บทที่ 2

ตรวจเอกสาร

ส้มที่ปลูกกันอยู่ทั่วไปแบ่งออกเป็นกลุ่มต่างๆ ได้แก่ กลุ่มส้มติดเปลือก (*Citrus sinensis* Oskeck) หรือ Oranges เช่น ส้มตรา ส้มเกลี้ยง หรือพวก Navel Valencia ที่นิยมปลูกกันในเขตอื่นๆ ทั่วโลกเพื่อการรับประทานสดและอุตสาหกรรมน้ำส้ม กลุ่มส้มเปลือกล่อนหรือพวกเขียวหวานและส้มจุก (*Citrus reticulata* Blanco) เช่น ส้มเขียวหวานบางมด ส้มโชกุน ส้มนัมเบอร์วัน กลุ่มส้มโอ (*Citrus grandis* L.) และกลุ่มมะนาว (*Citrus aurantifolia* Swingle)

ส้มสายน้ำผึ้ง เดิมเรียกว่าส้มโชกุน ถิ่นเดิมอยู่ที่ประเทศจีน เนื่องจากมีคนไทยเชื้อสายจีนนำส้มโชกุนมาจากเมืองซัวเถามาปลูกที่จังหวัดยะลา และต่อมาการปลูกส้มพันธุ์นี้สร้างรายได้และชื่อเสียงให้แก่จังหวัดยะลามานาน ดังนั้นทางจังหวัดจึงจัดให้มีการประกวดการตั้งชื่อใหม่ให้แก่ส้มพันธุ์นี้ และได้ชื่อว่า “เพชรยะลา” แต่ชื่อไม่เป็นที่นิยมเท่าชื่อเดิม จากนั้นได้มีการนำส้มจากจังหวัดยะลาไปปลูกที่จังหวัดเชียงใหม่ เช่น พื้นที่อำเภอฝาง ซึ่งผลผลิตที่ได้แตกต่างไปจากจังหวัดยะลา ผิวของผลสวย มีสีเหลืองนวล เนื่องจากช่วงที่ผลแก่มีอากาศหนาวเย็น จากนั้นจึงมีการปลูกส้มพันธุ์นี้ในจังหวัดเชียงใหม่มากขึ้นและนิยมเรียกส้มพันธุ์นี้ว่า “สายน้ำผึ้ง” (พานิชย์, 2542)

ส้มสายน้ำผึ้ง (*Citrus reticulata* Blanco) มีชื่อสามัญว่า mandarin หรือ tangerine อยู่ในตระกูล Rutaceae จัดเป็นไม้ผลเขตกึ่งร้อน (Subtropical fruit) เป็นพันธุ์ส้มในกลุ่มส้มเขียวหวาน มีการเจริญเติบโตใกล้เคียงกับส้มเขียวหวาน และยังมีลักษณะทรงต้น ขนาดต้นและขนาดของใบใกล้เคียงกันอีกด้วยแต่ส่วนที่แตกต่างไปจากส้มเขียวหวานก็คือ ทรงพุ่มของส้มสายน้ำผึ้งจะค่อนข้างหนาแน่นกว่าและมีลักษณะของกิ่งและใบตั้งขึ้น (erect form) ในขณะที่ส้มเขียวหวานจะมีลักษณะของกิ่งและใบห้อยลง (weeping form and willow form) (เปรมปรี, 2544)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ส่วนประกอบของผลส้ม

ผลส้มแบ่งตามลักษณะสัณฐานวิทยา สามารถแบ่งได้เป็น 2 ส่วนใหญ่ๆ (Spiegel-Roy and Goldschmidt, 1996) (ภาพ 1)

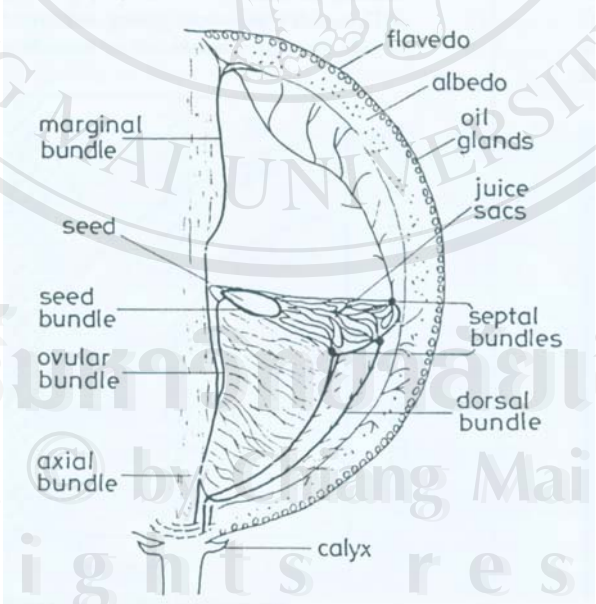
1. ส่วนเปลือก (pericarp) ซึ่งแบ่งออกเป็น เปลือกชั้นนอก (epicarp หรือ flavedo) และเปลือกชั้นใน (mesocarp หรือ albedo)

1.1 เปลือกชั้นนอก (epicarp หรือ flavedo) ประกอบด้วย epidermis ที่ถูกล้อมรอบด้วย cuticle และมี parenchyma cell เกาะติดอยู่ นอกจากนั้นยังมี multicellular ที่เป็นต่อมน้ำมันซึ่งภายในจะมี essential oil ในระยะเริ่มแรกของการพัฒนาของผลส้ม ส่วนของ flavedo จะมีสีเขียวเข้ม และ

เนื้อเยื่อจะสามารถสังเคราะห์แสงได้ มี Stomata ประมาณ 20-40 stoma/mm^2 และเมื่อผลส้มอยู่ในระยะสุกแก่ (mature) คลอโรฟิลล์ก็จะค่อย ๆ หายไป และส่วนของคลอโรพลาสต์จะเปลี่ยนไปเป็น carotenoid-rich chromoplasts ชั้นของ flavedo ที่ลึกลงไปจะผสานกับชั้น albedo ซึ่งมีสีขาว พรุนคล้ายฟองน้ำ

1.2 เปลือกชั้นใน (mesocarp หรือ albedo) ชั้นนี้ประกอบด้วย lobed cell และ intercellular spaces ที่มีขนาดใหญ่ และมี vascular elements ส่วนของ albedo จะมี 60 - 90% ของปริมาตรผลต่อมาเมื่อส่วนที่รับประทานได้เริ่มเด่นชัดขึ้นส่วนของ albedo จะค่อยๆ หายไปและอาจไม่พบในที่สุด เหลือไว้เพียงแต่ส่วนของ vascular elements ที่สานกันเป็นร่างแหเชื่อมระหว่าง flavedo และ ส่วนที่รับประทานได้ (pulp)

2. ส่วนที่รับประทานได้ (edible portion) หรือเรียกว่า pulp ซึ่งประกอบไปด้วย กลีบส้ม (segments และ locules) ซึ่งมีผนังกลีบส้ม(locular membrane) หุ้มอยู่ ภายในกลีบส้มเต็มไปด้วยถุงน้ำส้ม (juice sacs) หรือบางครั้งเรียกว่า juice vesicles การพัฒนาของถุงน้ำส้มเริ่มแรกจะมีลักษณะคล้ายโดมโผล่ออกมาจากผนังกลีบส้ม ยื่นเข้าไปใน locules พอถึงระยะสุกแก่จะยาวขึ้นและรูปร่างคล้ายแกนเครื่องปั่นฝ้ายหรือกระสวย ภายในกลีบส้มแต่ละกลีบประกอบด้วยเมล็ดและเต็มไปด้วยถุงน้ำส้มจำนวนมากที่เชื่อมต่อกับผนังกลีบส้ม



ภาพ 1 ส่วนประกอบของผลส้ม

ที่มา : Spiegel-Roy and Goldschmidt, 1996

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

การเก็บเกี่ยวผลส้ม

ผลิตผลทางการเกษตรจะมีคุณภาพดีและเก็บรักษาได้นาน ถ้าเก็บเกี่ยวในระยะความแก่อ่อนที่เหมาะสม (ดนัยและนิธิยา, 2535) ส้มเป็นผลไม้ประเภท non-climacteric คือตลอดเวลาของการเจริญเติบโตจนกระทั่งผลแก่ไม่มีการสร้างเอทธิลีนเพิ่มขึ้น ผลส้มชนิดต่างๆ เป็น 'tree-ripened' คือ ผลส้มจะต้องอยู่บนต้นจนกระทั่งถึงระยะเวลาที่ผลส้มมีส่วนประกอบ หรือคุณภาพที่เหมาะสมสำหรับบริโภคก่อนที่จะเก็บเกี่ยวจะไม่มีการเพิ่มคุณภาพโดยเฉพาะความหวานหลังจากการเก็บเกี่ยวเหมือนกับผลไม้ประเภท climacteric (สายชล, 2528) ดังนั้นควรให้ผลส้มสุกก่อนที่จะเก็บเกี่ยว ส้มเขียวหวานเริ่มเก็บเกี่ยวได้เมื่อมีอายุประมาณ 9.5-10.5 เดือนหลังจากดอกบาน (จริงแท้, 2542) ส้มบางพันธุ์สามารถใช้อัตราส่วนระหว่างปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้กับปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (TSS / TA ratio) เป็นดัชนีการเก็บเกี่ยว (Spiegel-Roy and Goldschmidt, 1996)

การเปลี่ยนแปลงหลังการเก็บเกี่ยวของผลส้ม

ผักและผลไม้เป็นสิ่งที่ยังมีชีวิต กระบวนการต่างๆ มีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลาทั้งทางสรีระและชีวเคมี และส่วนมากมีการเปลี่ยนแปลงไปในทางที่ทำให้คุณภาพลดลง สำหรับผลส้มหลังการเก็บเกี่ยวทั้งคุณภาพทางกายภาพและส่วนประกอบทางเคมีจะไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก (กฤษฎา, 2545) การเปลี่ยนแปลงของผลส้มทั้งคุณภาพและองค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ การเปลี่ยนแปลงของสีเปลือก การสูญเสียน้ำ การผลิตเอทิลีน การหายใจ และการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางเคมีต่างๆ ดังนี้

1. สีเปลือกนอก

ภายหลังการเก็บเกี่ยวผลิตผลต่างๆ มักมีการเปลี่ยนสีเกิดขึ้น โดยเฉพาะสีเขียวจะหายไป และมักปรากฏสีเหลืองหรือสีแดงขึ้นแทน สีต่างๆ ของผลิตผลที่เห็นเกิดจากรงควัตถุ (pigment) สีต่างๆ (จริงแท้, 2544) ในผลไม้หลายชนิดการเปลี่ยนแปลงของสีผิวบ่งบอกถึงความสุกแก่ทางสรีระ เช่น มะเขือเทศ แต่สำหรับการเปลี่ยนแปลงของเปลือกส้มไม่สามารถใช้บอกถึงระยะการสุกแก่ได้ (Wills, 1998) การเปลี่ยนสีของเปลือกส้มขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของสภาพแวดล้อม กล่าวคือผลส้มที่ปลูกในสภาพอากาศร้อนเปลือกส้มจะมีสีเขียว แต่ในทางกลับกันส้มที่ปลูกในสภาพอากาศที่หนาวเย็นจะมีสีเหลืองสวยงามซึ่งผู้บริโภคส่วนใหญ่นิยมบริโภค ดังนั้นจึงมีการนิยมเร่งสลายสีเขียว (degreening) การเร่งสลายสีเขียวจะใช้แก๊สเอทธิลีน ในสภาวะที่มีอุณหภูมิและความชื้นที่เหมาะสม ซึ่งทั้งอุณหภูมิ ความชื้น และความเข้มข้นของแก๊สเอทธิลีนที่ใช้จะแปรผันตามชนิดของผลไม้ เช่น ในการเร่งสลายสีเขียวของผลส้มฟลอริดาจะกระทำที่อุณหภูมิ 27-29 องศาเซลเซียส ความชื้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

สัมพัทธ์ 90-95 เปอร์เซ็นต์ และความเข้มข้นเอทธิลีนประมาณ 1-5 ppm โดยใช้ห้องที่มีการหมุนเวียนอากาศเพื่อที่จะทำให้มีแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์สะสมอยู่น้อยที่สุด (ดนัยและนิธิยา, 2535)

2. การสูญเสียน้ำ

การสูญเสียน้ำหลังการเก็บเกี่ยวเป็นสาเหตุสำคัญอย่างหนึ่งของความเสียหายที่เกิดขึ้นขณะที่มีการเก็บรักษา การสูญเสียน้ำไม่เพียงแต่ทำให้สูญเสียน้ำหนักซื้อขาย แต่ยังทำให้ลักษณะที่ดึงดูดใจผู้ซื้อลดน้อยลงไปด้วย การสูญเสียน้ำของผลไม้หลังการเก็บเกี่ยวขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการได้แก่ โครงสร้างของพืช สารเคลือบผิว รอยบาดแผล อุณหภูมิ ความชื้น การเคลื่อนที่ของอากาศ นอกจากนี้อัตราของพื้นที่ผิวต่อปริมาตรยังมีผลต่อการสูญเสียน้ำอีกด้วย กล่าวคือการสูญเสียน้ำในผลส้มที่มีขนาดเล็กมากกว่าผลที่มีขนาดใหญ่

3. การผลิตเอทธิลีนและการหายใจ

ผลส้มชนิดต่างๆ เป็นผลไม้ประเภท non-climacteric คือไม่มีการสร้างเอทธิลีนเพิ่มขึ้นเมื่อผลไม้สุก สำหรับผลส้มสร้างเอทธิลีนเล็กน้อย ประมาณ 0.02-0.06 μl/kg/hr ตลอดระยะเวลาของการเจริญเติบโตจนกระทั่งผลแก่ เนื่องจากผลส้มมีการเปลี่ยนแปลงอย่างช้าๆ ดังนั้นควรปล่อยผลส้มให้อยู่บนต้นช่วงระยะเวลาหนึ่งหลังจากถึงระยะเวลาแก่หรือสุก สำหรับอัตราการหายใจเป็นการเร่งการเสื่อมสภาพจึงมีผลต่ออายุการเก็บรักษา การหายใจของผลส้มจะค่อยๆ ลดลงเมื่อผลมีอายุมากขึ้นแต่อัตราการหายใจจะไม่เพิ่มขณะที่ผลไม้มีการสุก เช่นส้มพันธุ์ Valencia มีอัตราการหายใจ 13 ml CO_2/kg/h

4. การเปลี่ยนแปลงส่วนประกอบทางเคมี

ส่วนประกอบทางเคมีได้แก่ คาร์โบไฮเดรต โปรตีน กรดอินทรีย์ และวิตามิน ซึ่งมีผลต่อรสชาติของผลไม้ หลังการเก็บเกี่ยว การเปลี่ยนแปลงของคาร์โบไฮเดรตของผลส้มนั้น ความหวานหรือน้ำตาลได้มาจากการเคลื่อนย้ายจากใบเข้ามาสะสมในผลขณะที่มีการเจริญเติบโตไม่ได้เกิดขึ้นเนื่องจากการเปลี่ยนแป้งไปเป็นน้ำตาลเหมือนกับผลไม้ประเภท climacteric ผลส้มหลังการเก็บเกี่ยวไม่สามารถเก็บมาบ่มให้หวานได้ ดังนั้นเวลาเก็บเกี่ยวจะต้องให้ผลแก่มากที่สุดคุณภาพของการบริโภคจึงจะดี ส่วนโปรตีนไม่มีบทบาทสำคัญในการกำหนดคุณภาพหรือรสชาติของผลไม้แต่ว่าการเปลี่ยนแปลงของโปรตีนจะเป็นตัวชี้ถึงกระบวนการเปลี่ยนแปลงระหว่างการเจริญเติบโตและพัฒนาในระยะต่างๆ กรดอินทรีย์โดยทั่วไปแล้วปริมาณกรดในผลไม้จะเพิ่มขึ้นสูงสุดระหว่างการเจริญเติบโตและพัฒนาอยู่บนต้น ยกเว้นกล้วยและสับปะรด กรดอินทรีย์ที่พบมากในผลส้มคือ กรด citric และรองลงมาคือกรด malic ดังนั้นการเกิดรสชาติที่ดีสำหรับผลไม้ส่วนหนึ่งมาจากการลดความเป็นกรดพร้อมกับการเพิ่มปริมาณของน้ำตาล (สายชล, 2528; Mitra, 1997)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

วิตามินหลักๆ ที่สำคัญที่พบในผลไม้ตระกูลส้ม คือ วิตามินซี หรือกรดแอสคอร์บิก เป็นอนุพันธ์ของน้ำตาลเฮกโซส ละลายได้ดีในน้ำจึงดูดซึมเข้าสู่ร่างกาย และกระจายตัวไปตามเนื้อเยื่อต่างๆ ทั่วร่างกายได้ง่าย วิตามินซีสลายตัวได้ง่ายเมื่อถูกแสง อากาศ และความร้อน (กฤษฎา, 2545) สารประกอบในน้ำส้มภายหลังการเก็บเกี่ยวผลส้มแล้วจะมีการเปลี่ยนแปลงไปอย่างช้าๆ ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (titratable acidity : TA) จะค่อยๆ ลดลงเนื่องมาจากการลดลงของปริมาณกรด citric ในน้ำส้ม ขณะที่กรดลดลงปริมาณน้ำตาลจะเพิ่มขึ้น ซึ่งสามารถบอกได้ในรูปปริมาณของแข็งที่สามารถละลายน้ำได้ (total soluble solids : TSS) สำหรับอัตราส่วนระหว่างปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้กับปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (TSS/TA ratio) สามารถใช้เป็นดัชนีการเก็บเกี่ยวได้ (Spiegel-Roy and Goldschmidt, 1996)

โรคหลังการเก็บเกี่ยวของผลไม้ตระกูลส้ม

อาการของโรคหลังการเก็บเกี่ยวส่วนใหญ่เป็นอาการที่เกิดจากการเน่า โดยเชื้อสาเหตุสร้างเอนไซม์มาย่อยสลายเนื้อเยื่อทำลายส่วนที่เป็นเพคตินทำให้เซลล์แยกออกจากกัน เนื้อเยื่อจึงยุบตัวลง ทำให้นิ่มและเละ อาการอีกชนิดที่พบคือ อาการที่เซลล์หรือเนื้อเยื่อถูกทำลายให้ตายไป แล้วมีการสะสมสารประกอบฟีนอลทำให้แผลเกิดเป็นสีน้ำตาลซึ่งอาจแห้งหรือชื้นก็ได้ สำหรับโรคหลังการเก็บเกี่ยวของผลส้มได้แก่ โรคเน่าราสีเขียว โรคเน่าราสีน้ำเงิน โรคเน่าสีน้ำตาล โรคที่เกิดจากเชื้อรา *Rhizopus* โรคเน่าที่เกิดจากเชื้อรา *Alternaria* โรคแอนแทรคโนส โรคเน่าที่เกิดจากเชื้อรา *Fusarium* และ โรคขั้วผลเน่า (ดนัย, 2543)

Snowdon (1990) รายงานเกี่ยวกับโรคหลังการเก็บเกี่ยวของผลส้มว่า โรคเน่าราสีเขียว (green mould rot) และ โรคเน่าราสีน้ำเงิน (blue mould rot) เป็นโรคที่สำคัญและพบมากในระยะหลังการเก็บเกี่ยวของผลส้ม โรคเน่าที่เกิดจากเชื้อราทั้งสองชนิดสามารถเกิดขึ้นร่วมกันได้ แต่การเจริญเติบโตของโรคเน่าราสีน้ำเงินจะเจริญได้ช้ากว่าโรคเน่าราสีเขียว ดังนั้นจึงพบการแพร่กระจายของโรคเน่าราสีเขียวมากกว่าโรคเน่าราสีน้ำเงิน

โรคเน่าราสีเขียว เป็นโรคที่เกิดขึ้นหลังการเก็บเกี่ยว เชื้อสาเหตุคือ *Penicillium digitatum* เชื้อราจะเข้าทำลายผลที่มีแผลเท่านั้น เชื้อราแพร่กระจายมาจากผลที่เป็นโรคซึ่งตกหล่นอยู่ในโรงคัดบรรจุและในสวน การเข้าทำลายสามารถเกิดโดยเข้าทางแผลที่มีขนาดเล็กมาก เช่น ต่อมน้ำมันที่ผิวถูกทำลาย เป็นต้น เชื้อราเจริญได้ดีที่อุณหภูมิ 20-25 องศาเซลเซียส จะเจริญช้ามากที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส หรือเกินกว่า 30 องศาเซลเซียส (Beattie *et al*., 1989)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ลักษณะอาการและการแพร่ระบาดของโรคเน่าราสีเขียว โรคนี้สามารถแพร่ระบาดจากผลหนึ่งไปสู่อีกผลหนึ่งได้โดยการสัมผัสกันระหว่างผลที่ปกติกับผลที่เป็นโรค อาการจะเริ่มที่ผิวของผลโดยเกิดเป็นจุดฉ่ำน้ำที่เปลือก แผลจะขยายออกไปเป็นวงกว้าง เนื้อเยื่อจะนิ่ม เชื้อราจะสร้างเส้นใยสีขาวอยู่ที่ส่วนของเปลือก หลังจากนั้นจะสร้างกลุ่มของสปอร์สีเขียวมะกอกขึ้นตรงกลางแผลสปอร์จะฟุ้งกระจายได้ง่าย (ดนัย, 2543)

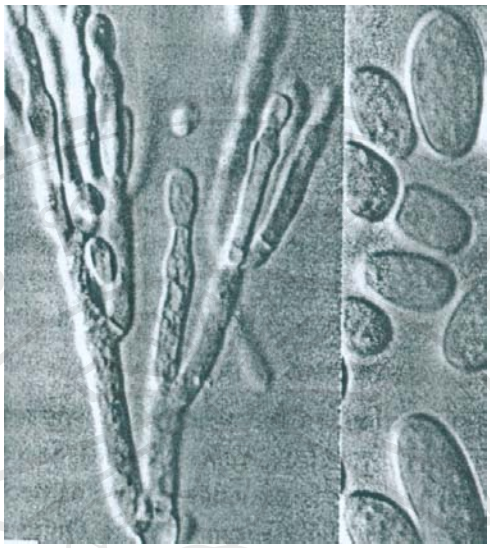
ลักษณะทั่วไปของเชื้อรา *P. digitatum* (ภาพ 2)

ลักษณะโคโลนีที่เลี้ยงบนอาหาร Czapek Yeast Extract Agar (YCA) มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 33-55 มิลลิเมตร โคโลนีแบน ผิวหน้าพบว่ามีลักษณะตั้งแต่เป็นกำมะหยี่จนถึงปุยฟู มีเส้นใย (mycelium) เป็นสีขาว มีการสร้างสปอร์ปานกลางถึงมาก สปอร์มีตั้งแต่สีเขียวอมเทาถึงสีเขียวมะกอก พื้นหลังของโคโลนีมีสีน้ำตาลอ่อนๆ หรือขาวขุ่น

ลักษณะโคโลนีที่เลี้ยงบนอาหาร Malt Extract Agar (MEA) มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางตั้งแต่ 35-70 มิลลิเมตร ลักษณะโคโลนีแบนและค่อนข้างบาง ผิวหน้ามีลักษณะคล้ายกำมะหยี่ การสร้างสปอร์ ปานกลาง สปอร์มีสีเขียวอมเหลืองพื้นหลังของโคโลนีมีสีน้ำตาลอ่อนๆ หรือขาวขุ่น

ก้านชูสปอร์ (conidiophore) ของ *P. digitatum* สร้างมาจากเส้นใย และมีก้านชูสปอร์ยาวประมาณ 70-150 ไมโครเมตร และมีขนาดเล็กผนังบางและเรียบ เมื่อโตเต็มที่จะแตกกิ่งก้าน 2-3 กิ่ง phialides มีลักษณะเป็นรูปขวดสปอร์มีลักษณะค่อนข้างรีจนถึงทรงกระบอก มีขนาด 6-8 ไมโครเมตร มีผนังเรียบและต่อกันเป็นโซ่ มีสีเขียวอมเหลืองถึงสีเขียวมะกอก บนอาหารเลี้ยงเชื้อทุกชนิด (Pitt and Hocking, 1997)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved



ก ข

ภาพ 2 ก : ลักษณะของเชื้อราสาเหตุ *Penicillium digitatum* ×750

ข : ลักษณะ conidia ของ *Penicillium digitatum* ×1875

ที่มา : Pitt, 1997

กรด

กรดเป็นวัตถุเจือปนในอาหาร ที่มีการใช้กันอย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรมอาหาร กรดที่เติมลงในอาหารนั้นนอกจากจะช่วยเพิ่มปริมาณกรดแล้วยังมีส่วนช่วยให้ผลิตภัณฑ์อาหารมีคุณภาพดีขึ้น เช่น กลิ่นรสดีขึ้น ลักษณะเนื้อสัมผัสดีขึ้น ช่วยเสริมฤทธิ์วัตถุกันเสียและวัตถุกันหืน ให้มีประสิทธิภาพดีขึ้น ช่วยเพิ่มสารอาหาร ช่วยให้สีของผลิตภัณฑ์อาหารคงตัว และการใช้กรดในผลิตภัณฑ์อาหาร กรดจะช่วยทำหน้าที่เป็นวัตถุกันเสียด้วย (Doores, 1983)

ประโยชน์ของการใช้กรดในอุตสาหกรรมอาหาร

1. การควบคุมความเป็นกรด-ด่าง

การควบคุมความเป็นกรด-ด่าง ในผลิตภัณฑ์อาหารให้เหมาะสม มีความสำคัญมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกรณีที่มีการใช้เบนโซเอต ซอร์เบตหรือโพรพิโอเนตเป็นวัตถุกันเสีย ซึ่งวัตถุกันเสียข้างต้นจะมีประสิทธิภาพดีในสภาพที่ไม่แตกตัวดังนั้นจึงต้องมีการควบคุมความเป็นกรด-ด่างของอาหารให้อยู่ในช่วง 3.0-5.0 เพื่อให้วัตถุกันเสียดังกล่าวอยู่ในรูปที่ไม่แตกตัว

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

2. เพิ่มความเป็นกรด

โดยทั่วไปการทำลายจุลินทรีย์ชนิดต่างๆ ในอาหารที่มีความเป็นกรดสูง จะทำได้ง่ายกว่า ดังนั้น การเพิ่มปริมาณกรดในอาหาร หรือการใช้กรดช่วยปรับความเป็นกรด-ด่างของอาหารให้ต่ำลงเป็นวิธีหนึ่งที่ช่วยลดเวลาที่ต้องใช้ในการทำลายเชื้อจุลินทรีย์ที่มีอยู่ในอาหารด้วยความร้อน ถ้าหากใช้อุณหภูมิในการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์สูงเกินไปนอกจากจะทำให้สี กลิ่น รส และลักษณะเนื้อสัมผัสของผักและผลไม้เสียไปแล้วยังทำให้สารอาหารที่มีอยู่ในผักหรือผลไม้นั้นๆ ถูกทำลายไปด้วย

3. ช่วยยั้บยั้งการงอกของสปอร์

จุลินทรีย์ที่มีการปนเปื้อนมาในอาหารนั้น บางครั้งไม่เพียงแต่จะมีเซลล์ของจุลินทรีย์ปนเปื้อนมาเท่านั้น แต่จะมีสปอร์ติดมาด้วย และสปอร์ของจุลินทรีย์ส่วนใหญ่พบว่า จะสามารถต้านทานความร้อนได้ดี ดังนั้นในระหว่างการแปรรูปอาหารโดยใช้ความร้อนนั้นอาจมีสปอร์เพียงบางส่วนเท่านั้นที่ถูกทำลาย ส่วนที่เหลือนั้นอาจสามารถเจริญได้ ถ้าหากมีสภาวะแวดล้อมที่เหมาะสมในระหว่างการเก็บอาหารนั้น เพื่อรอจำหน่ายหรือบริโภค แต่ถ้าในอาหารนั้นมีกรดอยู่ในปริมาณที่สูงพอ สปอร์ที่ปนเปื้อนมาจะไม่สามารถงอกได้ ดังนั้นจะเห็นได้ว่ากรดที่ใส่ในอาหารมีความสำคัญอย่างยิ่ง ในการช่วยทำลายเชื้อจุลินทรีย์ และป้องกันการงอกของสปอร์ ซึ่งเท่ากับเป็นการช่วยยืดอายุการเก็บรักษาของอาหาร และเพิ่มความปลอดภัยให้กับผู้บริโภคด้วย

4. ป้องกันการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล

ปัญหาที่สำคัญ ที่มักจะพบในระหว่างการแปรรูปอาหาร โดยเฉพาะในการทำผักหรือผลไม้แห้ง คือการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล เพื่อเป็นการป้องกันปัญหาดังกล่าว จึงมีการนำวัตถุดิบผักหรือผลไม้ที่ตัดแต่งเสร็จเรียบร้อยแล้ว มาจุ่มในสารละลายกรดก่อนนำไปทำแห้ง กรดที่ใช้นั้นจะช่วยยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชันที่จะเกิดขึ้น ทำให้ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่เกิดขึ้นถูกยับยั้งไป

5. ทำหน้าที่เป็นสารจับโลหะ (Sequestering agent)

กรณีที่วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์อาหาร มีโลหะปนเปื้อนมา หรือมีโลหะเป็นองค์ประกอบ มักจะพบปัญหาเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงของสี กลิ่น รส การออกซิเดชัน หรืออาจมีการสูญเสียสารอาหารในผลิตภัณฑ์นั้นๆ เกิดขึ้น จึงได้มีการใช้กรดชนิดต่างๆ เช่น กรด citric หรือกรด phosphoric ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นสารจับโลหะ ช่วยทำปฏิกิริยากับโลหะต่างๆ ซึ่งจะช่วยแก้ปัญหาการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลที่จะเกิดขึ้นในผักและผลไม้ได้ด้วย และถ้าหากใช้กรดที่มีคุณสมบัติในการเป็นสารจับโลหะร่วมกับวัตถุกันหืนจะสามารถช่วยเสริมฤทธิ์ของวัตถุกันหืนได้ด้วย

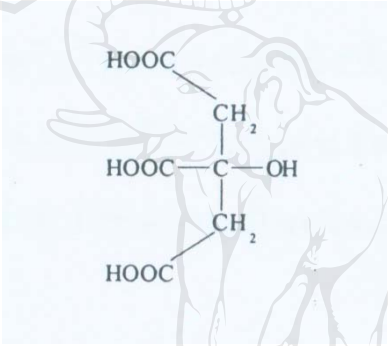
(ศิวาพร, 2546)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

กรดอินทรีย์ (Organic acids)

กรดอินทรีย์เป็นสารประกอบที่มีประโยชน์ในอุตสาหกรรมอาหารและอุตสาหรรมอื่นๆ อีกหลายชนิด การผลิตกรดอินทรีย์ทำได้โดยการสกัดจากสารวัตถุดิบที่มีอยู่ในธรรมชาติ หรือโดยใช้วิธีการทางเคมี หรือโดยใช้กระบวนการหมัก (สมใจ, 2547) กรดอินทรีย์หลายชนิดใช้เป็นสารกันเสียและต้องอยู่ในรูปที่ไม่แตกตัวจึงจะมีประสิทธิภาพสูง กรดอินทรีย์แต่ละชนิดขัดขวางการเจริญของจุลินทรีย์ได้โดย ทำให้เยื่อหุ้มเซลล์ผิดปกติ มีผลต่อการซึมผ่านของสารละลายต่างๆ และขัดขวางการทำงานของเอนไซม์หลายชนิด (อรุณี, 2530)

กรดซิตริก (citric acid)



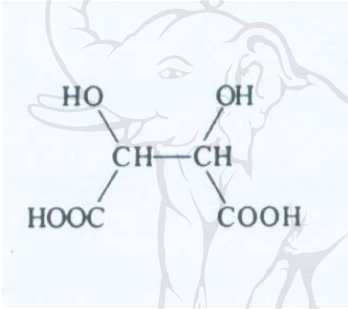
ภาพ 3 สูตรโครงสร้างของกรด citric

กรดcitric เป็นกรดอินทรีย์ที่พบมากตามธรรมชาติโดยเฉพาะในพืชตระกูลส้ม เช่น พบร้อยละ 4-8 ในมะนาว ร้อยละ 1.2-2.1 ในเกรฟฟรุต (grapefruit) 0.9-1.2% ในส้มเขียวหวาน(tangerine) และ 0.6-1.0% ในส้ม(orange) นอกจากนั้นยังพบในพืชชนิดอื่น ๆ อีก เช่น สับปะรด สตรอเบอรี และมะม่วง เป็นต้น ดังนั้นจึงได้รับการยอมรับว่าเป็นสารเคมีที่ปลอดภัย (GRAS, generally recognized as safe) สามารถเติมลงในอาหารได้โดยปราศจากอันตราย ไม่เป็นพิษ และย่อยสลายง่าย การผลิตกรด citric ในระยะแรกใช้วิธีสกัดสารจากผลไม้ที่มีรสเปรี้ยวโดยตรง เช่นมะนาว ซึ่งมีกรด citric 7-9% แต่ในปัจจุบันนิยมผลิตโดยวิธีการหมักด้วยจุลินทรีย์และมีปริมาณการผลิตสูงกว่า 400,000 ตันต่อปี (สมใจ, 2547) จุลินทรีย์ที่สามารถผลิตกรด citricได้ เช่น เชื้อรา ยีสต์ และแบคทีเรีย (กำเนิด, 2534) การผลิตกรด citric ในเชิงอุตสาหกรรมนิยมใช้กระบวนการผลิตทางจุลชีววิทยา โดยอาศัยเชื้อรา *Aspergillus niger* เป็นตัวกลางเปลี่ยนน้ำตาลในวัตถุดิบให้กลายเป็นกรด citric (สิทธิสิน, 2542)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

กรด citric มีคุณสมบัติดีกว่ากรดชนิดอื่นๆ คือละลายน้ำได้ดี มีกลิ่นรสเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค เป็นสารจับโลหะที่มีประสิทธิภาพสูง จึงมีการนิยมใช้กรด และเกลือของกรด citric ในอุตสาหกรรมอาหารกันมาก กรด citric ที่ใช้ในผลิตภัณฑ์ผักหรือผลไม้ นอกจากกรด citric จะไปช่วยปรับความเป็นกรด-ด่างแล้วยังไปรวมตัวกับโลหะที่ปนเปื้อนมาทำให้เกิดสารประกอบเชิงซ้อน ทำให้ ascorbic ที่มีอยู่ตามธรรมชาติในผักหรือผลไม้นั้นคงตัวดีขึ้น ซึ่งมีผลต่อเนื่องไปถึงความคงตัวของสี และกลิ่นรสของผลิตภัณฑ์ ทั้งนี้เพราะกรด ascorbic จัดเป็นวัตถุกันหืน ธรรมชาติ (ศิวาพร, 2546)

กรดมาลิก (malic acid)



ภาพ 4 สูตรโครงสร้างของกรด malic

กรด malic เป็นกรดที่พบตามธรรมชาติในผักผลไม้หลายชนิด เช่น ในแอปเปิล แอปริคอต กล้วย เชอร์รี องุ่น เปลือกส้ม ท้อ สาลี่ พลัม แครอท และรูบาร์บ (rhubarb) เป็นต้น ซึ่งในผักและผลไม้ดังกล่าวจะมีกรด malic อยู่มากกว่ากรดชนิดอื่นๆ ส่วนในผักและผลไม้ที่พบกรด malic ในปริมาณรองลงมา ได้แก่ ผลไม้ตระกูลส้ม เบอรี่ชนิดต่างๆ มะเดื่อ ถั่วและมะเขือเทศ เป็นต้น

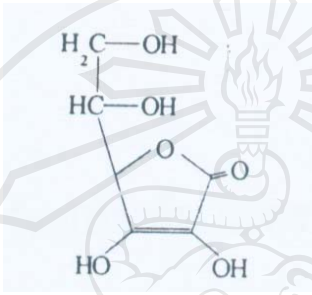
กรด malic มีลักษณะเป็นผงผลึกสีขาวแบบไทรคลินิค (triclinic) malic มีจุดหลอมเหลวต่ำมากเมื่อเทียบกับกรดชนิดอื่น รวมทั้งละลายน้ำได้ดีมาก กรด malic ที่สังเคราะห์ขึ้นและจำหน่ายในทางการค้าจะอยู่ในรูปดี และ แอลไอโซเมอร์ (D- and L- isomers) ในขณะที่กรด malic ที่พบตามธรรมชาติจะพบอยู่ในรูปลีโวโรเทโทรี แอล-malicแอซิด (levorotatory L-malic acid) กรด malic จะมีรสเปรี้ยวกลมกล่อมกว่ากรดชนิดอื่น มีความเปรี้ยวมากกว่ากรดcitric

กรด malic เป็นกรดอีกชนิดหนึ่ง ที่มีการนิยมใส่ในอาหารกันมาก วัตถุประสงค์ในการใช้ส่วนใหญ่เพื่อเพิ่มความเป็นกรดให้กับผลิตภัณฑ์อาหาร เพิ่มกลิ่นรส ช่วยเน้นกลิ่นรส และเป็นสารเสริมฤทธิ์วัตถุกันหืนในผลิตภัณฑ์ที่มีไขมันและน้ำมันเป็นส่วนประกอบ ผลิตภัณฑ์ผลไม้ที่มีการใช้กรด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

malic จะช่วยในการปรับปรุงกลิ่นรส ทำให้กลิ่นรสของผลไม้ในผลิตภัณฑ์นั้นเด่นชัดขึ้น (ศิวาพร, 2546)

กรดแอสคอร์บิก (ascorbic acid)



ภาพ 5 สูตรโครงสร้างของกรด ascorbic

กรด ascorbic เป็นกรดที่พบทั่วไปในพืช โดยเฉพาะพืชตระกูลส้ม มีลักษณะเป็นผลึกละลายน้ำได้ดีแต่ไม่ละลายในตัวทำละลายอินทรีย์ เป็นรีดิวซิงเอเจนต์ที่มีประสิทธิภาพดีมากเมื่ออยู่ในรูปของเหลว ในสภาวะที่มีอากาศและแสงจะถูกออกซิไดซ์อย่างรวดเร็ว

การใช้ในอาหารได้มีการใช้กรด ascorbic เป็นวัตถุกันเสีย และวัตถุกันหืนในอุตสาหกรรมอาหาร ทั้งนี้เนื่องจากกรด ascorbic จะทำให้ความเป็นกรด-ด่างของอาหารลดลง ทำให้จุลินทรีย์ไม่สามารถเจริญเติบโตได้ ถ้ามีอยู่ในปริมาณสูงพอ เนื่องจากกรด ascorbic สามารถถูกออกซิไดซ์ได้อย่างรวดเร็ว จึงสามารถช่วยชะลอการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันหรือปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลขึ้นในอาหารได้ (ศิวาพร, 2546)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

กรดซอร์บิก (sorbic acid)

กรด sorbic เป็น monocarboxylic acid ที่มีโครงสร้างเป็นเส้นตรง ชื่อทางเคมีคือ 2,4 –hexadienoic acid สูตรโครงสร้างคือ CH_3-CH=CH-CH=CH-COOH และมีน้ำหนักโมเลกุล 112.13 ผลึกของกรด sorbic มีลักษณะเป็นเกล็ดหรือเข็มไม่มีสี และสามารถพบในลักษณะเป็นผงหรือเม็ดสีขาว อ่อนนุ่มแตกหักง่าย มีกลิ่นและรสของกรดอย่างเด่นชัด ละลายน้ำได้เล็กน้อย ประมาณ 0.16 กรัมในน้ำ 100 มิลลิลิตร ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส แต่จะละลายได้ดีใน

แอลกอฮอล์เข้มข้น 95% ประมาณ 14.5 กรัมต่อน้ำ 100 มิลลิลิตร และมีผลในการยับยั้งกิจกรรมของจุลินทรีย์ นอกจากนี้ยังละลายในน้ำมันพืช และ propylene glycol เมื่อถูกความร้อนระเหิดได้ มีการใช้กรด sorbic และเกลือโปแตสเซียมซอร์เบทเป็นสารกันเสียในอาหารอย่างแพร่หลาย นอกจากจะใช้เพื่อถนอมอาหารสำหรับมนุษย์บริโภคแล้วยังมีการใช้ในอาหารสัตว์ เครื่องสำอาง ด้านเภสัชกรรม วัสดุหีบห่อ และผลิตภัณฑ์อื่น ๆ ที่เกี่ยวกับอาหารหรือร่างกายมนุษย์ การใช้ซอร์เบทปริมาณ 0.02-0.3% จะไม่มีผลกระทบต่อคุณภาพของอาหารแต่หากใช้ปริมาณสูงเกินกว่านี้อาจจะทำให้เกิดรสชาติแปลกปลอมในอาหารได้ (ภัทรวรา, 2543; ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร, 2546) ค่าความเข้มข้นที่ต่ำที่สุดของกรดsorbic ที่สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของ *P. digitatum* เท่ากับ 0.02 – 0.025% ที่ pH 4.7 (pitt and hocking, 1997)

กรดอะซิติก (acetic acid)

H_3C-COOH

ภาพ 6 สูตรโครงสร้างของกรด acetic

กรดอะซิติก (acetic acid) หรือกรดเอทาโนอิก (ethanoic acid) เป็นกรดที่มีลักษณะเป็นของเหลวใส หรือผลึก (glacial acetic acid) มีกลิ่นฉุนเฉพาะตัว รวมตัวกับน้ำหรือแอลกอฮอล์หรืออีเทอร์ได้ดี กรด acetic เป็นส่วนประกอบหลักของน้ำส้มสายชู ในอุตสาหกรรมอาหารมีการใช้น้ำส้มสายชูกันมาก สำหรับวัตถุประสงค์ในการใช้ส่วนใหญ่เพื่อเป็นสารให้กลิ่นรส หรือเพื่อเน้นกลิ่นรส หรือเพิ่มความเป็นกรดให้อาหาร ช่วยควบคุมความเป็นกรด-ด่าง หรือช่วยยืดอายุการเก็บของอาหาร กรดaceticมีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญเติบโตของราและแบคทีเรียได้ดีกว่ายีสต์ (ศิวาพร, 2546)

การผลิตกรดaceticสามารถทำได้โดยวิธีทางเคมี และวิธีการหมัก การผลิตกรด acetic เพื่อใช้ในอุตสาหกรรมอื่นๆ ที่ไม่เกี่ยวข้องกับอาหารโดยทั่วไปใช้วิธีทางเคมี ในขณะที่การผลิตกรด acetic เพื่ออุตสาหกรรมอาหารจะผลิตโดยใช้วิธีการหมัก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

กรดฟอร์มิก (formic acid)

กรดฟอร์มิกมีสูตรโครงสร้างคือ HCO_2H เป็นกรดอินทรีย์ที่มีสูตรโครงสร้างที่มีสายสั้นที่สุดเพราะประกอบด้วยคาร์บอนเพียงตัวเดียว เป็นส่วนประกอบของเหล็กในของมด เป็นของเหลวที่มีกลิ่นรุนแรง เมื่อสัมผัสผิวจะรู้สึกระคายเคือง (Holum, 1969)

การควบคุมโรคเน่าของผลไม้หลังการเก็บเกี่ยว

การควบคุมโรคที่เกิดจากเชื้อราของผลไม้นอกจากจะใช้สารเคมีควบคุมในแปลงปลูกแล้วนอกจากนี้ยังมีการใช้สารเคมีควบคุมโรคหลังการเก็บเกี่ยวอีกด้วย เพราะการควบคุมโรคหลังการเก็บเกี่ยวมักจะได้ผลหรือมีประสิทธิภาพมากกว่าการใช้สารเคมีกับผลไม้ก่อนการเก็บเกี่ยว (สายชล, 2528) สารเคมีที่ใช้ป้องกันโรคหลังการเก็บเกี่ยวของผลส้ม ได้แก่ thiabendazole, thiophanate-methyl, benomyl, imazalil, guazatine, SOPP (sodium orthophenylphenate), 2-amino-butane, biphenyl และ captan (El-Khamass *et al*., 1994) ได้มีการศึกษาการลดการเน่าเสียของส้มตราระหว่างการเก็บรักษา โดยนำส้มตราไปจุ่มยา benomyl และ imazalil ที่ 500 ppm แล้วนำไปเคลือบผิวด้วย Wax 551 พบว่าเมื่อเก็บไว้ 12 สัปดาห์ผลส้มที่จุ่มยาและเคลือบผิวดีกว่าวิธีอื่นๆ คือเกิดโรคน้อยที่สุด (วัลลภาและคณะ, 2531)

การควบคุมโรคเน่าราสีเขียวหลังจากเก็บเกี่ยวโดยใช้ยาฆ่าเชื้อรานั้นนับว่าเป็นอันตรายต่อผู้บริโภคเป็นอย่างมากเพราะอาจเกิดสารพิษตกค้างและอาจมีปัญหาที่ตามมาคือ การดื้อยาของเชื้อสาเหตุ เช่น การใช้ thiabendazole เพื่อควบคุมโรคเน่า ที่เกิดจากเชื้อ *Penicillium digitatum* นั้นพบว่าเชื้อสาเหตุมีการต้านทานยาได้ดีขึ้น (Wild, 1980) และ Holmes (1999) ได้รายงานการวิเคราะห์การใช้ยากำจัดเชื้อราพบว่า *P. digitatum* สามารถต้านทานยา imazalil, thiabendazole และ o-phenylphenol เพิ่มขึ้น ดังนั้นการใช้กรดอินทรีย์ในการควบคุมโรคเน่าราสีเขียวเป็นวิธีการหนึ่งที่สามารถลดอันตรายที่อาจเกิดจากยาฆ่าเชื้อราต่อสุขภาพของผู้บริโภคได้ และกรดยังมีส่วนช่วยยับยั้งการงอกของสปอร์ของจุลินทรีย์อีกด้วย (ศิวาพร, 2535) เนตรนภิส (2541) ได้ทดลองผสมกรด aceticลงในอาหารเลี้ยงเชื้อ potata dextrose agar (PDA) พบว่าการใช้กรดacetic ความเข้มข้น 0.08 และ 0.1% สามารถยับยั้งการงอกของสปอร์ของเชื้อรา *Colletotrichum gloeosporioides* และ *Lasiodiplodia theobromae* ได้ Sholberg (1996) ทดลองรมกรด acetic ในผลไม้พวก fruitstone พบว่าการรมด้วยกรด acetic 2.7 มิลลิกรัม/ลิตร ช่วยลดการเกิดโรคของผลเชอรรี ที่เกิดจากเชื้อรา *Alternaria* spp. โดยอาการเน่าลดลงจาก 38.9% เหลือ 10% นอกจากนั้นการรมด้วยกรด acetic 2.0 มิลลิกรัม/ลิตร ยังช่วยลดการเกิดโรคเน่าสีน้ำตาลในผลเอปริคอทที่เกิดจากเชื้อ *Monilinia fructicola* โดยอาการเน่าลดลงจาก 100% เหลือ 25% ต่อมาได้มีการทดลองรมกรดอินทรีย์ในผลไม้ตระกูลส้ม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

3 ชนิดได้แก่ ส้ม, เกรปฟรุต และ มะนาว พบว่าการใช้กรด acetic ความเข้มข้น 1.9 หรือ 2.5 ไมโครลิตร/ลิตร และกรด formic ความเข้มข้น 1.2 ไมโครลิตร/ลิตร ช่วยลดการเกิดโรคเน่าราสีเขียวที่เกิดจากเชื้อรา *P. digitatum* โดยการเน่าลดลงจาก 86% เหลือ 11% (Sholberg, 1998)

ชนิดและคุณสมบัติของสารเคลือบผิว

สารเคลือบผิวสำหรับผักและผลไม้มีหลายชนิดหลายสูตร แต่ละชนิดมีองค์ประกอบแตกต่างกันไป ซึ่งองค์ประกอบเหล่านี้มักจะเป็นความลับทางการค้า ส่วนใหญ่มักเป็นสารเคลือบผิวที่ใช้ไขหลายอย่างผสมกัน เพื่อดึงเอาคุณสมบัติที่ดีของแต่ละอย่างมารวมกันและทำให้เหมาะกับผลิตผลที่จะเคลือบผิว ในสารเคลือบผิวมี 3 ส่วนประกอบสำคัญคือ ไข ตัวทำละลาย และ emulsifier และอาจมีสารเคมีป้องกันโรคประกอบอยู่ด้วย สำหรับไขที่ใช้เตรียมสารเคลือบผิวมีหลายชนิดและได้มาจากแหล่งต่างๆ กันดังนี้

1. ไขจากพืช สกัดได้จากผิวของพืช เช่น carnauba เป็นไขที่สกัดได้จากผิวของใบปาล์มบราซิล (brazil palm) *Copernicia cerifera* เป็นไขที่มีคุณภาพดีที่สุด และมักเป็นองค์ประกอบส่วนหนึ่งของสารเคลือบผิวแทบทุกชนิด เป็นไขที่มีความแข็งมากที่สุด มีความเป็นมันเงาสูง มีกลิ่นหอม และมีจุดหลอมเหลวสูง ประมาณ 84-96 องศาเซลเซียส candelilla เป็นไขสกัดได้จากวัชพืช *Pedilanthus pavonis* มีความแข็งแรงและเป็นมันเงารองลงมาจาก carnauba แต่เปราะ มีกลิ่นหอม

2. ไขจากสัตว์ นิยมใช้เป็นองค์ประกอบของสารเคลือบผิวผลไม้ ได้แก่ shellac ซึ่งสกัดได้จากมูลครั่ง มีความเป็นมันเงาสูงมาก มีจุดหลอมเหลวที่ 72-80 องศาเซลเซียส มักพบเป็นองค์ประกอบของสารเคลือบผิวแทบทุกชนิด ไขจากสัตว์อื่นๆ ได้แก่ spermaceti เป็นไขที่ได้จากปลาวาฬ ขี้ผึ้ง และรังผึ้ง เป็นต้น

3. ไขจากน้ำมันปิโตรเลียม (petroleum wax) เป็นผลพลอยได้จากการกลั่นน้ำมันปิโตรเลียม มีสูตรเคมีเป็น C_nH_{2n+2} ได้แก่ paraffin มีลักษณะเป็นของแข็งสีขาว อ่อนนุ่ม ไม่มีกลิ่น เมื่อรวมตัวกับตัวทำละลายมักจะเหนียว microcrysalline wax เป็นไขจากน้ำมันปิโตรเลียมอีกชนิดหนึ่ง มีลักษณะเป็นผลึกขนาดเล็ก เหนียว และอ่อนนุ่ม มีน้ำหนักโมเลกุลสูง มีจุดหลอมเหลวสูงกว่า paraffin มีความเป็นมันเงาน้อย ลื่นมือสามารถรวมตัวกับไขจากพืชและ resin มีผลทำให้จุดหลอมเหลวและความแข็งสูงขึ้น

4. ไขจากฟอสซิล (mineral wax) สกัดได้จากฟอสซิลไม่นิยมนำมาใช้เป็นองค์ประกอบของสารเคลือบผิวเพราะมีสีเข้ม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

5. ไขจากการสังเคราะห์ (synthetic wax) ได้แก่ polyethylene wax, polyoxyethylene (carbowax), chlorinated naphthalene (halowax), polyoxyethylene sorbitol, polyethylene glycols และ ethylene glycol monostearate เป็นต้น สังเคราะห์ได้จากเอทิลีนซึ่งเป็นผลพลอยได้จากการกลั่นน้ำมันดิบและจากการแยกแก๊สธรรมชาติ

การเลือกใช้สารเคลือบผิว

การเลือกใช้สารเคลือบผิวต้องคำนึงถึงปัจจัยต่าง ๆ เพื่อให้การเคลือบผิวเกิดประโยชน์สูงสุด ดังนี้

1. ลักษณะของผลิตผลที่ต้องการ นอกจากคุณภาพในการบริโภคแล้ว ควรมีความสวยงามน่าซื้อ น่ารับประทาน และสามารถเก็บรักษาไว้ได้นาน มีการสูญเสียน้ำหนักและการเปลี่ยนแปลงช้า สิ่งเหล่านี้สารเคลือบผิวช่วยให้เกิดขึ้นได้ ผลไม้บางชนิด เช่น ส้มและแอปเปิล เมื่อขัดผิวจะมีลักษณะเป็นมันเงาสวยงาม การเคลือบผิวแล้วขัดจะทำให้เป็นเงามากขึ้น สวยงาม ดึงดูดผู้บริโภค

2. การปฏิบัติในการเคลือบผิว สารเคลือบผิวอาจแบ่งได้เป็น 2 ประเภทคือ ประเภทที่ละลายน้ำได้ และประเภทที่ละลายในตัวทำละลายอินทรีย์ เช่น ละลายในแอลกอฮอล์ สารเคลือบผิวที่ละลายในตัวทำละลายมีข้อดีคือ ภายหลังการเคลือบผิวสารเคลือบผิวแห้งเร็ว ทำให้ประหยัดเวลาและค่าใช้จ่ายในการทำให้แห้ง แต่ข้อเสียคือมีกลิ่นของตัวทำละลายทำให้ไม่สะดวกในการปฏิบัติงานของพนักงาน และก่อปัญหาสภาวะแวดล้อมมากขึ้น สำหรับสารเคลือบผิวที่ละลายในน้ำจะแห้งช้า ต้องใช้ความร้อนและพัดลมช่วยในการทำให้แห้ง มิฉะนั้นสารเคลือบผิวจะไหลไปรวมกันอยู่ด้านล่างของผลทำให้สิ้นเปลืองพลังงาน อย่างไรก็ตามในปัจจุบันสารเคลือบผิวแบบละลายในน้ำได้รับความนิยมในการใช้มากกว่าชนิดที่ละลายในตัวทำละลายอินทรีย์

3. กฎ ระเบียบ และสมัยนิยม การเลือกใช้สารเคลือบผิวต้องคำนึงถึงกฎระเบียบในประเทศที่จะจำหน่ายผลิตผลนั้นๆ ด้วยเช่นเดียวกับการใช้สารเคมีอื่นๆ ในประเทศญี่ปุ่นสารเคลือบผิวที่จะใช้ได้กับผักผลไม้ต้องมีองค์ประกอบเป็นสารธรรมชาติที่รับประทานได้เท่านั้น แต่ในสหรัฐอเมริกาสารเคลือบผิวที่มี polyethylene เป็นองค์ประกอบก็สามารถใช้ได้กับผลไม้ที่ไม่ได้รับประทานทั้งเปลือก (จริงแท้, 2544)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

การใช้สารเคลือบผิวกับผลไม้หลังการเก็บเกี่ยว

1. ผลของสารเคลือบผิวต่อการควบคุมโรคของผลไม้หลังการเก็บเกี่ยว

โดยทั่วไปในไขที่ใช้เคลือบผิวจะมีสารเคมีฆ่าเชื้อรา (fungicide) หรือเชื้อแบคทีเรีย (bactericide) เติมลงไปด้วย เพื่อป้องกันการเข้าทำลายของเชื้อจุลินทรีย์ (ดนัยและนิธิยา, 2535) การใช้สารเคลือบผิวมะเขือเทศด้วยไคโตซานพบว่า เมื่อเก็บรักษาไว้นาน 4 สัปดาห์ โรคที่เกิดในมะเขือเทศที่เกิดจากเชื้อ *Botrytis cinerea* มีเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคต่ำกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ (El-Ghaouth *et al*., 1992) และการใช้ไคโตซานกับผลไม้อื่น เช่น ลูกแพร์ ลูกพีช กีวี และสตรอเบอรี นั้นช่วยยืดอายุการเก็บรักษาและสามารถควบคุมการเน่าเสียได้ดีเช่นกัน (Shahidi *et al*., 1999) วิกันดา (2541) ได้ทำการทดสอบ การเกิดโรคบนผลส้มเขียวหวานหลังการเก็บเกี่ยวโดยใช้สารเคลือบผิว Sta-fresh 310 ที่ระดับความเข้มข้น 25, 50, 75 และ 100% พบว่า ผลที่ได้รับสารเคลือบผิว 100% มีเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคต่ำสุด ขณะที่ผลที่ไม่ได้รับสารเคลือบผิวมีเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคสูงสุด และการใช้สารเคลือบผิวที่ระดับความเข้มข้น 75% และ100% มีเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคไม่แตกต่างกันทางสถิติ

2. ผลของสารเคลือบผิวต่อคุณภาพของผลไม้หลังการเก็บเกี่ยว

ในผักและผลไม้ตามธรรมชาติจะมีสารประเภทไข (wax) เคลือบอยู่ตามผิว (cuticle) สารเคลือบผิวเหล่านี้หลุดออกไปได้ง่ายโดยกระบวนการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวต่างๆ เช่น การล้างทำความสะอาด การขนส่ง เป็นต้น สารเคลือบผิวดังกล่าวมีบทบาทคือ ควบคุมการสูญเสียน้ำของผลผลิต ผลไม้มีองค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นน้ำซึ่งสามารถสูญเสียไปได้ง่ายจากช่องเปิดต่างๆ ดังนั้นการเคลือบผิวผลไม้หลังการเก็บเกี่ยว สารเคลือบผิวจะไปช่วยปกคลุม หรือทดแทนไขที่เคยมีอยู่ โดยไปปิดช่องเปิดตามธรรมชาติ ทำให้การสูญเสียน้ำและการแลกเปลี่ยนแก๊สลดน้อยลง (สายชล, 2528)

ไคโตซาน(chitasan) เป็นโพลิเมอร์ชีวภาพ เป็นอนุพันธ์ของไคตินที่ได้จากปฏิกิริยา deacetylation ของไคติน เป็นสารปลอดพิษ ไม่ทำให้แพ้ และ non-phytotoxic ต่อพืช มีลักษณะเป็นแผ่นฟิล์มใสสามารถขึ้นรูปตามผลิตผลได้ สามารถย่อยสลายได้ง่าย ซึ่งนิยมใช้ในทางการเกษตรและอุตสาหกรรมการเกษตร โดยใช้เคลือบผิวผักและผลไม้ และช่วยยืดอายุการเก็บรักษาผักและผลไม้อีกด้วย (Struszczyk *et al*., 1988; Li *et al*., 1992; Galed, 2004) มีการทดลองใช้ไคโตซานเคลือบผิวของผักจำพวก มะเขือเทศ แตงกวา และพริกหยวก พบว่า สามารถลดอัตราการหายใจ ลดการสูญเสียน้ำ อัตราการผลิตแก๊สเอทธิลีน และยังเป็นตัวกั้นการไหลออกของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ทำให้ผักคงความกรอบ ผิวไม่เหี่ยวย่น และสีผิวไม่เปลี่ยนแปลง (El-Ghaouth *et al*., 1991) ต่อมามีการทดสอบการใช้ไคโตซานกับส้มพบว่าการเคลือบผลส้มด้วยไคโตซาน ความเข้มข้น 1.6-1.8% และความหนาประมาณ 30-35 ไมครอนสามารถเก็บรักษาผลส้มได้ถึง 35-40 วัน โดยสีเปลือกนอกไม่เปลี่ยนแปลง (Dien and Binh, 1996) และ วิเชียร (2541) ได้ทดสอบสารเคลือบ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ผิวผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้และเขียวเสวยด้วยไคโตซาน ที่ระดับความเข้มข้น 0.25, 0.50, 0.75 และ 1.00% พบว่าการเคลือบผิวที่ระดับความเข้มข้นตั้งแต่ 0.5% ขึ้นไปสามารถชะลอการสูญเสียน้ำหนักและการเปลี่ยนแปลงสีผิวของผลมะม่วงทั้ง 2 พันธุ์ได้

ปรีดา (2536) ได้ใช้สารเคลือบผิวส้มเขียวหวานที่เตรียมจาก carnauba ความเข้มข้น 0-15 % และ shellac ความเข้มข้น 0-20 % พบว่าสารเคลือบผิวที่เตรียมจาก carnauba สามารถป้องกันการสูญเสียน้ำหนักได้ 60% และไม่จำกัดการแลกเปลี่ยนแก๊ส ขณะที่สารเคลือบผิวที่เตรียมจาก shellac สามารถป้องกันการสูญเสียน้ำหนักได้เพียง 20% และการใช้สารเคลือบผิวทั้งสองชนิดไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพภายในของผลส้ม Hagenmaier (2000) ใช้สารเคลือบผิวที่มีส่วนประกอบของ shellac และ wood resin แล้วนำไปเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 15-25 องศาเซลเซียส พบว่า ผลส้มที่มีการเคลือบผิวมีความเป็นมันเงาและมีอายุการเก็บรักษานาน 9-16 วัน ขณะที่ผลส้มที่ไม่มีการเคลือบผิวเก็บรักษาได้นาน 8 วัน แต่คะแนนของรสชาติของผลส้มที่เคลือบผิวลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษา ดังนั้น Hagenmaier, R.D.(1995) ได้ทดสอบการเคลือบผิวส้มเพื่อลดการสูญเสียน้ำและความเป็นมันเงา โดยทำการเคลือบผิวส้ม 2 ครั้ง การเคลือบผิวครั้งแรกใช้ moisture-barrier wax เพื่อลดการสูญเสียน้ำ การเคลือบครั้งที่สองใช้สารเคลือบผิวพวก polyethylene หรือสารผสมระหว่าง shellac และ resin ester เพื่อให้ความมันเงา (gloss) กับผลส้ม ผลการทดลองพบว่า การเคลือบครั้งเดียวผลส้มสูญเสียน้ำหนักมากกว่าการเคลือบผิว 2 ครั้ง แต่การเคลือบผิว 2 ครั้งนั้นก็จำกัดการแลกเปลี่ยนของแก๊ส O_2และ CO_2 มากเกินไป การเคลือบผิวที่หนาเกินไปอาจทำให้ผลไม้มีอาการผิดปกติได้ สารเคลือบผิวสำหรับผลส้มชนิดต่างๆ จึงสมควรให้เป็นมันเงาสูง ป้องกันการคายน้ำได้ดีแต่ไม่ลดการถ่ายเทอากาศ (จริงแท้, 2544)

Martine,*et al*. (1989) ทดสอบการเคลือบผิวส้ม Valencia โดยการเคลือบผิวด้วย resin ความเข้มข้น 15% และ carnauba ความเข้มข้น 10% แล้วนำไปเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 70% พบว่าหลังจากเก็บรักษาไว้ 15 วัน ผลส้มที่มีการเคลือบผิวมีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก 3.1-4.5% และผลส้มที่ไม่มีการเคลือบผิวมีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก 6.5% และการเคลือบผิวส้มไม่มีผลต่ออัตราส่วนของของแข็งที่สามารถละลายน้ำได้ต่อปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ ขณะที่ความเข้มข้นของ CO_2 และปริมาณแอลกอฮอล์ ในผลเพิ่มขึ้นแต่ไม่มีผลกระทบต่อกลิ่นและรสชาติของผลส้ม ต่อมา พฤฒิยา (2545) ศึกษาการใช้สารเคลือบผิวกับผลส้มเขียวหวานโดยใช้ไคโตซาน ที่ความเข้มข้นร้อยละ 1.0, 1.5 และ 2.0 ใช้ Stra-fresh 310 ความเข้มข้น 25, 50, 75 และ 100% พบว่า Stra-fresh 310 ความเข้มข้น 100 % ลดการสูญเสียน้ำหนักได้ดีที่สุด ขณะที่ความเข้มข้น 75% ลดการสูญเสียน้ำหนักไม่แตกต่างกับความเข้มข้น 100% และไม่เกิดกลิ่นผิดปกติ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

วิกันดา (2541) ศึกษาหาระดับความเข้มข้นที่เหมาะสมของสารเคลือบผิว Sta-fresh 310 ที่เหมาะสมกับผลส้มเขียวหวาน ที่ความเข้มข้น 25, 50, 75 และ 100% พบว่าการใช้ Sta-fresh 310 ความเข้มข้น 75% ผลส้มสูญเสียน้ำหนักน้อยที่สุดและไม่เกิดกลิ่นและรสชาติที่ผิดปกติ

การเกิดโรคของผลส้มหลังการเก็บเกี่ยวและการสูญเสียน้ำหนักมีผลต่อคุณภาพของผลส้มซึ่งกระทบทั้งผู้ผลิตและผู้บริโภค ดังนั้นการศึกษาครั้งนี้เพื่อมุ่งเน้นการยับยั้งการเกิดโรคเน่าราสีเขียวซึ่งเป็นโรคที่สำคัญของผลส้มหลังการเก็บเกี่ยว และการยืดอายุการเก็บรักษาเพื่อลดการสูญเสียน้ำหนักของผลส้มโดยใช้สารเคลือบผิว

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved