียงเล็กน้อย (Jahn, 1976) สอดคล้องกับการเคลือบผิวผลเกรฟฟรุตพันธุ์ Marsh ที่ชะลอการเปลี่ยนสีเปลือกได้ (Vakis, 1975) จึงเป็นข้อยืนยันได้ว่าผลส้มที่เคลือบผิวมีการสลายสีเขียวช้าลง (Fuchs and Cohen, 1969; Jahn, 1976) การที่สารเคลือบผิวจำกัดการผ่านเข้า-ออกของแก๊สได้ ทำให้ปริมาณแก๊สออกซิเจนภายในผลลดลงและแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้น แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่เพิ่มขึ้นนั้นจะชะลอกระบวนการสลายตัวของคลอโรฟิลล์และการสังเคราะห์แคโรทีนอยด์ได้ (Subramanyam *et al.*, 1975)

เอทิลีนเป็นฮอร์โมนพืชที่ช่วยเร่งการสลายคลอโรฟิลล์และสังเคราะห์แคโรทีนอยด์ การใช้เอทิลีนช่วยเร่งการสังเคราะห์แคโรทีนอยด์ได้เร็วกว่าการเปลี่ยนแปลงตามธรรมชาติ และทำให้สีเปลือกของผลไม้สุกสม่ำเสมอขึ้น (Gross, 1987) การขจัดสีเขียวจึงเป็นวิธีที่นิยมใช้มากกับผลส้มที่เก็บเกี่ยวเมื่อเปลือกยังมีสีเขียวอยู่มาก ถึงแม้ผลจะมีรสชาติและส่วนประกอบทางเคมีที่เหมาะสม แต่ยังไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค เพราะผู้บริโภคคิดว่าผลยังไม่สุก (Cohen, 1978b) ทำให้จำเป็นต้องขจัดสีเขียวออกเพื่อให้เปลือกมีสีเหลืองสวยงาม การขจัดสีเขียวที่เปลือกผลส้มเป็นการขจัดคลอโรฟิลล์ออกจากเปลือก ซึ่งการขจัดสีเขียวนั้นไม่มีผลกระทบต่อคุณภาพภายในของผล (Kader, 1985) การขจัดสีเขียวโดยใช้แก๊สเอทิลีนขึ้นอยู่กับสภาวะอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ที่เหมาะสม



ทั้งนี้ อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และความเข้มข้นของแก๊สเอทิลีนที่ใช้ผันแปรตามพันธุ์และสภาพของผลสัมฤทธิ์เก็บเกี่ยว (คณัย และนิธิยา, 2548) นอกจากนี้ระยะความแก่ของผลสัมฤทธิ์มีผลต่อระยะเวลาที่ใช้ในการจัดสีเขียวเช่นกัน (Vakis, 1975)

การสูญเสียน้ำของผลไม้หลังการเก็บเกี่ยวเป็นสาเหตุสำคัญอย่างหนึ่งของความเสียหายที่เกิดขึ้นขณะที่เก็บรักษา ซึ่งนอกจากทำให้น้ำหนักหายไปแล้วยังทำให้ผลสัมฤทธิ์เหี่ยวหรือหดรัดจนอาจขายไม่ได้ราคา และอาจเกิดการเปลี่ยนแปลงในสิ่งที่ไม่พึงประสงค์ได้ (จริงแท้, 2541) สารประเภทไขที่เคลือบอยู่ตามผิวของผลไม้หรือคิวติเคิล (cuticle) มีบทบาทตามธรรมชาติที่สำคัญในการควบคุมการสูญเสียน้ำของพืช โดยผิวของผลไม้มีบางส่วนเปิดให้น้ำและอากาศผ่านเข้าออกได้คือปากใบ และเลนติเซล อย่างไรก็ตามน้ำยังสามารถผ่านเข้าออกจากผลไม้ได้ทางคิวติเคิลเช่นกัน ภายหลังจากการเก็บเกี่ยวปากใบของผลไม้จะปิด การสูญเสียน้ำส่วนใหญ่จึงเกิดขึ้นทางคิวติเคิล (สายชล, 2528; จริงแท้, 2541)

ผลไม้ที่มีขนาดใหญ่มีพื้นที่ผิวที่น้ำระเหยออกไปได้มากกว่าผลไม้ที่มีขนาดเล็ก แต่เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำหนักผลที่เท่ากันแล้ว ผลไม้ขนาดเล็กสูญเสียน้ำได้มากกว่าและเหี่ยวได้เร็วกว่าผลไม้ขนาดใหญ่ (จริงแท้, 2541) เช่นเดียวกับการสูญเสียน้ำหนักของผลสัมฤทธิ์เกิดขึ้นกับผลที่มีขนาดเล็กมากกว่าผลที่มีขนาดใหญ่ (Ketsa, 1990) ผลที่มีเปลือกหนาสูญเสียน้ำมากกว่าผลที่มีเปลือกบาง เนื่องจากผลที่มีเปลือกหนามีจำนวนปากใบมากกว่า ในขณะที่เดียวกันผลที่มีเปลือกบางมีชั้นของ flavedo ที่หนากว่าทำให้มีประสิทธิภาพในการป้องกันการสูญเสียน้ำได้ดีกว่า ผลมีการสูญเสียน้ำตลอดเวลาขึ้นอยู่กับบรรยากาศภายนอกมีความชื้นสัมพัทธ์มากน้อยเพียงใด ในกรณีที่บรรยากาศรอบๆมีความชื้นสัมพัทธ์สูงทำให้ผลมีการสูญเสียน้ำน้อยลง (จริงแท้, 2541) การสูญเสียน้ำเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิภายนอกเพิ่มสูงขึ้น เนื่องจากในอุณหภูมิสูงมีการเคลื่อนไหวของโมเลกุลน้ำมากขึ้น โอกาสที่โมเลกุลของน้ำหลุดออกจากสถานะของเหลวไปอยู่ในสถานะแก๊สจึงมีมากขึ้น ความดันไอน้ำภายในผลสูงขึ้นตามอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น แต่ความดันไอน้ำอากาศรอบๆไม่ได้เพิ่มขึ้นตาม ดังนั้นความแตกต่างของความดันไอน้ำระหว่างผลกับภายนอกจึงเพิ่มสูงขึ้น โอกาสที่ไอน้ำออกจากผลสู่ภายนอกจึงมีมากขึ้น การเก็บรักษาผลควรควบคุมอุณหภูมิให้ต่ำและสม่ำเสมอเพราะหากอุณหภูมิไม่คงที่ผลจะสูญเสียน้ำมาก และทำให้สภาพในที่เก็บรักษาขึ้นและซึ่งมีผลต่อการเน่าเสียของผล (สายชล, 2528; จริงแท้, 2541) การเกิดบาดแผล สามารถกระตุ้นการสูญเสียน้ำของผลให้มากขึ้นได้ถ้ารอยบาดแผลลึกมากจนทำลายชั้นของผิวที่ทำหน้าที่ป้องกัน ทำให้เนื้อสัมผัสสัมผัสกับอากาศโดยตรงผลมีการสูญเสียน้ำมากขึ้นด้วย (จริงแท้, 2541)



ดังนั้นการเก็บรักษาผลส้มให้มีการสูญเสียน้ำน้อยที่สุด ทำได้โดยการควบคุมให้มีความแตกต่างของความดันไอระหว่างผลกับบรรยากาศภายนอกให้น้อยที่สุด โดยเริ่มตั้งแต่การเก็บเกี่ยว ต้องระวังไม่ให้เกิดบาดแผล แล้วทำให้เย็นลงอย่างรวดเร็ว และเก็บรักษาในสภาพที่มีความชื้นสูง และอุณหภูมิต่ำ นอกจากนี้การเคลือบผิวผลส้มภายหลังการเก็บเกี่ยวช่วยลดการสูญเสียน้ำได้มาก และผลมีผิวสวยงาม โดยความมันวาวภายหลังการเคลือบผิวสามารถดึงดูดความสนใจของผู้บริโภค ได้ (จริงแท้, 2541)

การสูญเสียน้ำหนักมีผลโดยตรงต่อคุณภาพของผล ทำให้รูปร่างเปลี่ยนไป โดยทั่วไปหากผลส้มสูญเสียน้ำหนักประมาณ 5-10 เปอร์เซ็นต์ จะทำให้ผลเหี่ยว ความแน่นเนื้อลดลง และรสชาติไม่ดี (Peleg, 1985) ผลส้มพันธุ์ Valencia ที่สูญเสียน้ำหนักมากกว่า 5 เปอร์เซ็นต์ จะทำให้ผลเหี่ยว และเสีรูปร่าง เปลือกบาง แข็ง ปอกยาก และวางจำหน่ายไม่ได้ทั้งๆที่คุณภาพภายในยังเปลี่ยนแปลงไม่มากนัก (Grierson and Wardowski, 1978; Wardowski *et al.*, 1986) ผลส้มเขียวหวานที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง ( $28 \pm 2$  องศาเซลเซียส) สูญเสียน้ำหนัก 8-10 เปอร์เซ็นต์ ภายใน 1 สัปดาห์ และปรากฏอาการเหี่ยวให้เห็นชัดเจน (Sonsrivichai *et al.*, 1992)

#### การเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาของส้มหลังเก็บเกี่ยว

การเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาเป็นผลของกระบวนการเมแทบอลิซึมที่เกิดขึ้นภายในเซลล์ ขณะที่มีการเจริญเติบโต ซึ่งผลไม้จะต้องใช้พลังงานสูง เมื่ออัตราการเจริญเติบโตลดลง อัตราการหายใจจะค่อยๆลดลง ผลไม้ประเภท non-climacteric มีอัตราการหายใจค่อยๆลดลงเมื่อผลไม้มีอายุมากขึ้น และไม่มีอัตราการหายใจเพิ่มขึ้นขณะที่ผลเริ่มสุกภายหลังการเก็บเกี่ยว เช่น ส้มพันธุ์สายน้ำผึ้ง ซึ่งแตกต่างจากผลไม้ประเภท climacteric ที่มีอัตราการหายใจเพิ่มขึ้นพร้อมๆ กับการสุก และลดลงเมื่อเข้าสู่ช่วงเสื่อมสลาย (สายชล, 2528)

การหายใจของสิ่งมีชีวิตเป็นปฏิกิริยาทางเคมีที่อาศัยเอนไซม์เป็นตัวเร่ง และใช้แก๊สออกซิเจนในการออกซิไดซ์น้ำตาลให้เป็นแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ น้ำ และมีพลังงานจำนวนหนึ่งเกิดขึ้น (दनัย, 2540; จริงแท้, 2541) พลังงานที่เกิดขึ้นจากการหายใจอยู่ในรูป adenosine triphosphate (ATP) พืชที่อยู่บนดินสามารถสร้างอาหารขึ้นมาทดแทนส่วนที่ถูกใช้ไปในการหายใจ ซึ่งได้จากกระบวนการสังเคราะห์แสง แต่ผลไม้ที่เก็บเกี่ยวมาแล้วยังคงเป็นสิ่งที่มีชีวิตเช่นกัน ซึ่งอาหารสะสมมีอยู่จำกัดไม่สามารถสร้างขึ้นมาใหม่ได้อีก ถ้าอาหารถูกใช้หมดไปความมีชีวิตจะจบสิ้นลง อัตราการหายใจจึงเป็นสิ่งที่แสดงถึงอายุหลังการเก็บเกี่ยวของผลไม้ ผลไม้ที่มีอัตราการหายใจสูงจะมีอายุหลังการเก็บเกี่ยวสั้น และผลไม้ที่มีอัตราการหายใจต่ำจะมีอายุหลังการเก็บเกี่ยว

นาน ดังนั้นอายุการเก็บรักษาของผลไม้ รวมทั้งคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวจึงขึ้นอยู่กับอัตราการหายใจเป็นสำคัญ (จริงแท้, 2541)

นอกจากนี้แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์มีความเข้มข้นสูงมากขึ้นยังไปยับยั้งการหายใจของผลไม้ได้เช่นกัน ทั้งนี้อาจเป็นไปได้ว่าแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ยับยั้งปฏิกิริยา decarboxylation ในกระบวนการเมแทบอลิซึม แต่ได้มีการศึกษาพบว่า แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์มีผลยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ succinic dehydrogenase ทำให้กระบวนการหายใจปกติดำเนินต่อไปไม่ได้ (จริงแท้, 2541) อุณหภูมิของสภาพแวดล้อมมีผลกระทบโดยตรงต่ออัตราการหายใจของผลไม้ เนื่องจากอุณหภูมิสูงทำให้เอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการหายใจมีกิจกรรมมากขึ้น (สายชล, 2528) โดยไปเร่งปฏิกิริยทางเคมีให้เกิดเร็วขึ้น ทำให้มีอัตราการหายใจสูงขึ้นและการเปลี่ยนแปลงทางเคมีอื่นๆ ภายในผลไม้จึงเกิดเร็วขึ้นด้วย ทำให้ผลไม้เสื่อมคุณภาพเร็วขึ้น ส่งผลให้อายุการเก็บรักษาลดลงในทางตรงกันข้ามอุณหภูมิต่ำทำให้อัตราการหายใจลดลง และชะลอการเสื่อมสลายของผลไม้ได้อีกด้วย (คนัย, 2540; จริงแท้, 2541)

#### การเปลี่ยนแปลงทางเคมีหลังการเก็บเกี่ยว

กรดอินทรีย์ในผลไม้สะสมไว้ที่พบมาก คือ กรดซิตริก และกรดมาลิก และมีบทบาทต่อการเกิดกลิ่นและรสชาติของผลไม้ ในขณะที่ผลไม้อย่างอ่อนมีปริมาณกรดสูง จึงมีรสเปรี้ยว และภายหลังการเก็บเกี่ยวจะลดลง ถูกนำไปใช้ในกระบวนการหายใจ หรือเปลี่ยนไปเป็นน้ำตาลเพื่อเป็นอาหารสะสม หรือใช้เป็นสารตั้งต้นของปฏิกิริยาต่างๆ ดังนั้นการเกิดรสชาติที่ดีของผลไม้ส่วนหนึ่งมาจากการลดลงของปริมาณกรด (สายชล, 2528; คนัย, 2540; จริงแท้, 2541; Ulrich, 1970) สำหรับกรดซิตริกในผลมีปริมาณลดลงเมื่อผลสุกประมาณ 2 ใน 3 ของผลอ่อน (ศรายุทธ์ และพิชญา, 2545) แต่สำหรับมะนาว และเลมอน ปริมาณกรดซิตริกเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในผลอ่อนที่กำลังเจริญเติบโต และเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องเมื่อผลสุก จึงอาจมีกรดซิตริกสูงถึง 5-6 เปอร์เซ็นต์เมื่อผลแก่ (Ketsa, 1988) น้ำคั้นของผลมะนาวความเป็นกรดค่าประมาณ 2.0 น้ำคั้นของผลส้มพันธุ์ Valencia และ Washington Navel มีค่าความเป็นกรดค่าประมาณ 2.9-3.9 ในขณะที่น้ำคั้นของผลไม้อื่นๆ มีความเป็นกรดค่าประมาณ 5 (Ulrich, 1970)

การเปลี่ยนแปลงภายหลังจากการเก็บเกี่ยวของผลเกิดขึ้นน้อย อาจเปลี่ยนไปเป็นกรดอินทรีย์ต่างๆ แต่ไม่กระทบต่อคุณภาพของผลอย่างเด่นชัด ในทางตรงข้ามปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ อาจเพิ่มขึ้นเมื่อการเก็บรักษาไว้นานขึ้น อาจมีสาเหตุจากการสูญเสียน้ำทำให้ความเข้มข้นของน้ำตาลสูงขึ้น (จริงแท้, 2541) ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ในน้ำคั้นของผลส้มมีอยู่ประมาณ 8.5-10.5 เปอร์เซ็นต์ ระยะเวลาปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้จะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ (Ketsa, 1988)

รสชาติของผลส้มพันธุ์ Valencia ที่มีรสชาติดี ปริมาณน้ำตาลและกรดต้องอยู่ในสัดส่วนที่เหมาะสมมีค่าอยู่ระหว่าง 10-12 จึงจะมีรสชาติเป็นที่ยอมรับ (Baldwin, 1993) เมื่อผลส้มเริ่มแก่มีการสร้างน้ำตาลเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ในขณะที่ปริมาณกรดลดลง ผลส้มเขียวหวานอายุ 39 สัปดาห์ มีอัตราส่วนน้ำตาลต่อกรดเท่ากับ 8.0 มีรสเปรี้ยวอมหวานเล็กน้อยผู้ชิมไม่ชอบ แต่เมื่ออายุมากขึ้นอัตราส่วนจะเพิ่มขึ้นทำให้มีรสหวานขึ้น เปรี้ยวน้อยลง ผู้ชิมชอบมากขึ้น (มนตรี, 2527) เมื่อผลมีขนาดเพิ่มขึ้นปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้และปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ลดลง โดยปริมาณกรดลดลงเร็วกว่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ดังนั้นผลส้มขนาดเล็กจึงมีรสหวานกว่าผลส้มขนาดใหญ่ การที่ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้และปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ลดลงตามขนาดที่เพิ่มขึ้นเนื่องจากความเงาของปริมาณน้ำมีมากขึ้น (Ting and Attaway, 1971)

วิตามินซีหรือกรดแอสคอร์บิก (ascorbic acid) เป็นอนุพันธ์ของน้ำตาลเฮกโซสมิสมบัติในการละลายน้ำได้จึงดูดซึมและกระจายเข้าสู่เนื้อเยื่อต่างๆ ในร่างกายได้ง่าย (จริงแท้, 2541) ปริมาณวิตามินซีในน้ำคั้นของผลส้มกลุ่มออเรนจ์มีอยู่ประมาณ 40-70 มิลลิกรัมต่อ 100 มิลลิลิตรของน้ำคั้น และในผลส้มแมนดาริน มีอยู่ประมาณ 20-50 มิลลิกรัมต่อ 100 มิลลิลิตรของน้ำคั้น (Sinclair, 1984) วิตามินซีพบมากในผลส้ม มีปริมาณลดลงอย่างต่อเนื่องภายหลังการเก็บเกี่ยว โดยสภาพแวดล้อมระหว่างการเก็บรักษามีผลต่อการสลายตัวของวิตามินซี (สรายุทธ์ และพิชญ, 2545) อุณหภูมิสูงมีผลในการเร่งกระบวนการออกซิโคซ์วิตามินซีให้กลายเป็นสารอื่น และเป็นสาเหตุที่ทำให้ปริมาณวิตามินซีลดลงอย่างรวดเร็ว (สายชล, 2528) การสูญเสียวิตามินซีอาจเกิดจากการทำงานของเอนไซม์หลายชนิดที่มีอยู่ในผลไม้ และอาจเกิดจากการออกซิเดชันซึ่งไม่ใช่เอนไซม์ แต่มีโลหะหนัก เช่น ทองแดง เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา อย่างไรก็ตามกรดซิตริกและกรดมาลิกยับยั้งการสลายตัวของกรดแอสคอร์บิกได้ นอกจากนี้การสูญเสียน้ำออกจากผลทำให้มีการสูญเสียวิตามินซีมากขึ้น ดังนั้นควรเก็บรักษาผลไว้ในสภาวะที่มีความชื้นสัมพัทธ์ที่เหมาะสม นอกจากจะช่วยรักษาความสดไว้แล้ว ยังช่วยรักษาคุณค่าทางโภชนาการไว้ด้วย (สายชล, 2528; จริงแท้, 2541; Sinclair, 1984)

กรดอะมิโนอิสระเป็นส่วนประกอบที่สำคัญอยู่ในของแข็งที่ละลายน้ำ ปริมาณกรดอะมิโนในน้ำคั้นเปลี่ยนแปลงทั้งในด้านปริมาณและชนิดตลอดระยะเวลาการเจริญเติบโตของผลในส้มพันธุ์ Unshiu และผลส้มสวีทออเรนจ์ แมนดาริน และเลมอน มีปริมาณของกรดอะมิโนโพรลีน อยู่ในระดับสูงเมื่อผลเข้าสู่ระยะแก่ (Ketsa, 1988) สำหรับโปรตีนไม่มีบทบาทสำคัญในการกำหนดคุณภาพหรือรสชาติของผลไม้ แต่การเปลี่ยนแปลงของโปรตีนเป็นตัวชี้ถึงกระบวนการเปลี่ยนแปลงระหว่างการเจริญเติบโตและการพัฒนาในระยะต่างๆ (สายชล, 2528)

### การใช้สารเคลือบผิวผลไม้หลังการเก็บเกี่ยว

ในการปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยวผลไม้ เช่น การล้างทำความสะอาดและการขนส่ง ทำให้สารเคลือบผลที่มีอยู่ตามธรรมชาติหลุดออกไป ก่อให้เกิดความเสียหายแก่ผลไม้ทั้งในด้านความทนทานและความสวยงามของผิวผลไม้ นอกจากนี้ยังทำให้ผลไม้เสื่อมคุณภาพเร็วกว่าปกติ (สุรพงษ์, 2530) โดยส่งผลให้สูญเสียน้ำได้ง่าย รวมทั้งมีการแลกเปลี่ยนแก๊สมากขึ้นด้วย ดังนั้นในกระบวนการจัดการภายหลังการเก็บเกี่ยวผลไม้บางชนิด จึงมีการเคลือบผิวผลไม้ด้วยสารเคลือบผิวที่ได้มาจากธรรมชาติหรือสารสังเคราะห์ เพื่อทดแทนสารเคลือบผิวตามธรรมชาติ โดยมีวัตถุประสงค์ที่สำคัญคือ ช่วยลดการสูญเสียน้ำของผลไม้ โดยสามารถลดลงได้ 30-50 เปอร์เซ็นต์ ทำให้ผลผลิตมีลักษณะผิวสดใสนุ่มเหนียว และลดอัตราการแลกเปลี่ยนแก๊ส ซึ่งช่วยชะลออัตราการหายใจให้ช้าลง แต่ยังคงอยู่ในระดับที่ปลอดภัยต่อผลไม้ นอกจากนี้การเคลือบผิวยังมีประโยชน์ทางอ้อม โดยทำให้เปลือกของผลไม้มีความมันวาวสวยงามดึงดูดความสนใจของผู้บริโภค ในกรณีที่ต้องใช้สารเคมีชนิดอื่นเพิ่มเติม สารเคลือบผิวเหล่านี้จะช่วยเป็นตัวพาสารเคมีให้ติดอยู่กับผิวของผลไม้ด้วย เช่น การผสมสารเคมีฆ่าเชื้อรากับสีข้อมผิวของผลไม้ หรือการผสมสารควบคุมการเจริญเติบโตต่างๆร่วมกับสารเคลือบผิว (दनัย และนิริยา, 2548)

แว็กซ์เป็นลิพิดชนิดหนึ่งที่เป็นเอสเทอร์ของกรดไขมันกับแอลกอฮอล์ที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูง แว็กซ์ที่พบในธรรมชาติเป็นเอสเทอร์ของกรดไขมันและแอลกอฮอล์หลายๆชนิดผสมกัน นอกจากนี้ ยังมีพวกสารประกอบไฮโดรคาร์บอน ทีโตน แอลดีไฮด์ และแอลกอฮอล์ (Kolattukudy, 1976) สารเคลือบผิวที่มีสารประกอบไฮโดรคาร์บอนประมาณ 40-50 เปอร์เซ็นต์ สามารถลดการสูญเสียน้ำของผลไม้ได้ดี (Gassner *et al.*, 1969)

แว็กซ์ที่ใช้เป็นเป็นส่วนผสมของสารเคลือบผิว นอกจากต้องมีคุณสมบัติในการป้องกันการสูญเสียน้ำได้ดี และมีคุณสมบัติอื่นๆ ที่เหมาะสมกับผลสัมหลังการเก็บเกี่ยวแล้ว ยังต้องมีความปลอดภัยต่อการบริโภคสูงด้วย การนุบาแว็กซ์และเซลแล็กเป็นแว็กซ์ที่สกัดได้จากผิวพืชและมูลครั้ง จึงมีความปลอดภัยสูงและมีคุณสมบัติที่เหมาะสมทั้งสองชนิดนี้ อาจเตรียมได้โดยใช้แว็กซ์ชนิดใดชนิดหนึ่งเป็นส่วนผสมหลักเพียงชนิดเดียว หรืออาจผสมเข้าด้วยกัน หรืออาจผสมกับแว็กซ์ชนิดอื่น เช่น ผสมแว็กซ์กับเรซิน (Hagenmaier and Shaw, 1992) แคนเคิลิดคา และพาราฟฟิน เป็นต้น (Bennett, 1975)

### ผลของการใช้สารเคลือบผิวต่อการสูญเสียน้ำหนักของผลหลังการเก็บเกี่ยว

ผลส้มเขียวหวานที่เก็บรักษาไว้ที่สภาพอุณหภูมิห้อง ( $28 \pm 2$  องศาเซลเซียส) สูญเสียน้ำหนัก 8-10 เปอร์เซ็นต์ ภายใน 1 สัปดาห์ และปรากฏการเหี่ยวให้เห็นชัดเจน (Sonsrivichai *et al.*, 1992) ดังนั้นจึงมีการใช้สารเคลือบผิวที่ได้จากธรรมชาติหรือสารสังเคราะห์เคลือบผิวผลส้มทดแทน เพื่อปิดรอยเปิดตามธรรมชาติรวมทั้งรอยแผลที่เกิดขึ้นหลังการเก็บเกี่ยว และลดการสูญเสียน้ำของผล แต่จะลดได้มากหรือน้อยนั้นขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของสารเคลือบผิวชนิดนั้นๆ ด้วย (คณัย และ นิธิยา, 2548; Kolattukudy, 2003) ผลส้มพันธุ์ Valencia ที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวไมโครอิมัลชันของแคนเดลิลาแว็กซ์หรือพอลิเอทิลีนแว็กซ์ แล้วนำไปเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส พบว่า สารเคลือบผิวไมโครอิมัลชันของแคนเดลิลาแว็กซ์สามารถลดการสูญเสียน้ำหนักของผลส้มได้ดีกว่าพอลิเอทิลีนแว็กซ์ โดยผลสูญเสียน้ำหนักเท่ากับ 25 และ 47 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อกำหนดให้ผลที่ไม่ได้เคลือบผิวสูญเสียน้ำหนัก 100 เปอร์เซ็นต์ (Hagenmaier and Baker, 1994) และผลส้มพันธุ์ Valencia ที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวไมโครอิมัลชันของพอลิเอทิลีนผสมกับแคนเดลิลาแว็กซ์ และสารเคลือบผิวทางการค้า Higloss ที่มีเซลแล็กเป็นส่วนผสมหลัก เมื่อเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส สูญเสียน้ำหนักเท่ากับ 0.25 และ 0.47 เปอร์เซ็นต์ต่อวัน ตามลำดับ (Hagenmaier, 2000)

### ผลของสารเคลือบผิวต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณแก๊สภายในผล

ผลส้มภายหลังการเก็บเกี่ยวยังคงมีชีวิตอยู่ มีการหายใจใช้แก๊สออกซิเจนและคายแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์อยู่ตลอดเวลา (นิธิยา และ ไพโรจน์, 2547) การใช้สารเคลือบผิวกับผลส้มทดแทนคิวติเคิลที่เคมืออยู่ ช่วยปิดช่องเปิดต่างๆ ตามธรรมชาติ และรอยแผลจากการเก็บเกี่ยว ทำให้ผลมีการสูญเสียน้ำ อัตราการหายใจ และการแลกเปลี่ยนแก๊สลดน้อยลง (จริงแท้, 2541) การเคลือบผิวมีผลโดยตรงต่อการลดอัตราการแลกเปลี่ยนแก๊สออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ระหว่างภายในผลกับสิ่งแวดล้อม ทำให้แก๊สออกซิเจนลดลงเนื่องจากถูกใช้ไปในการหายใจและมีแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์สะสมมากขึ้น ทำให้เกิดการหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจนหรือการหมัก ซึ่งมีการสังเคราะห์อะซิโตนและเอทานอลขึ้นภายในผล ทำให้เกิดกลิ่นและรสชาติผิดปกติจากการหมักเกิดขึ้น ยังสังเกตได้จากอัตราการผลิตคาร์บอนไดออกไซด์ที่เพิ่มสูงขึ้นเมื่อปริมาณออกซิเจนภายในผลลดต่ำลงมาก (จริงแท้, 2541; Cohen *et al.*, 1990; Hagenmaier, 2000)

ในผลส้มที่มีปริมาณออกซิเจนภายในผลต่ำและคาร์บอนไดออกไซด์สูงยับยั้งการสังเคราะห์และการทำงานของเอทิลีนได้ (คณัย, 2540; จริงแท้, 2541) การเคลือบผิวส้มพันธุ์ Valencia สารเคลือบผิวจะไปปกคลุมเลนติเซลและรอยแตกตามธรรมชาติที่ผิว โดยสารเคลือบผิว

สามารถจำกัดการผ่านเข้าออกของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ได้ 140 เปอร์เซ็นต์ และแก๊สออกซิเจนได้ 250 เปอร์เซ็นต์ ยับยั้งการสังเคราะห์และการทำงานของเอทิลีนได้ 100 เปอร์เซ็นต์ และลดการสูญเสียน้ำลง 25 เปอร์เซ็นต์เมื่อเทียบกับผลที่ไม่ได้เคลือบผิว (Ben-Yehoshua *et al.*, 1985) การที่สารเคลือบผิวทำให้ภายในผลมีปริมาณแก๊สออกซิเจนต่ำและแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์สูง จึงยับยั้งการสังเคราะห์และทำงานของ เอทิลีนได้นั้น เนื่องจากออกซิเจนจำเป็นต้องใช้ในปฏิกิริยาการเปลี่ยน ACC ให้เป็นเอทิลีน ปริมาณของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์อาจเพิ่มหรือลดการสังเคราะห์เอทิลีนขึ้นอยู่กับ ชนิดพืช อุณหภูมิ ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ และระยะเวลาที่ผลไม่อยู่ในสภาพที่มีแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์สูง (คนัย, 2540; จริงแท้, 2541)

#### ผลของสารเคลือบผิวต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพด้านรสชาติ

ปริมาณเอทานอลในน้ำคั้นเป็นสิ่งสำคัญที่ช่วยบอกถึงคุณภาพด้านรสชาติและมีความสัมพันธ์กับปริมาณแก๊สภายในผล (Hagenmaier, 2000) ที่เพิ่มขึ้นในน้ำคั้นทำให้เกิดกลิ่นและรสชาติผิดปกติของผลส้มแต่ละพันธุ์แตกต่างกัน ตามที่ Cohen *et al.* (1990) ได้รายงานในผลส้มพันธุ์ Murcott เกิดกลิ่นและรสชาติผิดปกติเมื่อมีปริมาณเอทานอลในน้ำคั้นมากกว่า 1,900 ส่วนต่อล้านส่วน ในส้มพันธุ์ Valencia มากกว่า 1,500-2,000 ส่วนต่อล้านส่วน (Admad and Khan, 1987; Kader, 1985) ในผลส้มแมนดาริน ผลส้มพันธุ์ Valencia และเกรฟฟรุตพันธุ์ Marsh เท่ากับ 1,500 ส่วนต่อล้านส่วน (Hagenmaier, 2002)

ในผลส้มแมนดารินที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวไมโครอิมัลชันของพอลิเอทิลีนแวกซ์ หรือพอลิเอทิลีนผสมกับแคนเคลิลลาแวกซ์ แล้วนำไปเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 21 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน มีปริมาณแก๊สออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ภายในผลใกล้เคียงกัน จึงมีผลต่อการสังเคราะห์เอทานอลในน้ำคั้นในปริมาณที่ใกล้เคียงกัน โดยมีปริมาณเอทานอลในน้ำคั้นเท่ากับ 434 และ 769 ส่วนต่อล้านส่วน และได้คะแนนผลการประเมินด้านกลิ่นและรสชาติไม่แตกต่างกัน จึงช่วยรักษาคุณภาพของผลส้มได้ดีใกล้เคียงกัน (Hagenmaier, 2002) การเคลือบผิวผลส้มด้วยเซลลูล์กหรือเรซิน และสารเคลือบผิวที่มีเซลลูล์กหรือเรซินเป็นส่วนผสม ทำให้เกิดภาวะขาดแก๊สออกซิเจนภายในผล ส่งผลให้ผลเกิดกลิ่นและรสชาติผิดปกติ (Hagenmaier and Baker, 1995) ตามในรายงานของ Hagenmaier (2002) ในผลส้มแมนดารินที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวเซลลูล์กและเรซิน มีปริมาณเอทานอลเพิ่มขึ้นสูงมากและคะแนนด้านรสชาติต่ำ เมื่อเปรียบเทียบกับผลที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวไมโครอิมัลชันของพอลิเอทิลีนแวกซ์ หรือพอลิเอทิลีนผสมกับแคนเคลิลลาแวกซ์

### ผลของสารเคลือบผิวต่อความมันวาวเปลือกของผลส้ม

การใช้สารเคลือบผิวมีประโยชน์ต่อผล ทำให้เปลือกมีความมันวาวมีความสวยงามช่วยดึงดูดความสนใจของผู้บริโภค (คณัย และนิธิยา, 2548; Kolattukudy, 1976) ความมันวาวเป็นสิ่งหนึ่งที่ช่วยบ่งบอกคุณภาพของสารเคลือบผิวและลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษา ซึ่งเกิดขึ้นในสารเคลือบผิวทุกชนิดและทุกอุณหภูมิที่เก็บรักษา แต่มีระยะเวลาที่แตกต่างกันออกไปตามชนิดของสารเคลือบผิว การเหี่ยวของผลทำให้ความมันวาวของสารเคลือบผิวบนเปลือกลดลง ดังนั้นสารเคลือบผิวที่สามารถลดการสูญเสียน้ำหนักของผลได้ดี จึงช่วยรักษาความมันวาวบนเปลือกของผลไว้ได้นานเช่นกัน (Hagenmaier, 2000) เปลือกของผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวที่มีเซลลูลาร์หรือเรซินเป็นส่วนผสมมีความมันวาวมากในช่วงแรกของการเก็บรักษา แต่ความมันวาวนั้นลดลงเมื่อเก็บรักษาไว้นานขึ้น (Hagenmaier and Baker, 1994)

### สารสีในผักและผลไม้

ปัจจุบันผลิตผลทางด้านพืชสวน ทั้งผัก ผลไม้ หรือดอกไม้ มีการแข่งขันกันในตลาดค่อนข้างสูง สิ่งที่ดึงดูดใจผู้บริโภคให้เลือกหาจากประสาทสัมผัสจากภายนอกด้วยสายตาจึงเป็นปัจจัยอันดับแรกๆที่ผู้บริโภคตัดสินใจซื้อผลิตผลอย่างใดอย่างหนึ่ง

สีของผลไม้เป็นสีที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติเป็นสิ่งจูงใจในผลไม้หลายชนิด เช่น ส้ม มะม่วง สตรอเบอรี่ และอื่นๆ แต่สีอาจเปลี่ยนแปลงไปจากการสุกและเสื่อมสภาพ การมีสารสีอยู่ภายในเนื้อเยื่อหรือบริเวณผิวนอกของเปลือก พบอยู่ในรูปของคลอโรฟิลล์ให้สีเขียว และแคโรทีนอยด์ให้สีเหลือง แดง สารสีเหล่านี้เกี่ยวข้องกับการเก็บเกี่ยวพลังงานแสงด้วย และยังมีคุณสมบัติเป็นตัวต้านออกซิเดชัน และเป็นประโยชน์ต่อคุณค่าทางโภชนาการในรูปของวิตามิน และแอนโทไซยานิน ซึ่งให้สีแดงและน้ำเงิน จึงมีส่วนในการให้สีส้มของผลิตผลที่มีการวางจำหน่ายในตลาดและเพิ่มมูลค่าสินค้าได้ (จริงแท้, 2549) สีของเปลือกผลส้มเกิดมาจากสารสีต่างๆร่วมกัน ประกอบด้วยคลอโรฟิลล์ แคโรทีนอยด์ และแอนโทไซยานิน ในช่วงแรกของการพัฒนาของผลบริเวณผิวผลมีปริมาณคลอโรฟิลล์สูงมาก ต่อมาเมื่อผลเข้าสู่ระยะผลแก่ เริ่มมีการสลายตัวของคลอโรฟิลล์แล้ว แคโรทีนอยด์จึงปรากฏให้เห็นชัดเจน (Davies and Albrigo, 1994)

### คลอโรฟิลล์ (chlorophylls)

คลอโรฟิลล์เป็นสารสีที่สำคัญเป็นสารที่รับเอาพลังงานจากแสงแดดแล้วส่งถ่ายต่อไปจนพลังงานนี้เปลี่ยนเป็นพลังงานทางชีวเคมี เพื่อการดำรงชีวิตของพืช พืชจะมีการจัดการให้คลอโรฟิลล์สลายตัวอย่างเป็นระบบ การเปลี่ยนสีของพืชจากสีเขียวไปเป็นสีอื่นๆจึงเป็น

กระบวนการชราภาพที่ชัดเจน คลอโรพิลล์มีหลายชนิด ได้แก่ คลอโรพิลล์ เอ บี ซี และ ดี เป็นต้น ในพืชทุกชนิดมีทั้งคลอโรพิลล์ เอ และ บี แต่มีสัดส่วนที่แตกต่างกัน กระจายตัวอยู่ภายใน คลอโรพลาสต์ เกิดเป็นสีเขียวของใบและต้นแตกต่างกัน คลอโรพิลล์ เอ เป็นสารที่ให้สีออกไปทาง สีเขียวแกมน้ำเงิน ส่วนคลอโรพิลล์ บี ซึ่งมีความเป็นขั้วมากกว่า ให้สีเขียวแกมเหลือง โดยทั่วไปใน พืชชั้นสูงสัดส่วนระหว่างคลอโรพิลล์ เอ และ บี ประมาณ 3 : 1 ถ้าพืชอยู่ในที่มีแสงมากสัดส่วนจะ ค่อนข้างสูง เป็น 3.2-4.0 : 1 ในขณะที่ถ้าอยู่ในที่มีแสงน้อยสัดส่วนลดลงเป็น 2.6-3.2 : 1 ทั้งนี้เพราะ คลอโรพิลล์ บี สามารถรับหรือดูดกลืนแสงที่มีความยาวคลื่นแสงที่ความยาวคลื่นแสง 450 ถึง 480 นาโนเมตร ได้มากกว่า (จริงแท้, 2549)

### การสลายตัวของคลอโรพิลล์

การสลายตัวของคลอโรพิลล์ไม่ได้เกิดขึ้นเฉพาะในช่วงผลไม้สุกหรือก่อนที่ใบไม้จะร่วง เท่านั้นแต่ในขณะที่ยังใหม่กำลังเจริญงอกงามและเริ่มมีสีเขียวมากขึ้น การสลายตัวของคลอโรพิลล์ เกิดขึ้นตลอดเวลา เห็นได้ชัดเจนจากการใช้วัตถุทึบแสงปิดใบที่กำลังเจริญเติบโต ใบไม้เหล่านี้จะมี สีเหลืองภายในเวลาไม่นาน และกลับเป็นสีเขียวอีกครั้งหนึ่งเมื่อได้รับแสง ในอดีตเชื่อกันว่าเมื่อ กระบวนการชราภาพเริ่มขึ้น การสังเคราะห์คลอโรพิลล์ลดลง ในขณะที่การสลายตัวไม่ลดหรืออาจ เพิ่มขึ้น จึงทำให้ปริมาณคลอโรพิลล์โดยรวมต่ำลง ส่งผลทำให้สีเขียวของพืชลดน้อยลง กระบวนการสลายตัวของคลอโรพิลล์ระหว่างการชราภาพ เช่น ในการหลุดร่วงของใบและการสุก ของผลไม้ สำหรับการสลายตัวของคลอโรพิลล์ระหว่างการร่วงของส่วนต่างๆของพืชนั้น อาจ เกิดขึ้นจากการกำหนดล่วงหน้าหรือมีโปรแกรมของพันธุกรรมให้เกิดขึ้น ในพืชล้มลุกการสลายตัว ของคลอโรพิลล์ในใบเกิดขึ้นไปพร้อมกับการตายของพืชทั้งต้น และในผลไม้วาระหว่างการสุก คลอโรพิลล์ถูกย่อยสลายไปพร้อมกับกระบวนการสุก ในพืชยืนต้นการสลายตัวของคลอโรพิลล์ใน ใบช่วงฤดูใบไม้ร่วงเกิดขึ้นจากช่วงแสงที่สั้นลงในเขตอบอุ่น ความเครียดจากการขาดน้ำจาก อุณหภูมิที่สูงหรือต่ำเกินไป การเข้าทำลายของโรคแมลงก่อให้เกิดการสลายตัวของคลอโรพิลล์ได้ เช่นเดียวกัน นอกเหนือจากปัจจัยเหล่านี้แล้วคลอโรพิลล์อาจถูกสลายตัวได้ด้วยแสง (จริงแท้, 2549)

### กระบวนการสลายตัวของคลอโรพิลล์ระหว่างการร่วง

ในระหว่างการร่วง มักพบว่าสีเขียวของพืชหายไปและปรากฏสีเหลืองหรือแดงขึ้น นอกจากสารสีจะเปลี่ยนแปลงแล้ว ออร์แกเนลล์ที่บรรจุสารสีเกิดการเปลี่ยนแปลงขึ้นด้วย คลอโรพลาสต์ซึ่งมีสีเขียวอาจเปลี่ยนไปเป็น chromoplast หรือเกิดการเปลี่ยนแปลงไปเป็น gerontoplast ซึ่งมีโครงสร้างแตกต่างกัน ไปจากคลอโรพลาสต์ แต่ยังคงมีการสังเคราะห์ต่างๆเช่น

แคโรทีนอยด์ ซึ่งให้สารสีแดงและเหลือง สารต่างๆที่เป็นผลจากการสลายตัวของคลอโรฟิลล์จำนวนมาก เช่น phytol pheophorbide รวมทั้งกิจกรรมต่างๆของเอนไซม์ต่างๆ เช่น chlorophyllase Mg-dechlelease lipoxigenase peroxidase และ oxidase การสลายตัวเป็นการจำกัดความสามารถของพืชในการสังเคราะห์แสงเพื่อสร้างอาหาร การลดการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ออกไป เท่ากับยืดเวลาให้พืชสังเคราะห์แสงได้นานขึ้นสร้างอาหารได้มากขึ้น กระบวนการสลายตัวของคลอโรฟิลล์จึงมีความสำคัญมาก (จริงแท้, 2549)

#### การจัดการคลอโรฟิลล์ภายหลังการเก็บเกี่ยว

สีของเปลือกผลไม้ขึ้นอยู่กับชนิดของผลิตภัณฑ์ การทำให้สีเขียวของคลอโรฟิลล์หายไปสำหรับผลไม้รับประทานสุกเป็นสิ่งที่จำเป็น ผู้บริโภคมักพิจารณาได้ว่าผลไม้สุกและสามารถรับประทานได้ เช่น กลัวยหอมทอง มังคุด ทำให้ง่ายในการจัดการ แต่ผลไม้หลายชนิดสีเขียวอาจคงอยู่ ผู้บริโภคสับสนและรับประทานในระยะที่ผิดพลาดได้

ผลไม้ในวงศ์ส้มเป็นอีกประเภทหนึ่งที่สีของผลช่วยเพิ่มคุณค่าและความต้องการของผู้บริโภค ส้มที่ปลูกในเขตร้อนยังคงสีเขียวอยู่เมื่อผลแก่ แต่ในเขตกึ่งร้อนสีเขียวจะหายไปทำให้ปรากฏสีเหลืองและส้มที่สวยงามดึงดูดใจผู้บริโภค ในอดีตส้มเขียวหวานในประเทศไทยไม่เคยบ่มสีผิวในการจำหน่าย แต่ในปัจจุบันต้องมีการบ่มให้สวยงามโดยเฉพาะกับการผลิตส้มนอกฤดูเพื่อให้แข่งขันในตลาดได้ ในทางตรงกันข้ามมะนาวเมื่อผลแก่เต็มที่แล้วสีเขียวจะหายไป ไม่เป็นที่ต้องการของผู้บริโภคเช่นกัน ต้องมีการรักษาสีเขียวเอาไว้ เช่นการเก็บรักษาในที่อุณหภูมิต่ำประมาณ 10 องศาเซลเซียส หรือใช้ฮอร์โมนจิบเบอเรลลินช่วยชะลอการสลายตัวของคลอโรฟิลล์

การขจัดสีเขียว (degreening) กับการเกิดสารสีชนิดอื่นๆ เช่น แคโรทีนอยด์และแอนโทไซยานิน ในเนื้อเยื่อสีเขียวทั่วไปมักมีแคโรทีนอยด์ปะปนอยู่ แต่สีของแคโรทีนอยด์ถูกสีเขียวของคลอโรฟิลล์บังไว้ เมื่อคลอโรฟิลล์สลายตัวไป สีของแคโรทีนอยด์จึงแสดงออกมาได้ ซึ่งกรณีนี้เกิดขึ้นเมื่อกล้วยและสาลี่สุก ในผลไม้บางชนิดเช่น พืช มะเขือเทศ พริกหวานสีแดง และส้มเกิดสารสีวัตถุแคโรทีนอยด์ใหม่ขึ้นมา ซึ่งประกอบด้วยแคโรทีนและแซนโทฟิลล์ซึ่งเป็นสารสีที่อยู่ในโครโมพลาสต์ (จริงแท้, 2549)

#### แคโรทีนอยด์ (carotenoids)

สีที่พบอยู่ทั่วไปในธรรมชาติคือ แคโรทีนอยด์ เกิดการรวมตัวกับโปรตีนและสารประกอบเชิงซ้อน แคโรทีนอยด์เป็นสารประเภทไขมันสามารถละลายในไขมันและตัวทำละลายไขมัน เช่น อะซีโตน แอลกอฮอล์ ไดเอทิลอีเทอร์และคลอโรฟอร์ม นอกจากนี้สามารถละลายได้ในตัวทำ

ละลายไม่มีขั้ว เช่น ปีโตรเลียมและเฮกเซน โครงสร้างแคโรทีนอยด์มีโมเลกุลเป็นพันธะคู่ทำให้แคโรทีนอยด์เกิดเป็นสารสีชนิดต่างๆ เช่น สีเหลือง ส้ม แดงหรือม่วงเข้ม ซึ่งมีสถานะเป็นของแข็งที่อุณหภูมิห้องโดยเป็นผลึกที่มีรูปร่างต่างๆ และจากโครงสร้างโมเลกุลที่เป็นพันธะคู่ทำให้แคโรทีนอยด์ถูกย่อยสลายได้ง่ายจากปฏิกิริยาออกซิเดชันในสภาพที่มีแสงและอากาศ โดยแสงมีผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของโครงสร้างพันธะคู่ ทำให้เปลี่ยนช่วงการดูดกลืนแสงและการให้สีของแคโรทีนอยด์ ดังนั้นจำเป็นต้องเก็บรักษาแคโรทีนอยด์ในตัวทำละลายที่บริสุทธิ์บรรจุในภาชนะที่ปิดสนิทและสภาพแวดล้อมเป็นสุญญากาศ หรือเป็นแก๊สเฉื่อยบริเวณที่ปราศจากแสงและอุณหภูมิต่ำหรืออาจใช้สารต่อต้านการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน เช่น กรดแอสคอร์บิก เพื่อช่วยให้แคโรทีนอยด์มีความเสถียรสูงขึ้น นอกจากนี้ต้องป้องกันแคโรทีนอยด์จากกรดและด่าง เพราะในสภาพที่เป็นกรดทำให้เกิดความสูญเสียความคงทนของพันธะระหว่างคาร์บอนอะตอม เป็นสาเหตุให้สูญเสียทั้งในแง่คุณภาพและปริมาณ (จริงแท้, 2549)

แคโรทีนอยด์เป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่ไม่อิ่มตัวเป็น isopenoid polymers ที่เกิดจากการต่อกันของ C5 isoprene 8 หน่วย ซึ่งต่อกันระหว่างหัวกับหางยกเว้นตรงกลางโมเลกุลจะต่อกันระหว่างหางกับหาง มีความคงตัวอยู่ในเนื้อเยื่อจนกระทั่งผลิตผลเสื่อมสภาพและมีคุณสมบัติค่อนข้างเสถียรในเซลล์ของผลิตผลภายใต้สภาพการเก็บรักษาต่างๆ (คณัย, 2533)

แคโรทีนอยด์ในพืชชั้นสูงมีหลายชนิด โดยทั่วไปจะมีสีเหลือง ส้ม อาจเป็นสีแดงบ้างในพืชบางชนิด แคโรทีนอยด์ละลายในไขมันและสารละลายไขมัน เช่น อะซีโตน แอลกอฮอล์ หรือ ไดเอทิลอีเทอร์ (diethyl ether) เป็นต้น เมื่อมีการชราภาพของพืช คลอโรฟิลล์มีการสังเคราะห์น้อยกว่าการสลายตัวทำให้สีเหลืองของแคโรทีนอยด์ปรากฏออกมาให้เห็นและในพืชบางชนิดมีการสังเคราะห์แคโรทีนอยด์เพิ่มขึ้นในระหว่างการชราภาพด้วย สารสีแคโรทีนและแซนโทฟิลล์ มีประมาณ 0.005 และ 0.008 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักสด ตามลำดับ ซึ่งในสภาพธรรมชาติอยู่ร่วมกับคลอโรฟิลล์ในคลอโรพลาสต์ ขณะที่ผลไม้สุกหรือใบเสื่อมสภาพ คลอโรฟิลล์สลายตัวแต่แคโรทีนอยด์และแซนโทฟิลล์ยังคงอยู่และปรากฏสีเด่นชัดขึ้น การสร้างแคโรทีนอยด์ขึ้นมานั้นสีที่ปรากฏถูกบดบังไว้ด้วยสีของคลอโรฟิลล์ ปริมาณแคโรทีนอยด์เพิ่มมากขึ้นเมื่อพืชอายุมากขึ้น เช่น แครอท แอปเปิ้ลคอก ทำให้เกิดสีเหลืองและส้ม และยังเป็นลักษณะที่ต้องการในพืช มะละกอสุกและมะม่วงสุก มะเขือเทศและแตงโมจะมีการสร้างไลโคพีนเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในระยะแก่จัด (จริงแท้, 2549) ส่วนในน้ำคั้นของส้มออเรนจ์ และส้มแมนดารินสีที่ปรากฏขึ้นเกิดจากสีของแคโรทีนอยด์ และแซนโทฟิลล์ (Kale and Adsule, 1995)

### การเปลี่ยนแปลงปริมาณแคโรทีนอยด์ในผลไม้

ในเนื้อเยื่อที่ทำการสังเคราะห์แสง แคโรทีนอยด์มีหน้าที่เกี่ยวข้องทั้งในการสังเคราะห์แสง และในขณะเดียวกันช่วยป้องกันคลอโรฟิลล์จากการถูก photooxidation ในสภาพที่มีแสงและออกซิเจน นอกจากนี้ยังเป็นการช่วยดึงคุณกหรือแมลงให้ช่วยถ่ายละอองเกสรและกระจายพันธุ์พืช แต่ในส่วนที่อยู่ในโครงสร้างของพืชในดินเช่น รากหรือหัวนั้นยังไม่ทราบหน้าที่ที่แน่ชัด

โดยปกติผลไม้มักเปลี่ยนจากสีเขียวไปเป็นสีเหลืองหรือแดง ในการเปลี่ยนแปลงดังกล่าว คลอโรพลาสต์ซึ่งมีทั้งโมเลกุลของคลอโรฟิลล์และแคโรทีนอยด์ พัฒนาไปเป็นโครโมพลาสต์ ซึ่งคลอโรฟิลล์สลายตัว ในขณะที่แคโรทีนอยด์ถูกสร้างขึ้นมามากขึ้นหรือมีปริมาณคงที่เท่าเดิม การสร้างแคโรทีนอยด์มากขึ้นนี้ถูกควบคุมโดยยีนของเอนไซม์ต่างๆ ในวิถีการสังเคราะห์แคโรทีนอยด์ ซึ่งแตกต่างกันตามชนิดและเนื้อเยื่อของผลไม้ ส่วนการสลายตัวของแคโรทีนอยด์ระหว่างการเก็บรักษานั้นยังมีข้อมูลไม่ชัดเจน โดยทั่วไปแล้วแคโรทีนอยด์ค่อนข้างเสถียรอยู่ในพืชระหว่างการเก็บรักษา หลังการเก็บเกี่ยวปริมาณแคโรทีนอยด์ไม่ค่อยเปลี่ยนแปลงมากนัก ทั้งนี้คงเป็นเพราะโมเลกุลของแคโรทีนอยด์อยู่ในออร์แกนเนลล์พลาสติก และเกาะอยู่กับโปรตีนบนเยื่อหุ้มหรือรวมตัวกันเป็นผลึก จึงปลอดภัยต่อการสลายตัวจากปัจจัยภายนอก อย่างไรก็ตามมีหลักฐานบ่งชี้ให้เห็นว่าเมื่อเก็บรักษาผลไม้ไว้นาน โดยเฉพาะในผลไม้เนื้อนุ่ม เมื่อเยื่อหุ้มของเนื้อเยื่อต่างๆ ถูกทำลายลง แคโรทีนอยด์จะถูกออกซิไดซ์ไปด้วยเช่นกัน ปัจจุบันยังไม่ทราบขั้นตอนการสลายตัวของแคโรทีนอยด์ที่แน่ชัด แต่แนวทางที่พบการเปลี่ยนแปลงมากที่สุดคือ isomerization ของแคโรทีนอยด์ ทำให้มี cis isomer มากขึ้นหรือถูกเปลี่ยนรูปด้วยเอนไซม์ต่างๆหรือถูกออกซิไดซ์ได้ด้วยอนุมูลอิสระ ทำให้โมเลกุลมีขนาดเล็กลงเป็น apocarotenal และ ketone จนทำให้สลายไปจากนั้นพบว่าฮอร์โมนพืช ABA ได้จากการออกซิไดซ์ violaxanthin และ neoxanthin ด้วยเอนไซม์ 9-cis-epoxycarotenoid dioxygenase สารระเหยพืชบางอย่างเช่น  $\beta$ -ionone และ dihydroactinidiolide ได้จากการออกซิไดซ์แคโรทีนอยด์เช่นกัน (จริงแท้, 2549)