

บทที่ 2

การตรวจเอกสาร

ส้มเป็นพืชที่มีความสำคัญชนิดหนึ่งของโลก และมีบทบาทอย่างมากต่อชีวิตประจำวันของมนุษย์ เป็นที่นิยมบริโภคของคนทั่วไป เนื่องจากราคาที่ไม่สูงมากนัก สามารถซื้อหามารับประทานได้ง่าย อีกทั้งเป็นอาหารที่ดีต่อสุขภาพ การบริโภคในลักษณะที่รวมเส้นใยและกากสามารถเป็นยาระบายอ่อนๆ ได้ด้วย จึงมีการนำส้มมาใช้เป็นอาหารประจำวันทั้งในรูปการบริโภคสดและแปรรูปเป็นน้ำผลไม้ ดังนั้นพืชตระกูลส้มจึงมีความสำคัญทำให้มีการปลูกกันอย่างแพร่หลายทุกภูมิภาคของโลก พืชตระกูลส้มสามารถแบ่งออกเป็น 4 กลุ่มใหญ่ๆ โดยอ้างตาม Hodson system ได้ดังนี้ (พายัพ, 2542)

1.กลุ่มส้มเกลี้ยงและส้มตรา (*Oranges group: Citrus sinensis*)

ส้มกลุ่มนี้นิยมปลูกเพื่อรับประทานสดหรือใช้ในอุตสาหกรรมแปรรูป เช่น น้ำส้มบรรจุกระป๋อง ส่วนเปลือกใช้ทำแยมผิวส้ม (marmalade) เป็นต้น ลักษณะของส้มกลุ่มนี้คือเปลือกไม่ล่อนออกจากเนื้อ กลีบส้มแต่ละกลีบติดกันแน่น ทำให้การแกะเปลือกออกจากเนื้อและการแยกกลีบออกจากกันทำได้ยาก ส้มกลุ่มนี้สามารถแบ่งกลุ่มย่อยได้ดังนี้

1.1 ส้มที่มีรสหวาน (Sweet orange: *C. sinensis*) เช่น ชามูติ (Shamouti) วาเลนเซีย (Valencia) และส้มเนเวล (Navel orange) ได้แก่ พันธุ์อชิงตันเนเวล ในประเทศไทย ส้มกลุ่มนี้ได้แก่ ส้มตรา หรือส้มเซ่ง

1.2 ส้มที่มีรสเปรี้ยวหรือรสออกขม (Sour or bitter orange : *C. aurantium*) มีถิ่นกำเนิดทางภาคตะวันออกเฉียงเหนือของอินเดีย เป็นส้มที่มีรสเปรี้ยวจัด ขนาดผลโต มีเมล็ดมาก สามารถนำมาแปรรูปเป็นน้ำส้มคั้น แยมผิวส้ม น้ำมันหอมระเหยพันธุ์ที่ปลูก เช่น รูบี้บLOOD (Ruby Blood) โดเบิลฟินา (Doblefina) และโมโร (Moro)

2.กลุ่มส้มจีนและส้มเขียวหวาน (*Mandarin and Tangerine groups : Citrus reticulata*)

ส้มเขียวหวาน (*C. reticulata* Blanco.) มีชื่อสามัญว่า mandarin หรือ tangerine อยู่ในตระกูล Rutaceae จัดเป็นผลไม้เขตร้อน (subtropical fruit) มีถิ่นกำเนิดดั้งเดิมอยู่ในประเทศจีน ปลูกกันมานานในประเทศจีนและญี่ปุ่น ต่อมาได้มีการแพร่หลายไปยังสหรัฐอเมริกาและยุโรป จนปัจจุบันเป็นผลไม้ชนิดหนึ่งที่ปลูกกันทั่วไปทั้งในเขตร้อนและเขตกึ่งร้อน (วัฒน, 2528) พบปลูกกันมากในประเทศแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ เช่น

จีน ญี่ปุ่น ไต้หวัน ไทย เป็นต้น โดยมีลักษณะสำคัญคือ เปลือกอ่อนและล่อน แกะออกง่าย กลีบส้มสามารถแยกออกจากกันได้ง่าย ส้มจีนและส้มเขียวหวานมีลักษณะแตกต่างกันคือ ส้มจีน (mandarin) ผลโตกว่าส้มเขียวหวาน (tangerine) เปลือกค่อนข้างหนาและขรุขระกว่า ใต้ผลกลวง ผลและเนื้อมีสีเข้ม มีหลายสายพันธุ์ ได้แก่ ซัทซума (Satsuma) คิง (King) ส่วนส้ม Common ได้แก่ พอนแกน (Pongan) แคนซี่ (Dancy) และ ฟริมองต์ (Fremont) เป็นต้น

ส้มเขียวหวาน (*Citrus reticulata* Blanco.) มีชื่อสามัญว่า tangerine จัดเป็นผลไม้เขตกึ่งร้อน (subtropical fruit) มีถิ่นกำเนิดอยู่ในประเทศจีน ต่อมาได้แพร่กระจายไปยังยุโรป และทวีปอเมริกาเหนือและใต้ สามารถปลูกได้ทั้งในเขตร้อนและเขตกึ่งร้อน สำหรับประเทศไทยพันธุ์ส้มเขียวหวานที่ปลูก ได้แก่

2.1 ส้มเขียวหวานชนิดเปลือกค่อนข้างหนา มักเรียกว่าส้มบางบน ซึ่งผลมีขนาดใหญ่ รูปร่างมีผลนูนเล็กน้อย น้ำหนักผลดี มีรสหวานปานกลาง ไม่หวานแหลมนัก เดิมปลูกกันมากบริเวณตำบลบางมด เขตราชบุรีบูรณะ และเขตบางขุนเทียน ส้มเขียวหวานในแหล่งปลูกนี้มีชื่อเสียงในด้านคุณภาพ ตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน และมักเรียกว่า “ส้มบางมด” ระยะต่อมาจากสภาพสวนบริเวณบางมดที่เปลี่ยนแปลงไป รวมทั้งปัญหาในด้านน้ำเค็ม น้ำเสีย และอื่นๆ ทำให้พื้นที่การปลูกส้มเขียวหวานกระจายออกไปโดยทั่ว เช่น พื้นที่ในจังหวัดปทุมธานีซึ่งเป็นที่มีการชลประทานที่สมบูรณ์แบบที่สุด นอกจากนี้ยังแพร่ไปปลูกในแหล่งอื่นอีกด้วย เช่น น่าน แพร่ จันทบุรี ตราด และเชียงใหม่ เป็นต้น

2.2 ส้มเขียวหวานพันธุ์แหลมทอง เป็นส้มที่มีลำต้นขนาดใหญ่ ผลผลิตปานกลาง ขนาดผลปานกลาง มีรสหวานดี ถึงแม้ผลส้มยังไม่ถึงอายุ รสไม่เปรี้ยวมาก มีการปลูกกันมากบริเวณท่าสนุ่น วัดเพลง จังหวัดราชบุรี ปัจจุบันปลูกกันน้อยมาก เนื่องจากผลผลิตต่อต้นต่ำกว่าส้มเขียวหวานธรรมดา

2.3 ส้มฟริมองต์ มีชื่อภาษาอังกฤษว่า Fremont เป็นลูกผสมของส้มคลีเมนไทน์ (Clementine) จัดอยู่ในกลุ่มส้มแมนดาริน มีรายงานว่านำเข้ามาปลูกในประเทศไทยประมาณ 20 ปี โดยปลูกกันมากในภาคเหนือ ได้แก่ จังหวัดเชียงใหม่ และอีกหลายแห่งในจังหวัดแพร่ และน่าน

2.4 ส้มโชกุนหรือส้มสายน้ำผึ้งเดิมที่เป็นส้มบางมด แต่ถูกพัฒนาสายพันธุ์ให้สามารถนำไปปลูกได้ในทุกภูมิภาคของประเทศไทย จึงทำให้มีชื่อเรียกแตกต่างกันไปตามแหล่งที่ปลูก เช่น ส้มโชกุน หรือเพชรยะลา เป็นส้มที่มีการเพาะปลูกในจังหวัดยะลา และได้ชื่อว่า “ส้มโชกุน” เพราะผลส้มพันธุ์นี้มีคุณภาพดีกว่าส้มเขียวหวานหลายๆ ด้าน ซึ่งคุณ โทงหยู เจ้าของสวนเทียบความยิ่งใหญ่ของส้มพันธุ์นี้เท่ากับ “โชกุน” แต่กรมวิชาการไม่เห็นด้วยกับชื่อนี้ โดยให้เหตุผลว่าส้มพันธุ์นี้เกิดในประเทศไทย จึงควรมีชื่อเป็นไทยมากกว่าจึงมีการประกวดตั้งชื่อส้มพันธุ์นี้ที่จังหวัดยะลาได้ชื่อใหม่ว่า “ส้มเพชรยะลา” อันเป็นเกียรติแก่จังหวัดยะลาที่เป็นแหล่งผลิต อย่างไรก็ตาม ชื่อใหม่นี้ก็ไม่เป็นที่

แพร่หลายเท่ากับชื่อ ส้มโชกุน ที่เรียกกันมาก่อนหน้านี้ แต่สวนส้มธนาธร อำเภอฝาง จังหวัดเชียงใหม่ บอกว่าได้นำเมล็ดส้มโชกุนมาจากยะลา แล้วมาเพาะเมล็ดเป็นต้นพันธุ์ใหม่ จึงให้ชื่อว่า “ส้มสายน้ำผึ้ง” ซึ่งเป็นพันธุ์เดียวกัน

3. กลุ่มส้มโอและเกรฟฟรุต (Pumelo and Grapefruit groups)

ส้มทั้งสองชนิดนี้มีลักษณะทางพฤกษศาสตร์ที่คล้ายคลึงกัน โดยเฉพาะลักษณะลำต้น และทรงพุ่ม แตกต่างกันที่ลำต้นของส้มโอจะใหญ่กว่าและแข็งแรงกว่าเกรฟฟรุต ซึ่งมีขนาดทรงพุ่มที่เล็กกว่าจึงสามารถแบ่งเป็นดังนี้

3.1 ส้มโอ (Pumelo: *C. Maxima*) เป็นส้มที่มีผลโตกว่ากลุ่มอื่นๆ ในบรรดาพืชตระกูลส้มทั้งหมด ที่มีถิ่นกำเนิดในเขตร้อน รูปร่างทรงผลมีหลายลักษณะ เช่น ทรงกลม ทรงแป้น มีจุก และไม่มีจุก เปลือกหนา แต่ทั้งเปลือกและกลีบสามารถแยกออกจากกันได้ง่ายกว่ากลุ่มส้มเกลี้ยงและส้มตรา ลักษณะเนื้อภายในมีหลายสี เช่น สีขาว สีชมพู และสีทับทิม เป็นต้น

3.2 เกรฟฟรุต (Grapefruit: *C. Paradisi Macfadyen*) มีถิ่นกำเนิดในหมู่เกาะอินเดียตะวันตก ลักษณะคล้ายส้มโอ แต่มีขนาดผลเล็กกว่า แหล่งปลูกอยู่ที่มลรัฐฟลอริดา อิสราเอล จาไมกา คิวบา และอาร์เจนตินา เป็นต้น ทรงผลมีลักษณะกลมแป้น เปลือกบาง กลีบไม่แยกจากกัน มีทั้งพันธุ์ที่มีเมล็ดและไม่เมล็ด เนื้อภายในมีทั้งสีขาวและสีชมพู

4. กลุ่มมะนาว (Common Acid Members group)

ได้แก่ ซิตรอน (Citron: *C. medica* L.) มะนาวฝรั่งหรือเลมอน (Lemon: *C. limon* L. Burn) และมะนาวไทย (Lime: *C. aurantifolia*) เป็นต้น

4.1 ซิตรอน (*C. medica* L.) มีถิ่นกำเนิดทางอินเดียตะวันออกเฉียงเหนือ ผลมีเปลือกหนา ถูน้ำหวาน (juice sac) มีจำนวนน้อย รสเปรี้ยวจัด และมีเมล็ดมาก นิยมนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ เช่น เปลือกเชื่อม ทำขนม เป็นต้น

4.2 มะนาวฝรั่ง หรือเลมอน (*C. limon* L. Burn) มีถิ่นกำเนิดอยู่ทางตะวันออกของประเทศอินเดีย ปัจจุบันเลมอนมีความสำคัญในตลาดโลกค่อนข้างมาก โดยเฉพาะในประเทศสหรัฐอเมริกาผลิตได้ประมาณครึ่งหนึ่งของผลผลิตทั้งหมด อิตาลีผลิตได้ 40 เปอร์เซ็นต์ และสเปนสามารถผลิตได้ 5 เปอร์เซ็นต์

4.3 มะนาวไทยหรือไลม์ (*C. aurantifolia*) มีถิ่นกำเนิดอยู่ทางตะวันออกเฉียงเหนือของอินเดีย พม่า และไทย ตลอดจนประเทศมาเลเซีย แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ มะนาวที่มีรสเปรี้ยว ซึ่งมีทั้งขนาดผลใหญ่และขนาดผลเล็ก และมะนาวที่มีรสหวานซึ่งจะมีลักษณะเหมือนมะนาวทั่วไป แต่เนื้อมีรสหวาน เนื่องจากมีปริมาณกรดน้อย

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของส้มเขียวหวาน

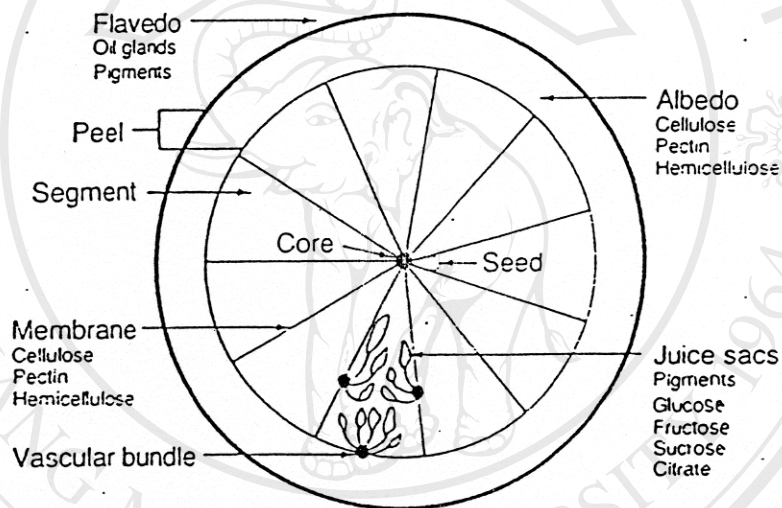
ส้มเขียวหวานมีทรงต้นสูง 2-8 เมตร ทรงพุ่มมีลักษณะแน่นทึบ จัดเป็นไม้พุ่มขนาดเล็ก ลำต้นไม่มีหนาม กิ่งแก่ มีสีเขียวเข้ม ลักษณะกิ่งอ่อนเป็นเหลี่ยมเรียวยาว ใบรูปไข่ ค่อนข้างยาวรูปโล่หรือรูปหอก ปลายและฐานใบมีลักษณะมน ส่วนปลายสุดของใบมีรอยเว้าเข้าผิวท้องใบ มีสีเขียวอมเหลือง ผิวหลังใบเป็นมันสีเขียวเข้ม ผลรูปร่างกลมแบน ผิวเปลือกสีเขียวอมเหลือง หรือส้มอมเหลือง จนถึงแดงอมส้ม ผิวเปลือกจะเรียบมีต่อมน้ำมันอยู่ภายในมีกลิ่นหอมแรง เปลือกด้านในมีสีเหลืองอ่อน เนื้อมีน้ำมาก สีส้ม รสหวานอมเปรี้ยวเล็กน้อย ผลส้มมีการเจริญแบบ sigmoid curve ผลมีการเพิ่มขนาดและน้ำหนักตลอดเวลาของการเจริญเติบโต แบ่งได้เป็น 3 ระยะ (Kale and Adsule, 1995) ดังนี้

1. ระยะการแบ่งเซลล์ (cell division) ขนาดและน้ำหนักของผลส้มมีค่าเพิ่มขึ้นในเวลา 1 ถึง 1.5 เดือนหลังดอกบาน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสภาพภูมิประเทศ ภูมิอากาศ และ พันธุ์
2. ระยะการขยายขนาดของเซลล์ ทั้งในส่วนเนื้อและเปลือกผล สีเปลือกเริ่มเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีเหลือง
3. ระยะแก่ผล ซึ่งเริ่มมีการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบภายในผล เช่น ของแข็งที่ละลายน้ำได้ (total soluble solids, TSS) จะเพิ่มขึ้น ขณะที่ปริมาณกรดที่ไทเทรต (titratable acidity, TA) ได้มีค่าลดลง ผลส้มแก่สามารถเก็บเกี่ยวได้เมื่ออายุ 9 ถึง 10 เดือน หรือสังเกตจากสีผิวของส้มจะเริ่มเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีเหลือง ผลส้มจัดเป็นผลประเภท berry type ชนิดพิเศษที่เรียกว่า hesperidium ซึ่งเจริญมาจากรังไข่ของดอกส้ม แบ่งออกเป็น 3 ส่วน ดังแสดงไว้ในภาพที่ 2.1

1. เปลือก (peel หรือ rind) ประกอบด้วย เซลล์ผิว (epidermis) มีชั้น cuticle หุ้มอยู่ด้านบนชั้นนอกสุด (exocarp) จะมีการสะสมมากขึ้นระหว่างการเจริญเติบโตของผล ความหนาของชั้น cuticle ขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อม flavedo เป็นเซลล์ที่อยู่ใต้ชั้นเซลล์ผิวมีสีเขียวสีเหลืองหรือสีส้ม เนื่องจากมี chloroplast ที่สามารถเปลี่ยนไปเป็น chromoplast เมื่อผลแก่ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อระดับอุณหภูมิต่ำลงสามารถเปลี่ยนกลับไปเป็น chloroplast ได้ ถ้าเก็บเกี่ยวผลล่าช้าในชั้นของ flavedo นี้มีส่วนของต่อมน้ำมัน (oil gland) อยู่เซลล์ที่อยู่ใกล้กับต่อมน้ำมันเป็นแหล่งสำคัญในการสะสมน้ำมัน เมื่อผลแก่ผนังของเซลล์ที่อยู่ใกล้กับต่อมน้ำมันจะบางและถูกทำลายได้ง่าย ในชั้น flavedo นี้ไม่มีกลุ่มท่อลำเลียง ชั้น albedo เป็นเซลล์พวก spongy parenchyma เกาะกันอย่างหลวมๆ คล้ายร่างแห ทำให้มีช่องว่างระหว่างเซลล์จำนวนมาก เซลล์ของชั้น albedo มีสีเขียวไม่มี chloroplast หรือ chromoplast

2. กลีบ (segment หรือ section) เป็นส่วนของชั้นกลาง (mesocarp) ไม่มีสีเขียว ประกอบด้วย segment wall ที่เป็นผนังบางๆ แบ่งระหว่าง locule มี membrane 2 ชั้นของ 2 locule มาประกอบกัน จึงสามารถแยกออกจากกันเป็นกลีบได้ กุ้ง (juice sac) เป็นส่วนที่เจริญมาจากผนังของ segment wall เข้าไปภายใน locule และเป็นส่วนของผลที่นำมารับประทาน ภายในตัวกุ้งประกอบด้วยน้ำตาลและกรด ซึ่งส่วนมากเป็นกรดส้ม (citric acid) เมล็ดมีขนาด รูปร่าง และจำนวนแตกต่างกันไปตามชนิดและพันธุ์

3. ใ้ส่กลาง (juice vesicle) ประกอบขึ้นด้วยกลุ่มท่อลำเลียงหลายอันรวมกันอยู่อย่างหลวมๆ และมีเนื้อเยื่อ spongy อยู่รอบๆ กลุ่มท่อลำเลียงบางเส้นต่อกับด้าน styler end ของเมล็ด



รูปที่ 2.1 ส่วนประกอบต่างๆ ของผลส้ม ที่มา: Schneider (1968)

ส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งซึ่งจัดอยู่ในกลุ่มของส้มเขียวหวาน มีลักษณะของขนาด รูปร่าง ทรง ต้น เหมือนกับส้มเขียวหวานมาก ส่วนลักษณะที่แตกต่างไปจากส้มเขียวหวานสายพันธุ์อื่น กล่าวคือ ส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งจะมีทรงพุ่มแน่นและชะลูดกว่าส้มเขียวหวาน ลักษณะของกิ่ง ใบ จะตั้งขึ้น (erect form) ส่วนส้มเขียวหวานสายพันธุ์อื่นกิ่งและใบมีลักษณะห้อยลงมา (weeping form) ใบของส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งมีสีเขียวเข้มกว่าส้มเขียวหวานสายพันธุ์อื่น แต่มีขนาดเล็กกว่าเล็กน้อย นอกจากนี้ใบมีกลิ่นหอม ผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งมีขนาดปานกลาง สีของผลเหมือนกับส้มเขียวหวานสายพันธุ์อื่น เมื่อแก่จัดผิวจะเปลี่ยนเป็นสีเหลืองส้ม เปลือกอ่อน ปอกง่าย ส่วนของชาน(segment wall)จะนิ่ม ซึ่งเป็นลักษณะที่ดีมาของส้มพันธุ์สายน้ำผึ้ง และยังให้น้ำส้มในปริมาณมาก รสชาติเข้มข้น หวาน แหลม

อมเปรี้ยว และมีน้ำหนักผลสดดีกว่าส้มเขียวหวานสายพันธุ์อื่น เมื่อเทียบกับผลในขนาดเดียวกัน (ชาติติยา, 2541)

ปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพของส้ม

คุณภาพของส้มจะขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ ในการผลิต ซึ่งส่งผลต่อลักษณะทางกายภาพและคุณสมบัติทางเคมีของผลส้ม โดยลักษณะและคุณสมบัติต่างๆ ของผลส้มนั้นมีความมีความสำคัญอย่างยิ่งในการใช้เป็นตัวกำหนดคุณภาพของผลส้ม (วัฒนา, 2528) เช่น

1.ขนาดของผลส้มที่เก็บเกี่ยวมาอาจมีขนาดแตกต่างกันได้โดยปัจจัยที่ทำให้ขนาดผลแตกต่างกัน เช่น

- ก. การบำรุงต้น ต้นส้มที่ได้รับการดูแลอย่างดี ได้รับน้ำและอาหารเพียงพอในระยะที่เหมาะสม ย่อมให้ผลที่ได้ขนาดตามมาตรฐานหรือขนาดใหญ่
- ข. จำนวนผลที่ติดอยู่บนต้น ถ้าจำนวนผลมากหรือส้มติดผลดก จำนวนผลส้มในต้นนั้นทั้งหมดจะมีขนาดเล็กกว่าปกติและคุณภาพผลด้อยลง เนื่องจากอาหารที่ผลิตได้ไม่เพียงพอที่จะไปเลี้ยงผลส้มบนต้นได้อย่างทั่วถึงและเพียงพอ ดังนั้นอาจจำเป็นต้องปลิดผลส้มบนต้นออกบ้าง เพื่อให้จำนวนผลที่เหลืออยู่พอที่ต้นจะสามารถเลี้ยงได้และผลมีคุณภาพดี หรืออาจเลือกใช้วิธีบำรุงต้นให้มากขึ้นโดยไม่ต้องปลิดผลออก
- ค. จำนวนใบ จำนวนใบและจำนวนผลมีส่วนสัมพันธ์กัน ถ้ามีใบน้อยเกินไปต้นส้มจะสร้างอาหารมาเลี้ยงผลไม่เพียงพอ ทำให้ผลมีขนาดเล็กกว่าปกติ คุณภาพของผลด้อยลง ยิ่งผลส้มมีขนาดใหญ่ก็ยิ่งต้องการจำนวนใบมากขึ้น

2.สีของผิวและสีของเนื้อ สังเกตได้ว่าส้มที่วางจำหน่ายนั้นมีสีแตกต่างกันทั้งที่เป็นส้มพันธุ์เดียวกัน เช่น ส้มเขียวหวานที่ปลูกทางภาคเหนือ ผิวผลจะมีสีส้มจัดถึงแดง ส่วนส้มเขียวหวานที่ปลูกในภาคกลาง ผิวผลจะมีสีเขียว เขียวอมเหลือง หรือเหลืองอ่อน ซึ่งสีผิวและสีเนื้อของส้มจะแสดงความแตกต่างของผล กล่าวคือ ส้มที่มีสีเข้มมักจะเป็นส้มที่แก่จัดและมีความบริบูรณ์ของผลสูง กว่าส้มที่มีสีอ่อนกว่า สีผิวและสีเนื้อยังส่งผลโดยตรงต่อคุณภาพของลักษณะที่ปรากฏของผลิตผล การที่สีของผลและสีของเนื้อผลแตกต่างกันนั้นขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ แต่ที่เด่นชัดคือปัจจัยที่เกิดจากสภาพภูมิอากาศเป็นสำคัญ ถ้าอุณหภูมิของอากาศในเวลากลางวันกับเวลากลางคืนแตกต่างกันมาก สีของผลส้มก็จะยิ่งเข้มขึ้น โดยเฉพาะในตอนที่ผลส้มแก่อุณหภูมิจะเป็นตัวกระตุ้นให้สีเข้มขึ้น เช่น ส้มที่ปลูกทางภาคเหนือจะมีสีเข้มกว่าส้มที่ปลูกในภาคกลาง หรือส้มที่แก่ในช่วงอากาศหนาวจะมีสีเข้มกว่าส้มที่แก่ในช่วงอากาศร้อนทั้งที่เป็นต้นเดียวกันหรือปลูกในที่เดียวกัน (วัฒนา, 2528) และอีกประการหนึ่ง อาจเกิดจากการดูแลรักษา เนื่องจากในผลไม้ตระกูลส้ม สีของเปลือกส้มและเนื้อเป็นผล

มาจากกรงควัตถุต่างๆ ร่วมกัน ได้แก่ คลอโรฟิลล์ คาร์โรทีนอยด์ และแอนโทไซยานิน โดยในช่วงระยะแรกเซลล์ผลส้มมีระดับของคลอโรฟิลล์มาก ต่อมาเมื่อเข้าสู่ช่วงท้ายของระยะที่ 2 ในการเจริญของผลส้ม คลอโรฟิลล์จะเริ่มสลายตัวไปสีของคาร์โรทีนอยด์นี้จึงปรากฏให้เห็น (Davis and Albrigo, 1994)

3. ปริมาณน้ำตาลและกรดในผล เมื่อผลส้มเริ่มแก่จะมีการสร้างน้ำตาลเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ขณะที่ปริมาณกรดจะลดลง (Kimbal, 1984) ปริมาณน้ำตาลในผลจะมีมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ เช่น การบำรุงรักษาต้น ถ้าต้นสมบูรณ์แข็งแรงได้รับอาหารและน้ำในอัตราที่เหมาะสมจะมีปริมาณน้ำตาลมาก อายุผลก็เช่นเดียวกัน ถ้าปล่อยให้ส้มอยู่บนต้นนานๆ ความหวานหรือปริมาณน้ำตาลจะเพิ่มขึ้น และปัจจัยที่สำคัญอีกประการหนึ่งที่มีผลต่อการสร้างน้ำตาลในผลส้มคือ อุณหภูมิ ในช่วงที่ผลเริ่มจะแก่ ถ้าอุณหภูมิสูงผลส้มจะสร้างน้ำตาลได้มาก ยังมีช่วงอุณหภูมิสูงติดต่อกันนานจะทำให้ผลส้มมีน้ำตาลมากขึ้นหรือหวานขึ้น ส่วนปริมาณกรดในผลส้มจะมีมากน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่างด้วยกัน เช่น การบำรุงรักษาต้นส้ม อายุของผลส้ม และความแตกต่างของอุณหภูมิในเวลากลางวันกับเวลากลางคืน ถ้าอุณหภูมิแตกต่างกันมาก ปริมาณกรดในผลจะยิ่งมาก (วัฒนา, 2528) ผลส้มเขียวหวานอายุ 39 สัปดาห์มีอัตราส่วนน้ำตาลต่อกรดเท่ากับ 8.0 ผลมีรสเปรี้ยวอมหวานเล็กน้อย ผู้ชิมไม่ชอบแต่เมื่อผลมีอายุมากขึ้นอัตราส่วนดังกล่าวจะเพิ่มขึ้นทำให้ผลมีรสหวานขึ้นเปรี้ยวน้อยลง ผู้ชิมชอบมากขึ้น (มนตรี, 2527)

Ketsa (1988) กล่าวว่า ผลส้มเขียวหวานที่มีขนาดผลใหญ่เมื่อมีการสูญเสีย น้ำ จะทำให้ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ มีความเข้มข้นเพิ่มขึ้น และปริมาณกรดที่สามารถไทเทรตได้จะลดลง โดยปริมาณ TA จะลดลงเร็วกว่า TSS ดังนั้นผลขนาดใหญ่จะมีรสหวานกว่าผลขนาดเล็กจากการที่ TSS และ TA ลดลงตามขนาดผลที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากปริมาณพื้นที่ผิวของส้มที่มีขนาดใหญ่มีมากกว่าจึงทำให้มีปริมาณการสูญเสีย น้ำมากกว่าผลส้มที่มีขนาดเล็ก จึงส่งผลให้ความเข้มข้นของปริมาณ TSS น้ำส้มมีมากขึ้นและ TA มีปริมาณลดลง (Ting and Attaway, 1971) ซึ่งการเปลี่ยนแปลงนี้มีผลต่อคุณภาพของส้ม

ปริมาณน้ำตาลและกรดในผลส้มเป็นตัวกำหนดรสชาติของผลส้ม ผลส้มที่มีรสดีปริมาณน้ำตาลและกรดต้องอยู่ในสัดส่วนที่เหมาะสม โดยอัตราส่วนระหว่าง 10-12 ถือได้ว่ารสชาติมีคุณภาพเป็นที่ยอมรับ (Baldwin, 1993) ซึ่งทำให้ส้มนั้นเป็นที่ถูกใจผู้บริโภค

4. ความหนาของเปลือก ส้มที่ปลูกในแหล่งต่างๆ กันจะมีความหนาของเปลือกไม่เท่ากัน ทั้งที่เป็นส้มพันธุ์เดียวกัน ทั้งนี้เนื่องจากความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศในแหล่งปลูกต่างๆ นั้นแตกต่างกัน ส้มที่ปลูกในที่ซึ่งมีความชื้นในอากาศน้อยหรือความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ ส้มจะปรับตัวโดยสร้างเปลือกให้หนาเพื่อป้องกันการคายน้ำจากผล ทำให้เกิดช่องว่างมากระหว่างผิวเปลือกนอกกับเนื้อในเพื่อช่วย

รักษาความชื้นไว้ ในทางตรงกันข้ามถ้าปลูกส้มในที่ความชื้นของอากาศสูง เปลือกส้มจะบางเพราะมีการคายน้ำน้อย ในกรณีของส้มสายน้ำผึ้งที่เก็บเกี่ยวมาแล้วควรมีลักษณะเปลือกที่บาง เนื่องจากลักษณะของเปลือกที่บางจะทำให้เกิดการคายน้ำจากผลได้เร็วกว่าส้มที่มีเปลือกหนา ซึ่งการคายน้ำของผลส้ม จะส่งผลต่อความเข้มข้นของ TSS ที่เพิ่มขึ้น และปริมาณของ TA ที่ลดลง ทำให้รสชาติของส้มดีขึ้น

ดัชนีการเก็บเกี่ยวของส้ม

ดัชนีการเก็บเกี่ยวที่ดีควรเป็นดัชนีที่สามารถตรวจสอบได้ง่าย ไม่ซับซ้อน ไม่ต้องมีการทำลายผลิตผล ใช้อุปกรณ์ไม่ยุ่งยากซับซ้อน และราคาไม่แพง โดยดัชนีการเก็บเกี่ยวจะพิจารณาจาก

1. การนับอายุ จากระยะออกดอกถึงดอกบานประมาณ 1 เดือน และจากระยะจากดอกบานถึงเก็บเกี่ยว 8-9 เดือน ในส้มพันธุ์ฟริมองด์ สำหรับพันธุ์สายน้ำผึ้งจะมีอายุ 10-11 เดือน ส่วนส้มเขียวหวานสายพันธุ์อื่นจะอยู่ที่ประมาณ 10 เดือน โดยเริ่มออกดอกในเดือนกุมภาพันธ์และเก็บเกี่ยวในเดือนธันวาคม

2. การวัดการเปลี่ยนแปลงทางคุณภาพ เช่น ความต้านทานแรงกดของผล ความถ่วงจำเพาะประมาณ $0.9 \text{ (g/cm}^3\text{)}$ และปริมาณน้ำคั้น 46-50 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักผล

3. การวัดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีของผลส้ม โดยใช้เครื่องมือและวิธีการต่างๆ เช่น การวัดปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ ด้วยเครื่อง refractometer มีหน่วยเป็นองศาบริกซ์ ($^{\circ}\text{Brix}$) ซึ่งปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของส้มที่แก่จัดพร้อมที่จะเก็บเกี่ยวได้ควรอยู่ที่ 10-12 $^{\circ}\text{Brix}$ และการหาปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ โดยมีวิธีการอ่านค่าสัดส่วน TSS/TA ในการวัดหาอัตราส่วนของปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้เทียบกับปริมาณกรดที่สามารถไทเทรตได้ (TSS/TA) เป็นอีกวิธีหนึ่งที่ปฏิบัติกัน ซึ่งต่ออัตราส่วนที่จัดว่าส้มแก่แล้วควรจะไม่ต่ำกว่า 6.5 หรือจากการหาความเข้มข้นของน้ำส้ม โดยชั่งน้ำหนักผลส้มแล้วบีบหรือคั้นเอาน้ำออก และนำกากออกมาชั่งใหม่อีกครั้งแล้วคำนวณเป็นร้อยละของน้ำหนักผลทั้งหมด น้ำส้มที่ได้จากผลส้มที่แก่พอดีจะมีความเข้มข้นร้อยละ 50 (คณัย, 2545)

การเปลี่ยนแปลงหลังการเก็บเกี่ยวของผลไม้ตระกูลส้มที่สำคัญได้แก่

1. การเปลี่ยนสีเปลือก

ภายหลังการเก็บเกี่ยวผลไม้ตระกูลส้มมักพบว่ามี การเปลี่ยนสีของเปลือกผลเกิดขึ้น โดย สีเขียวจะหายไปแล้วปรากฏสีเหลืองหรือแดงขึ้นมาแทน ซึ่งเกิดจากการสลายตัวของรงควัตถุพวก คลอโรฟิลล์กลายเป็นสารที่ไม่มีสี ซึ่งอาจจะเป็นการทำงานของเอนไซม์ chlorophyllase ดังที่พบว่า เมื่อใช้เอทิลีนเร่งการสลายสีเขียวของเปลือกส้มจะมีการเพิ่มขึ้นของเอนไซม์ชนิดนี้ควบคู่กัน ทำให้สี เหลืองของรงควัตถุแคโรทีนอยด์ ซึ่งมีอยู่แล้วแต่ถูกเขียวข่มอยู่ให้ปรากฏชัดออกมามีพร้อมกับการ ตั้งเคราะห์แคโรทีนอยด์ขึ้นด้วย (Gross, 1987) Gross (1981) กล่าวว่า ปริมาณ แคโรทีนอยด์ของ เปลือกส้มเขียวหวาน จะเพิ่มขึ้นเมื่อผลสุกและส้มซึ่งเก็บเกี่ยวขณะที่มีสีเขียวอยู่และเก็บรักษาที่ 20 องศาเซลเซียส พบว่ามีปริมาณแคโรทีนอยด์ ต่ำกว่าผลที่ปล่อยให้สุกบนต้น อย่างไรก็ตามการ เปลี่ยนแปลงของแคโรทีนอยด์ ระหว่างการสุกสามารถเกิดขึ้นได้กับทั้งผลที่ติดอยู่บนต้นและผลที่เก็บ เกี่ยวแล้ว (Eliati *et al.*, 1975) Gross (1987) กล่าวว่า เอทิลีนเป็นตัวเร่งการสลายของคลอโรฟิลล์ และสังเคราะห์แคโรทีนอยด์ และการใช้เอทิลีนจะเร่งการเกิด แคโรทีนอยด์ ได้เร็วกว่าการ เปลี่ยนแปลงตามธรรมชาติ และทำให้สีผิวของผลไม้สม่ำเสมอขึ้น การขจัดสีเขียวเป็นวิธีการที่นิยม ใช้กับส้มมาก เนื่องจากผลส้มเมื่อแก่และสามารถเก็บเกี่ยวได้แล้ว แต่หากสีผิวยังเขียวอยู่มาก ถึงแม้จะมีรสชาติและองค์ประกอบภายในเหมาะสมก็ตาม แต่ไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค โดยคิดว่าผลยังไม่ สุก (Cohen, 1978 a.) ทำให้จำเป็นต้องขจัดสีเขียวออกเพื่อให้ผิวมีสีเหลืองสวยงาม การขจัดสีเขียว ในผลไม้ตระกูลส้มเป็นการกำจัดคลอโรฟิลล์ออกจากเปลือก ซึ่งการขจัดสีเขียวนั้นไม่มีผลกระทบต่อ คุณภาพภายในของส้ม (Kader, 1985) การขจัดสีเขียวโดยใช้ก๊าซเอทิลีนขึ้นกับสภาวะอุณหภูมิ และความชื้นที่เหมาะสม ทั้งนี้ อุณหภูมิ ความชื้น และความเข้มข้นของก๊าซเอทิลีนที่จะใช้จะผันแปร ตามพันธุ์ และสภาพของผลไม้ขณะเก็บเกี่ยว (दनัย และนิธิยา, 2535) นอกจากนี้ระยะเวลาที่ผลจะมีผลต่อระยะเวลาที่ใช้ในการขจัดสีเขียวด้วย (Vakis, 1975)

2. การสูญเสีย น้ำ

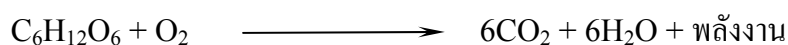
การสูญเสีย น้ำภายหลังการเก็บเกี่ยวเป็นสาเหตุสำคัญอย่างหนึ่งที่ทำให้เกิดความเสียหาย ต่อผลิตผลขณะที่มีการเก็บรักษา (สายชล, 2528) โดยมีผลต่อการสูญเสีย น้ำหนัก คุณภาพของผล และทำให้รูปร่างเปลี่ยนไป (दनัย, 2534) โดยทั่วไปถ้าหากมีการสูญเสีย น้ำเพียง 5-10 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักจะทำให้ผลเหี่ยว ความแน่นเนื้อลดลง รสชาติไม่ดี (Peleg, 1985) ซึ่งตรงกับคำกล่าวของ Wardowski *et al.*, (1986) ว่าการคายน้ำที่มากกว่า 5 เปอร์เซ็นต์ นอกจากจะทำให้ผลเหี่ยวและเสีย รูปทรง ยังทำให้เปลือกผลบาง แข็ง ปอกรับประทานยากและวางจำหน่ายไม่ได้ ทั้งๆ ที่คุณภาพภายใน

ยังเปลี่ยนแปลงไม่มากนัก ชูชาติ (2537) กล่าวว่า ในผลไม้ตระกูลส้มการสูญเสียน้ำเป็นสาเหตุสำคัญของการสูญเสียวงการเก็บเกี่ยว Grierson and Wardowski (1978) สรุปว่าในขณะที่ส้มมีการสูญเสียน้ำหนัก 5 เปอร์เซ็นต์ จะทำให้ผลเหี่ยวและไม่สามารถวางจำหน่ายได้ จากการทดลองของ Sornsrivichai *et al.*, (1992) พบว่าส้มเขียวหวานที่เก็บรักษาที่สภาพอุณหภูมิห้อง ($28 \pm 2^{\circ}\text{C}$) มีการสูญเสียน้ำหนักประมาณ 8-10 เปอร์เซ็นต์ ภายใน 1 สัปดาห์ และปรากฏอาการเหี่ยวให้เห็น การสูญเสียน้ำของผลิตผลหลังการเก็บเกี่ยวขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ ได้แก่ปัจจัยที่เกี่ยวกับสภาวะแวดล้อม เช่น ความชื้นของอากาศ การเคลื่อนที่ของอากาศ ความดันบรรยากาศ อุณหภูมิ (दनัย, 2534) และปัจจัยภายในของผลิตผลเอง เช่น ลักษณะโครงสร้างของพืช สารเคลือบผิว รูปร่าง โครงสร้าง ผิวเปลือก และขนาดของผล (สายชล, 2528) สำหรับส้มเขียวหวาน Ketsa (1990) รายงานว่าการสูญเสียน้ำหนักมีความสัมพันธ์โดยตรงกับอัตราส่วนของพื้นที่ผิวต่อปริมาตร แต่ตรงข้ามกับขนาดของผล นั่นคือการสูญเสียน้ำเกิดขึ้นกับผลที่มีขนาดเล็กมากกว่าผลที่มีขนาดใหญ่ นอกจากนี้ยังขึ้นอยู่กับความหนาของเปลือกโดยผลที่มีเปลือกหนามีการสูญเสียน้ำมากกว่าผลที่มีเปลือกบาง เนื่องจากผลที่มีเปลือกหนามีจำนวนปากใบ (stomata) มากกว่า ขณะเดียวกันผลที่มีเปลือกบางมีชั้นของ flavedo ที่หนากว่าทำให้มีประสิทธิภาพในการป้องกันการสูญเสียน้ำได้ดีกว่า

3. อัตราการหายใจ

การเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาเป็นผลของกระบวนการเมแทบอลิซึมภายในเซลล์ ขณะที่มีการเจริญเติบโตภายในเซลล์ของผลไม้ต้องใช้พลังงานสูง ทำให้มีอัตราการหายใจสูง เมื่ออัตราการเจริญลดลงอัตราการหายใจจะค่อยๆ ลดลง และจะเพิ่มสูงขึ้นอีกครั้งหนึ่งเมื่อผลไม้เริ่มสุก การหายใจของผลิตผลภายหลังการเก็บเกี่ยวเป็นกระบวนการเปลี่ยนแปลงพลังงานของสารอาหารคือคาร์โบไฮเดรตให้ไปอยู่ในรูปของพลังงานเคมี คือ adenosine triphosphate (ATP) เพื่อนำไปใช้ในกิจกรรมต่างๆ ทำให้เซลล์สามารถดำรงชีวิตอยู่ได้ ดังนั้นอายุการเก็บรักษารวมทั้งคุณภาพของผลิตผลภายหลังการเก็บเกี่ยวจึงขึ้นอยู่กับอัตราการหายใจเป็นสำคัญ (สายชล, 2528; จริ่งแท้, 2538; ดนัย, 2540) การหายใจมี 2 แบบ (รูปที่ 2.2) ได้แก่

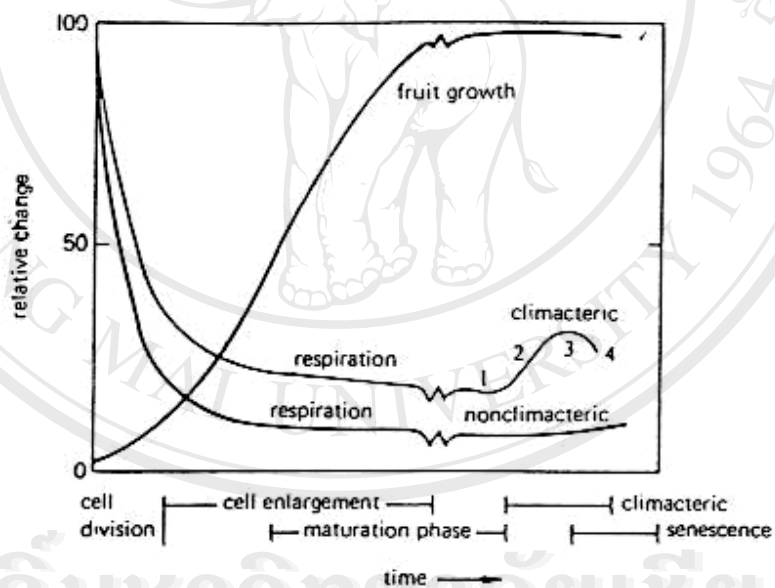
1. การหายใจแบบใช้ออกซิเจน (aerobic respiration) เป็นการหายใจที่ต้องอาศัยก๊าซออกซิเจนในการออกซิไดซ์น้ำตาลให้เป็น CO_2 , H_2O และพลังงาน ดังสมการ



2. การหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจน (anaerobic respiration) เป็นการหายใจที่ไม่ใช้ก๊าซออกซิเจนหรือใช้เพียงเล็กน้อย โดยกรดไพรูวิก (pyruvic acid) ที่ได้จากระบบไกลโคไลซิส (glycolysis system) ไม่ผ่านเข้าสู่กระบวนการ Kreb's cycle แต่ถูกรีดิวซ์ไปเป็นกรดแลกติกในสัตว์หรืออะซิตัลดีไฮด์ และเอทิลแอลกอฮอล์ ในพืชเรียกว่ากระบวนการหมัก (fermentation) การหายใจแบบนี้เกิดได้ในสภาพมีปริมาณของก๊าซออกซิเจนต่ำในระหว่างเก็บรักษา ดังสมการ



ส้มเป็นผลไม้ประเภท non-climacteric ที่มีอัตราการหายใจและการผลิตเอทิลีนต่ำ (Vines *et al.*, 1963) ดังนั้นการเสื่อมคุณภาพเนื่องจากการหายใจ (Phan *et al.*, 1975) และการเกิดเอทิลีน (Leshem *et al.*, 1986) จึงเกิดขึ้นน้อย



รูปที่ 2.2 อัตราการหายใจของผลไม้ประเภท climacteric และ non-climacteric

ในช่วงของการเจริญเติบโตระยะต่างๆ 1=pre climacteric 2=climacteric rise 3=climacteric peak 4= post-climacteric (Salisbury and Ross, 1985)

การใช้สารเคลือบผิวกับผลไม้หลังการเก็บเกี่ยว

ผลไม้ในธรรมชาติจะมีสารประเภทไข (wax หรือ cutin)เคลือบอยู่บริเวณผิวเรียกว่า คิวติเคิล (cuticle) หรือเรียกว่านวลของผลไม้ ปกคลุมเซลล์ผิวอยู่ ชั้นของคิวติเคิลนี้มีบทบาทมากในการลดการสูญเสียน้ำ (สายชล, 2528) และการแลกเปลี่ยนก๊าซบริเวณผิวผลไม้ ชั้นของนวลหรือ

คิวติเคิลนี้จะหลุดออกไป เนื่องจากกระบวนการเก็บเกี่ยว การเคลื่อนย้ายหรือการทำความสะอาดผิวผลไม้ ทำให้เกิดความเสียหายแก่ผลไม้ทั้งในด้านความทนทานและความสวยงามของผิวผลไม้ ทำให้ผลิตผลเสื่อมคุณภาพเร็วกว่าปกติ (คนัย, 2540; สุรพงษ์, 2530; อรรถพ, 2532) ปกติผิวผลไม้ส่วนใหญ่จะมีคิวติเคิลเคลือบอยู่เป็นชั้นบางๆ โดยมีแว็กซ์ เป็นส่วนประกอบหลักซึ่งมีองค์ประกอบทางเคมีเป็นเอสเทอร์ของกรดไขมันและแอลกอฮอล์ สามารถป้องกันการผ่านเข้าออกของน้ำและจำกัดการแลกเปลี่ยนก๊าซได้ (ปริดา, 2536) ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับพันธุ์ และอายุของผลไม้ (Kays, 1991) แวกซ์ที่เคลือบผิวผลไม้แบ่งเป็นสองประเภท คือ hard wax และ soft wax ถ้าในชั้นของคิวติเคิลประกอบด้วย soft wax มากอัตราการสูญเสียน้ำจะน้อย (สายชล, 2528) สำหรับในผลไม้ตระกูลส้ม ในระยะผลอ่อนส่วนใหญ่จะมีการสร้าง soft wax แต่ในระยะผลแก่ จะมีการสร้าง hard wax เป็นจำนวนมาก (Ben-Yehoshua, 1987) และการสูญเสียน้ำหนักของส้ม Valencia จะมีน้อยมาก ถ้ามี soft wax อยู่มาก (Albrigo, 1972) ในการปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยวผลไม้ อาจทำให้แว็กซ์ที่มีตามธรรมชาติหลุดออกไปได้ง่ายทำให้มีการสูญเสียน้ำออกทางคิวติเคิลได้มากขึ้น ดังนั้น การเคลือบผิวผลไม้ด้วยสารเคลือบผิวจึงเป็นการทดแทนแว็กซ์ธรรมชาติที่หลุดไปและปกปิดรอยเปิดตามธรรมชาติและบาดแผล ที่เกิดขึ้นจากกระบวนการเก็บเกี่ยวทำให้ลดการสูญเสียน้ำได้

สารเคลือบผิวที่ใช้กับผลไม้ในปัจจุบันนี้มีหลายชนิดและหลายสูตร และมีบริษัทหลายแห่งที่ผลิตออกจำหน่าย แต่สูตรและส่วนผสม มักเป็นความลับทางการค้า โดยแว็กซ์ที่ใช้ในการเตรียมสารเคลือบผิว อาจได้จากแหล่งต่างๆ ดังนี้ คือ (Hampel and Hawley, 1973)

1. แวกซ์จากพืช (vegetable wax) แยกได้จากผิวพืช มีหลายชนิด แต่ที่นิยมใช้เป็นองค์ประกอบของสารเคลือบผิวผลไม้ คือ carnauba ซึ่งเป็นแว็กซ์ที่แยกได้จากผิว Brazilian palm ถือว่ามีคุณภาพดีที่สุดในแง่ความแข็งแรงมากที่สุด เป็นเงามันมากที่สุด มีกลิ่นหอมและมีจุดหลอมเหลวสูงที่สุด คือ 84-96 องศาเซลเซียส ส่วนอีกชนิดคือ candililla เป็นแว็กซ์ที่แยกได้จากต้นของวัชพืช *Pedilanthus pavonis* มีความแข็งแรงและความเงาน้อยกว่า carnauba มีกลิ่นหอมแต่เปรี้ยว เมื่อรวมตัวกับกรด oleic จะเกิดผลึกน้อยลง และมีความอ่อนนุ่มมากขึ้น

2. แวกซ์จากสัตว์ (animal wax) มีแตกต่างกันหลายชนิด แต่ที่นิยมเป็นองค์ประกอบของสารเคลือบผิวผลไม้ คือ shellac ได้จากมูลครั่ง มีความเป็นมันเงาสูง มีจุดหลอมเหลวที่ 72-80 องศาเซลเซียส และอีกชนิด คือ spermaceti ได้จากปลาวาฬ wool wax ได้จากขนแกะ และ bee wax ได้จากผึ้ง

3. แวกซ์จากการกลั่นน้ำมันปิโตรเลียม (petroleum wax) เป็นผลพลอยได้จากการกลั่นน้ำมันปิโตรเลียม ที่สามารถนำมาเตรียมสารเคลือบผิวได้ คือ paraffin wax มีลักษณะเป็น

ของแข็งสีขาว ลื่น อ่อนนุ่ม ไม่มีกลิ่น เมื่อรวมกับตัวทำละลายจะเหนียว microcrystalline wax เป็นผลึกขนาดเล็ก เหนียว อ่อนนุ่ม มีน้ำหนักโมเลกุลสูง จุดหลอมเหลวสูงกว่า paraffin มีความเงา น้อย ลื่นมือ

4. แวกซ์จาก fossil (mineral wax) เช่น montan wax แต่ไม่นิยมใช้เป็นองค์ประกอบของสารเคลือบผิว เนื่องจากมีสีเข้ม

5. แวกซ์จากการสังเคราะห์โดยกระบวนการทางเคมี (chemical synthetic wax) เช่น polyethylene wax เป็นต้น

การใช้สารเคลือบผิวเพื่อป้องกันการสูญเสียน้ำหนักของผลไม้หลังเก็บเกี่ยว

ในการปฏิบัติกรหลังการเก็บเกี่ยวผลไม้ เช่น การล้างทำความสะอาด การขนส่ง ทำให้แวกซ์ที่มีอยู่ตามธรรมชาติบนผิวผลไม้หลุดออก มีผลเกิดการสูญเสียน้ำออกทางคิวติเคิลมากขึ้น การเคลือบผิวผลไม้ด้วยสารเคลือบผิวจึงสามารถทดแทนแวกซ์ธรรมชาติที่หลุดไประหว่างกระบวนการเก็บเกี่ยวและปิดรอยเปิดตามธรรมชาติรวมทั้งรอยแผลที่เกิดขึ้นหลังการเก็บเกี่ยวทำให้ลดการสูญเสียน้ำได้ มีการทดลองใช้สารเคลือบผิว Stafresh 360 ความเข้มข้นต่างๆกันเคลือบผิวมะนาวและเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ $10 \pm 2^{\circ}\text{C}$ พบว่าชุดที่ไม่มีสารเคลือบผิวมีการสูญเสียน้ำหนักอย่างรวดเร็วมากกว่า 20 เปอร์เซ็นต์ หลังจากเก็บรักษานาน 3 สัปดาห์ ขณะที่การใช้สารเคลือบผิวสามารถลดการสูญเสียน้ำหนักลงได้ โดยสารเคลือบผิวเข้มข้น 100 เปอร์เซ็นต์ จะลดการสูญเสียน้ำหนักได้ 50- 60 เปอร์เซ็นต์ สามารถยืดอายุการเก็บรักษาได้นานถึง 7-8 สัปดาห์ (อรธณพ, 2532) และเมื่อใช้สารเคลือบผิว Stafresh 360 ความเข้มข้น 50 , 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ เคลือบผิวมะนาวพันธุ์เป็นเปรียบเทียบกับผลที่ไม่ได้เคลือบผิว โดยเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิเฉลี่ย 14.1°C และความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 78.6 เปอร์เซ็นต์ พบว่ามะนาวที่ไม่เคลือบผิวมีอายุการเก็บรักษาน้อยกว่า 14 วัน ผลเปลี่ยนเป็นสีเหลืองหรือน้ำตาลทั้งผลและเหี่ยว ส่วนการเคลือบผิวทุกความเข้มข้นสามารถลดการสูญเสียน้ำหนัก ชะลอการเน่าของผล และเก็บรักษาได้นาน 21 วัน โดยผิวมะนาวมีสีเหลืองปนเขียว และผิวเหี่ยวเล็กน้อยซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ผู้บริโภคยอมรับได้ การใช้สารเคลือบผิว citrus shine ความเข้มข้น 60 และ 80 เปอร์เซ็นต์ เคลือบผิวผลส้มตราและเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส หลังจากเก็บรักษานาน 20 วัน น้ำหนักสดของผลส้มลดลง 11.7 และ 11.2 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ขณะที่การไม่เคลือบผิวส้ม น้ำหนักสดลดลง 17.9 เปอร์เซ็นต์ (สุภาพ, 2531)

การใช้สารเคลือบผิวที่มีผลต่อการแลกเปลี่ยนก๊าซของผลไม้หลังการเก็บเกี่ยว

การจำกัดการแลกเปลี่ยนก๊าซของสารเคลือบผิว Ben-Yehoshua *et al.*(1985) พบว่าการเคลือบผิวส้ม Valencia สามารถจำกัดการผ่านเข้าออกของก๊าซ CO₂ และ O₂ และเอทิลีนได้ถึง 140 , 250 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และลดการสูญเสียน้ำได้ 25 เปอร์เซ็นต์ โดยไปปิดปากใบ และรอยแตกตามธรรมชาติที่ผิวทำให้จำกัดการซึมผ่านของก๊าซได้ แต่ไม่มีผลต่อการระเหยของไอน้ำมากนัก การเคลือบผิวผล grapefruit พันธุ์ Marsh และผลส้ม Valencia ทำให้ระดับ ก๊าซ CO₂ ภายในผลเพิ่มสูงขึ้นและการสูญเสียน้ำหนักลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับผลที่ไม่เคลือบผิวซึ่งเป็นผลมาจากสารเคลือบผิวไปจำกัดการซึมผ่านของก๊าซ CO₂ และไอน้ำ โดยไปปิดรูเปิดตามธรรมชาติในชั้น epidermis นั้นเอง (Hagenmaier and Baker, 1993) การเคลือบผิวส้ม Shamouti และส้ม Valencia ในระหว่างการเก็บรักษาทำให้การหายใจลดลง ขณะเดียวกันระดับ CO₂ ภายในสูงขึ้น ซึ่งการที่สารเคลือบผิวสามารถจำกัดการแลกเปลี่ยนก๊าซทำให้ภายในผลมีก๊าซ O₂ ต่ำและ CO₂ สูง จึงสามารถยับยั้งการทำงานของเอทิลีน โดย CO₂ จะแย่งที่เอทิลีนเพื่อจับกับตัวรับแทน

นอกจากนี้ความสามารถในการป้องกันการสูญเสียน้ำของสารเคลือบผิวส่งผลไม่ให้เกิดการสร้าง เอทิลีนอื่นเนื่องจากความเครียดซึ่งเกิดจากการสูญเสียน้ำด้วย (Paul, 1992 ;Wood, 1990) การเลือกใช้ชนิดและความเข้มข้นของสารเคลือบผิวได้เหมาะสมกับผลไม้แต่ละชนิดก็เป็นสิ่งสำคัญ ทั้งนี้เพราะคุณสมบัติของสารเคลือบผิวแต่ละชนิดไม่เหมือนกัน มีคุณสมบัติในการป้องกันการสูญเสียน้ำและควบคุมการผ่านเข้าออกของก๊าซได้ไม่เท่ากัน เช่น การใช้สารเคลือบผิวที่มีความเข้มข้นต่ำหรือเคลือบผิวบางเกินไปจะลดการคายน้ำ และจำกัดการแลกเปลี่ยนก๊าซได้น้อย ส่วนความเข้มข้นสูง หรือเคลือบหนามากเกินไป นอกจากจะสิ้นเปลืองสารแล้ว ยังจำกัดการแลกเปลี่ยนก๊าซมากเกินไป อาจจะทำให้เนื้อเยื่อขาด O₂ และเกิดการหายใจแบบไม่ใช้ O₂ มีผลให้เกิดกลิ่นและรสชาติผิดปกติขึ้นกับเนื้อผล (Arthey, 1975) นอกจากนี้อาจจะทำให้ผลไม้เกิดอาการไม่สุกได้ (จริงแท้, 2538)

การใช้สารเคลือบผิวเพื่อชะลอการเปลี่ยนแปลงคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของผลไม้

การใช้สารเคลือบผิวควรเลือกให้เหมาะสมกับผลไม้แต่ละชนิด เพราะมีผลต่อคุณภาพภายในของผลไม้ เช่น สารเคลือบผิว Semperfresh มีคุณสมบัติในการป้องกันการสูญเสียน้ำและจำกัดการแลกเปลี่ยนก๊าซได้ดี แต่แห้งช้า มีองค์ประกอบทางเคมีเป็นพวก sucrose ester ของกรดไขมัน สามารถใช้เคลือบผิวทุเรียนและชะลอการเสื่อมสภาพได้ (สิริพันธ์, 2531) แต่ใช้ไม่ได้กับผลส้มเขียวหวานเพราะผิวส้มเป็นมันจึงมีการเกาะติด Semperfresh ได้น้อย (สุภาวดี, 2531) Davis and Hofmann (1973) พบว่าส้มที่เคลือบผิวด้วย commercial solvent-type wax มีการสูญเสียน้ำหนักต่ำกว่า ผลที่เคลือบด้วย water wax หรือ polyethylene ขณะที่มักมีกลิ่นผิดปกติ และ

เอทานอล เกิดขึ้นเมื่อเคลือบผิวด้วย water wax และ commercial solvent-type wax แต่ไม่พบในผลที่เคลือบด้วย polyethylene ธารธร(2528) พบว่า เมื่อเคลือบผลมะนาวด้วย TAL Pro-long ความเข้มข้น 1.2 เปอร์เซ็นต์ และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10°C . สามารถชะลอการสูญเสียน้ำหนักและป้องกันการเหี่ยวของผลได้ แต่จะเกิดกลิ่นและรสชาติผิดปกติเมื่อเก็บรักษาไว้นาน 4 สัปดาห์ คุณสมบัติของสารเคลือบผิวที่เหมาะสมสำหรับผลไม้ตระกูลส้ม ควรมีความมันเงา จำกัดการสูญเสีย น้ำเพื่อลดการเหี่ยวของผล และยอมให้ก๊าซผ่านได้อย่างเพียงพอเพื่อป้องกันการเกิดกลิ่นผิดปกติ Hagenmaier and Shaw (1992) กล่าวว่าสารเคลือบผิวที่เหมาะสมสำหรับผลไม้ตระกูลส้มควรจะยอมให้ก๊าซผ่านได้พอสมควรและจำกัดการระเหยของไอน้ำเพื่อลดการคายน้ำ และไม่เป็นการกีดขวางกระบวนการหายใจเนื่องจากผลส้มมีอัตราการหายใจและการผลิตเอทิลีนต่ำ การจำกัดการซึมผ่านของก๊าซไม่สามารถชะลอการเสื่อมคุณภาพของผลส้มได้มากนัก (Ben-Yehoshua, 1987) แต่อาจทำให้เกิดการหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจน ทำให้เกิดกลิ่น และรสชาติผิดปกติได้ การทดลองของ Cohen (1990 b.) พบว่าการเคลือบผิวผลส้ม Murcott tangerine แม้ว่าจะลดการสูญเสีย น้ำหนักได้แต่ทำให้ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์และเอทานอล ภายในสูงขึ้นเป็นผลให้เกิดกลิ่นผิดปกติ ตามมา ปรีดา (2536) ได้ศึกษาคุณสมบัติของสารเคลือบผิวที่เหมาะสมสำหรับส้มเขียวหวานที่เตรียมจาก carnauba ความเข้มข้น 0-15 เปอร์เซ็นต์ และshellac ความเข้มข้น 0-20 เปอร์เซ็นต์ พบว่าสารเคลือบผิวที่เตรียมจาก carnauba สามารถป้องกันการสูญเสียน้ำหนักได้ 60 เปอร์เซ็นต์ และไม่จำกัดการแลกเปลี่ยนก๊าซทำให้ก๊าซในผลไม่ต่างจากปกติ สำหรับสารเคลือบผิวที่เตรียมจาก shellac สามารถป้องกันการสูญเสียน้ำหนักได้เพียง 20 เปอร์เซ็นต์ และจำกัดการแลกเปลี่ยนก๊าซ นอกจากนี้พบว่าสารเคลือบผิวทั้งสองไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพภายใน การเลือกใช้ชนิดและความเข้มข้นของสารเคลือบผิวได้เหมาะสมกับผลไม้แต่ละชนิดก็เป็นสิ่งสำคัญ ทั้งนี้เพราะคุณสมบัติของสารเคลือบผิวแต่ละชนิดไม่เหมือนกัน มีคุณสมบัติในการป้องกันการสูญเสียน้ำและควบคุมการผ่านเข้าออกของก๊าซได้ไม่เท่ากัน เช่น การใช้สารเคลือบผิวที่มีความเข้มข้นต่ำหรือเคลือบหนามากเกินไปจะลดการคายน้ำ และจำกัดการแลกเปลี่ยนก๊าซได้น้อย ส่วนความเข้มข้นสูง หรือเคลือบหนามากเกินไป นอกจากจะสิ้นเปลืองสารแล้ว ยังจำกัดการแลกเปลี่ยนก๊าซมากเกินไป อาจจะทำให้เนื้อเยื่อขาด O₂ และเกิดการหายใจแบบไม่ใช้ O₂ มีผลให้เกิดกลิ่นและรสชาติผิดปกติขึ้นกับเนื้อผล (Arthey, 1975) นอกจากนี้ อาจจะทำให้ผลไม้เกิดอาการไม่สุกได้ (จริงแท้, 2538)

การผลิตไคติน-ไคโตซาน (รัตนา, 2544)

โครงสร้างทางเคมีของไคตินและไคโตซาน (รัตนา, 2544)

ไคติน (chitin) เป็นพอลิเมอร์ธรรมชาติ (natural polymer) ที่ประกอบด้วยโครงสร้างทางเคมีคือ poly (α -(1-4)-2-acetamido-D-glucose) เป็นส่วนใหญ่ ไคโตซาน (chitosan) เป็นอนุพันธ์ (derivative) ชนิดหนึ่งของไคตินที่ได้จากการทำปฏิกิริยาคีโอะซิทีเลชัน (deacetylation) ของไคตินในสารละลายต่างเข้มข้น ไคโตซานประกอบด้วยโครงสร้างทางเคมีส่วนใหญ่ คือ poly (β -(1-4)-2-amino-D-glucose) ไคตินและไคโตซานมีโครงสร้างทางเคมีคล้ายคลึงกับเซลลูโลส โดยแตกต่างกันที่หมู่แทนที่ที่คาร์บอนอะตอมตำแหน่งที่สองในวงแหวนไพราโนส (pyranose ring) ซึ่งเป็นหน่วยย่อยของเซลลูโลส ไคตินและไคโตซาน โดยหมู่แทนที่ตำแหน่งนี้ของโมเลกุลจะเป็นหมู่ไฮดรอกซิล (hydroxyl group) แต่ของไคตินเป็นหมู่ อะซิทามาไมด์ (acetamide group) ส่วนของไคโตซานเป็นหมู่ อะมิโน (amino group)

ไคตินและไคโตซานเป็นโคพอลิเมอร์ (copolymer) ที่ประกอบด้วย โมโนเมอร์ (monomer) 2 ชนิด คือ N-acetyl-D-glucosamine และ D-glucosamine

N-acetyl-D-glucosamine มีหมู่ อะซิทามาไมด์ เป็นหมู่แทนที่ที่คาร์บอนตำแหน่งที่สองในวงแหวนไพราโนส ส่วน glucosamine มีหมู่ อะมิโน เป็นหมู่แทนที่ที่คาร์บอนตำแหน่งที่สองในวงแหวนไพราโนส ในกรณีที่พอลิเมอร์ ประกอบด้วย N-acetyl-D-glucosamine มากกว่า glucosamine ($m > n$) จะเรียกพอลิเมอร์นั้นว่า ไคติน แต่ถ้าในกรณีที่พอลิเมอร์ ประกอบด้วย N-acetyl-D-glucosamine น้อยกว่า glucosamine ($m < n$) จะเรียกพอลิเมอร์นั้นว่า ไคโตซาน การเตรียมไคโตซานจากไคตินจะทำได้ โดยการทำให้ปฏิกิริยาคีโอะซิทีเลชัน ซึ่งจะเปลี่ยนหมู่แทนที่ที่คาร์บอนตำแหน่งที่สองในวงแหวนไพราโนสจากหมู่ อะซิทามาไมด์ เป็นหมู่ อะมิโน

จากลักษณะโครงสร้างที่เป็นโคพอลิเมอร์ของไคตินและไคโตซาน จึงทำให้มีการกำหนดค่าดัชนีที่จะใช้บอกระดับของการเกิดคีโอะซิทีเลชัน โดยเรียกค่าดัชนีนี้ว่า ค่าระดับของการเกิดคีโอะซิทีเลชัน (degree of deacetylation) ซึ่งค่านี้จะบอกถึงสัดส่วนของจำนวน D-glucosamine ที่มีอยู่สายพอลิเมอร์ของไคตินและไคโตซาน

วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตไคติน (รัตนา, 2544)

ไคตินเป็นสารประเภทโพลีแซคคาไรด์ (polysaccharide) ที่มีมากในธรรมชาติเป็นอันดับสองรองจากเซลลูโลส (cellulose) โดยเป็นสารที่พบเป็นองค์ประกอบในเปลือกของสัตว์มีกระดอง (crustaceous shell) ประเภทกุ้ง ปู หอย ปลาหมึก และสัตว์อื่นๆ ที่มีเปลือกแข็งหุ้มตัวรวมทั้งพบเป็นองค์ประกอบของผนังเซลล์ในเชื้อราบางชนิด

วัตถุดิบที่เป็นแหล่งสำคัญที่ใช้ในการผลิตโคติน ได้แก่ เปลือกกุ้งและเปลือกปูที่เป็นของเสียจากอุตสาหกรรมอาหารทะเลแช่แข็ง

การเตรียมโคติน (รัตน, 2544)

ในเปลือกของสัตว์ทะเล ประเภทกุ้งและปู มีส่วนประกอบที่สำคัญ คือ โปรตีน (30-40 เปอร์เซ็นต์) แคลเซียมคาร์บอเนต (30 – 50 เปอร์เซ็นต์) โคติน (20-30 เปอร์เซ็นต์) และสารอื่น ๆ ที่มีอยู่ในปริมาณเล็กน้อย เช่น สารรงควัตถุ (pigment) และไขมัน (lipid) เนื่องจากโคตินไม่สามารถละลายในตัวทำละลายที่ใช้กันทั่วไปได้ ดังนั้น การเตรียมโคตินจากเปลือกกุ้งและเปลือกปูจึงทำโดยการใช้ตัวทำละลายสกัดแยกส่วนประกอบอื่น ๆ ออกและได้ส่วนที่เหลือเป็นโคติน

การเตรียมโคตินจากเปลือกกุ้งหรือเปลือกปู สามารถแบ่งได้เป็น 3 ขั้นตอน คือ

1. ขั้นตอนการแยกโปรตีน (deproteinization)
2. ขั้นตอนการแยกแคลเซียมคาร์บอเนต (demineralization)
3. ขั้นตอนการแยกรงควัตถุ (decoloration)

ขั้นตอนการแยกโปรตีนและขั้นตอนการแยกแคลเซียมคาร์บอเนต อาจจะสลับลำดับก่อนหลังได้ โดยที่ถ้าต้องการที่จะนำโปรตีนที่สกัดแยกออกมาได้ไปใช้ประโยชน์ เช่น นำไปใช้เป็นอาหารสัตว์ ก็ควรจะทำขั้นตอนการแยกโปรตีนก่อนเพื่อให้ได้ปริมาณโปรตีนสูง เนื่องจากในขั้นตอนการแยกแคลเซียมคาร์บอเนตนั้นมักจะใช้สารละลายกรดในการสกัดแยก โดยกรดที่ใช้คือ สารละลายกรดไฮโดรคลอริก ซึ่งเป็นกรดที่สามารถย่อยสลายโปรตีนได้ ส่วนรงควัตถุและไขมันซึ่งมีอยู่ในปริมาณเล็กน้อยนั้น สามารถสกัดแยกโดยใช้ตัวทำละลายอินทรีย์ เช่น ใช้แอลกอฮอล์ในการสกัดแยกรงควัตถุ และใช้อีเธอร์ (ether) ในการสกัดแยกไขมัน

การเตรียมโคโตซาน (รัตน, 2544)

ในปี ค.ศ.1894 Hoppe-Seyler ได้ทำการทดลองโดยทำปฏิกิริยาระหว่างโคตินกับโปแตสเซียมไฮดรอกไซด์ที่เป็นของแข็งโดยทำการหลอมต่าง (alkali fusion) เพื่อให้ทำปฏิกิริยากับโคตินที่อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียสและเรียกสารที่ได้จากปฏิกิริยานี้ว่า “โคโตซาน”

สารตั้งต้นที่ใช้ในการเตรียมโคโตซาน คือ โคติน และปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในการเตรียมโคโตซานจากโคตินในสถานะที่เป็นด่างเข้มข้น คือ ปฏิกิริยาคีอะซิไทลชัน (deacetylation) ผลการจากการเกิดปฏิกิริยาคีอะซิไทลชันจะทำให้หมู่ อะซิทามาई (acetamide group) ที่คาร์บอนอะตอมตำแหน่งที่สองในวงแหวนไพราโนส (pyranose ring) ของโคตินถูกเปลี่ยนเป็นหมู่อะมิโน (amino group)

วิธีการที่ใช้ในการเตรียมโคโตซานจากโคตินมีหลายวิธีตามที่ปรากฏในเอกสารสิทธิบัตรและเอกสารทางวิชาการต่าง ๆ ซึ่งแต่ละวิธีจะแตกต่างกันในรายละเอียด อย่างไรก็ตามหลักการของ

การเตรียมไลโดซานจากไคติน คือ การเกิดปฏิกิริยาคีโอะซิทีลชันของไคตินในสภาวะที่เป็นด่างเข้มข้น และถ้าต้องการไลโดซานที่มีค่าระดับของการเกิด คีโอะซิทีลชันสูงๆ ก็ให้ทำปฏิกิริยาในสภาวะที่รุนแรง คือ เพิ่มความเข้มข้นหรือความแรงของด่างที่ใช้และใช้อุณหภูมิสูงในการทำปฏิกิริยาหรือการทำปฏิกิริยากับด่างซ้ำหลาย ๆ ครั้ง

ปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อการเตรียมไลโดซาน

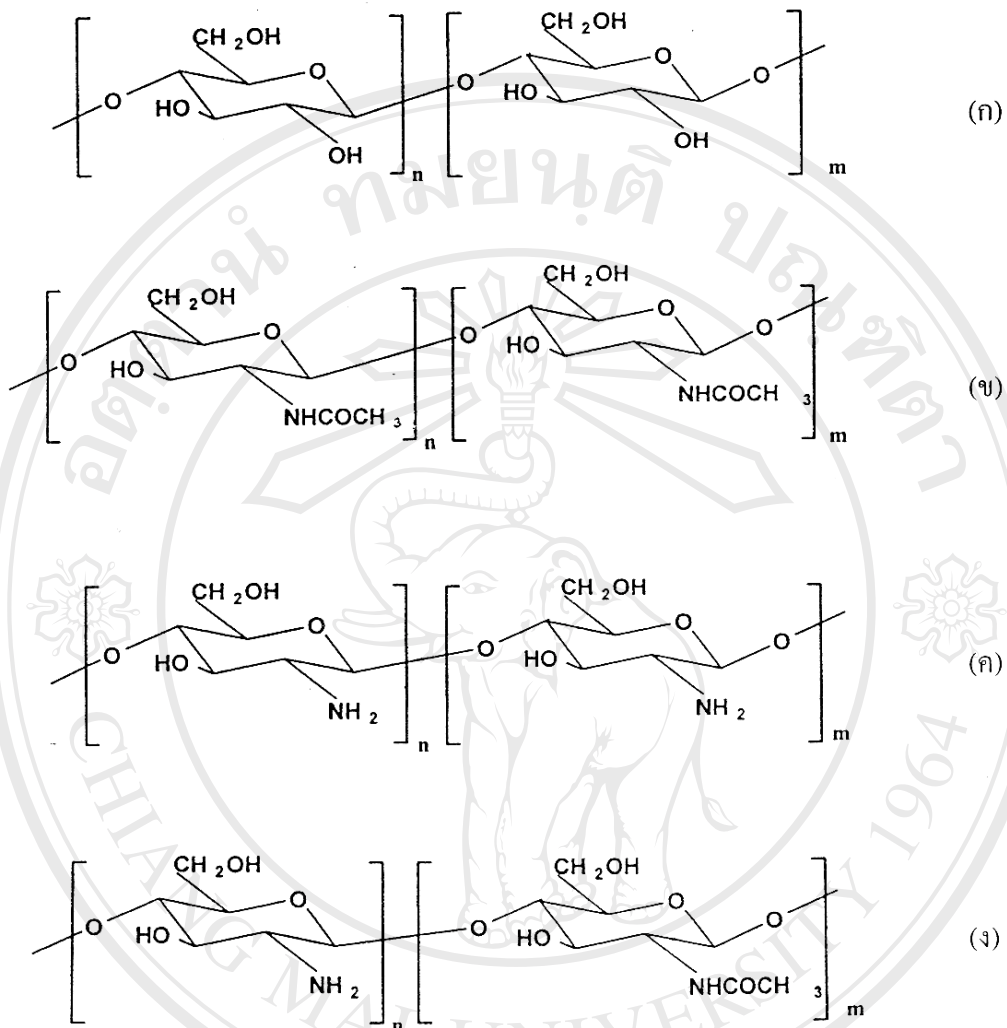
1. อุณหภูมิที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาคีโอะซิทีลชัน
2. ระยะเวลาในการทำปฏิกิริยาและความเข้มข้นของด่างที่ใช้
3. ภาวะที่ใช้ในเตรียมไคตินจะมีผลต่อคุณภาพของไลโดซานที่ได้
4. บรรยากาศของแก๊สที่ใช้ในระหว่างการปฏิกิริยาคีโอะซิทีลชัน
5. อัตราส่วนของไคตินและสารละลายด่าง
6. ขนาดอนุภาคของไคติน

สมบัติทางเคมีและกายภาพของไคติน-ไลโดซาน

สายโซ่ไคติน-ไลโดซาน (รัตน, 2544)

โครงสร้างทางเคมีของไคติน-ไลโดซานมีความคล้ายคลึงกับเซลลูโลส (รูปที่ 2.3 (ก)) คือ เป็นสายโซ่ของแซคคาไรด์แต่มีอะตอมของไนโตรเจนเข้าไปเติมแต่งอยู่ เมื่อหน่วยแซคคาไรด์นั้นมีอะตอมของไนโตรเจนอยู่ในรูปของอะเซตาไมด์ เราจะเรียกหน่วยนั้นว่า ไคติน ดังแสดงในรูปที่ 2.3 (ข) ในขณะที่เดียวกันหากหน่วยนั้น ๆ มีอะตอมของไนโตรเจนอยู่ในรูปของหมู่เอมิโน จะเรียกหน่วยนั้นว่า ไลโดซาน ดังแสดงในรูปที่ 2.3 (ค) เป็นที่น่าสังเกตว่าสายโซ่ที่มีหน่วยของไคตินและไลโดซานจะอยู่ในรูปที่ผสมกันอยู่สลับหน่วยปะปนกันไป เป็นโคพอลิเมอร์) ดังนั้น สารไคตินที่สกัดได้จากเปลือกกุ้งหรือเปลือกปู แม้ว่าจะมีหน่วยไคตินเป็นหลักอยู่ในสายโซ่ก็ตาม ก็จะมีหน่วยของไลโดซานปะปนอยู่จำนวนหนึ่ง (ประมาณ 5-10 เปอร์เซ็นต์) หรือแม้ว่าเราจะนำไคตินมาผ่านกระบวนการปรับโครงสร้างทางเคมี ด้วยการเปลี่ยนหมู่อะเซตาไมด์เป็นหมู่เอมิโน เราก็จะไม่สามารถได้สายโซ่ในรูปของไลโดซาน 100 เปอร์เซ็นต์ เหนือที่เป็นเข้าใจในกลุ่มนักวิจัย คือ ในกรณีที่สายโซ่มีหน่วยของไลโดซานเกินกว่า 70 – 75 เปอร์เซ็นต์ ขึ้นไป เราจะเรียกว่า ไลโดซาน

การระบุว่าสายโซ่นั้นมีปริมาณหน่วยไคตินเท่าไร หน่วยไลโดซานเท่าไร โดยทั่วไปจะอ้างถึงปริมาณ เปอร์เซ็นต์ของหมู่เอมิโน และเรียกว่า ระดับของการถอดหมู่อะเซทิล หรือ degree of deacetylation (%DD) ซึ่งนั่นก็คือ เปอร์เซ็นต์ของหน่วยไลโดซานนั่นเอง เช่นว่า %DD 80 หมายถึง สายโซ่ไคติน-ไลโดซานนี้มีหน่วยที่เป็นไลโดซานเป็นสัดส่วน 80 ในทั้งหมด



รูปที่ 2.3 โครงสร้างเซลล์ูโลส (ก) ไคติน (ข) ไคโตซาน(ค) และไคติน-ไคโตซาน
โคพอลิเมอร์ (ง) (ศุวบุญ และคณะ, 2544)

โครงสร้างที่แข็งแรงของไคติน-ไคโตซาน

โครงสร้างทางเคมีของโคพอลิเมอร์มีหมู่อะมิโน (NH_2) และหมู่ไฮดรอกซิล (OH) ที่ทำให้เกิดพันธะไฮโดรเจนระหว่างภายในสายโซ่ ที่เรียกว่า intramolecular hydrogen bonding และระหว่างสายโซ่ ที่เรียกว่า intermolecular hydrogen bonding

พันธะไฮโดรเจนยังทำให้การเรียงตัวของสายโซ่แต่ละสายเป็นไปอย่างจำกัดโดยปริยาย ทิศทางของสายโซ่ที่เรียงตัวกันนี้จำแนกได้เป็น 3 ประเภท คือการเรียงตัวของสายโซ่เป็นการเรียงแบบทิศทางเดียวกัน เบตา-ไคติน (β -chitin) แบบทิศทางเดียวกันและสวนทิศทางสลับกันไป

แอลฟา-ไคติน (α -chitin) และแบบสวนทิศทางตลอดสายโซ่ หรือ แกมมา-ไคติน (γ -chitin) โครงสร้างแอลฟา เป็นโครงสร้างที่มีความสมบูรณ์ในด้านพันธะไฮโดรเจน คือ มีทั้งแบบภายในและระหว่างสายโซ่อย่างเป็นระเบียบ ไคติน-โคโตซานที่มีโครงสร้างประเภทนี้ จะมีความเสถียรสูง ซึ่งได้แก่ เปลือกกุ้ง ปู และเชื้อราบางชนิด สำหรับเบตาและแกมมา จะพบในแกนปลาหมึก แมลง

กรณีของโคโตซานตัวทำละลายที่รู้จักกันดีคือ กรดมด และ กรดอะซิติก ทั้งนี้ เนื่องจากกรดดังกล่าวสามารถแตกตัวทำให้หมู่อะมิโนเป็นไอออนบวก และสามารถสร้างพันธะไอออนกับไอออนลบที่แตกตัวอยู่ในกรด นอกจากนี้ กรดทั้งสองประเภทยังไม่ทำลายโครงสร้างของโคโตซานหาง่าย ราคาถูก จึงเป็นตัวทำละลายที่ใช้อย่างแพร่หลาย และเหมาะสำหรับการเตรียมโคโตซานเป็นชิ้นงานอื่น ๆ โดยกระบวนการปรับโครงสร้างทางกายภาพ เช่น จากสารละลายโคโตซาน สามารถขึ้นรูปเป็นเจล หรือ บีดส์ หรือเมมเบรนได้ กรดอินทรีย์บางชนิด เช่น กรดไนตริก กรดไฮโดรคลอริก กรดเปอร์คลอริก และกรดฟอสฟอริก สามารถละลายโคโตซานได้เช่นกัน แต่ภายใต้อุณหภูมิสูงปานกลาง อย่างไรก็ตามในบางครั้งอาจตะกอนขาวคล้ายเจลเกิดขึ้นเนื่องจากการละลายที่ไม่สมบูรณ์นัก

สารเคลือบผิวจากโคโตซานที่ใช้ในการชะลอการเปลี่ยนแปลงคุณภาพภายหลังการเก็บเกี่ยวของผลไม้

โคโตซาน ซึ่งเป็นอนุพันธ์ของไคติน ที่เกิดจากการแยกหมู่อะซิติกออกจากไคตินธรรมชาติของเปลือกสัตว์พวกคริสเตเซียน เช่น เปลือกกุ้ง กระจงปู ไคโตซานเป็นสารที่มีโครงสร้างที่มีพีเอช (pH) น้อยกว่า 5.5 ทั้งยังสามารถควบคุมการผ่านเข้า-ออกของออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์จึงมีผลต่อกระบวนการเมแทบอลิซึมของผลไม้ (Coleman and Manson, 1988) นอกจากนี้ยังพบว่าโคโตซานมีคุณสมบัติเป็นสารกันเชื้อราได้อีกด้วย

สารเคลือบผิวจากโคโตซาน เป็นสารเคลือบผิวที่บริโภคได้ที่น่าสนใจอีกตัวหนึ่ง ที่มีการศึกษาในการนำมาเคลือบผิวผักและผลไม้ เพื่อยืดอายุการเก็บรักษาให้ยาวนานขึ้น เช่น สามารถยืดอายุการเก็บรักษาผลสตรอเบอรี่สดที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส (ไพรัตน์และคณะ, 2534) และที่อุณหภูมิสูง (El-Ghaouth *et al.*, 1991)

นอกจากนี้ยังได้มีการนำโคโตซานมาเคลือบผิวมะเขือเทศ โดยใช้สารละลายโคโตซานที่มีความเข้มข้น 1 และ 2 เปอร์เซ็นต์ พบว่าที่อุณหภูมิในการเก็บรักษา 20 องศาเซลเซียส สามารถลดอัตราการหายใจและการสังเคราะห์เอทิลินได้ และยังชะลอการเปลี่ยนสีผิวของมะเขือเทศให้ช้าลงได้ (Ahmed *et al.*, 1992) และยังมีการศึกษาการใช้โคโตซาน 1 และ 2 เปอร์เซ็นต์ เคลือบผิวลิ้นจี่พบว่า มีคุณสมบัติในการชะลอการเปลี่ยนแปลงปริมาณ แอนโทไซยานิน (anthocyanin) , ฟลาโวนอยด์ (flavonoid) และ โททอลฟีนอลิก (total phenolic) ในลิ้นจี่ได้ ทั้งยังชะลอการทำงานของ polyphenol oxidase (PPO) ลดการสูญเสียน้ำหนัก และยับยั้งการเพิ่มจำนวนของ

peroxidase (POD) ซึ่งทำให้เกิดสีน้ำตาลที่เปลือกถั่วลิสง เป็นการลดการเสื่อมสภาพของถั่วลิสงทำให้เก็บรักษาได้นานขึ้น

ไพร์ตันและคณะ (2536) ทดลองใช้ไคโตซานความเข้มข้น 1 , 1.25 และ 1.5 เปอร์เซ็นต์ เคลือบผิวมะนาว เพื่อยืดอายุการเก็บรักษา พบว่า อัตราการสูญเสียน้ำหนักของมะนาวลดลงภายใต้สภาวะการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องและอุณหภูมิต่ำ ทั้งยังชะลอการเปลี่ยนสีผิวเปลือกของมะนาวและสามารถยืดอายุการเก็บรักษามะนาวได้นานขึ้น

การศึกษาของ Du *et al.*(1997) พบว่าการเคลือบผิวด้วยไคโตซานที่ระดับความเข้มข้น 1-2 เปอร์เซ็นต์สามารถลดอัตราการหายใจของผลท้อ , ผลสตอรี่ และ ผลกีวี ยับยั้งการเจริญของ *Botrytis cinerea* และเชื้อราในผลสตอรี่ ชะลอการเสื่อมสภาพของผลไม้ทั้งสามชนิดและพบว่าตัวทำละลายที่เหมาะสมสำหรับไคโตซานในการนำมาเคลือบผิวผลไม้สด คือ กรดอะซิติก (acetic acid)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved