บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ส้มเขียวหวาน

ส้มเขียวหวาน มีชื่อสามัญว่า mandarin หรือ tangerine มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Citrus reticulata* Blanco. (อภิชาติ, 2543) มีถิ่นกำเนิดอยู่ทางตะวันออกเฉียงใต้ของจีนและอินโดจีน (อนันต์ ดาโลดม, 2542) การปลูกส้มได้แพร่กระจายไปยังประเทศต่างๆ ในเขตร้อนและกึ่งร้อน ซึ่งมีความชื้นและสภาพอากาศที่เหมาะสม พื้นที่การปลูกส้มของโลกอยู่ที่ บริเวณเส้นรุ้งที่ 37 องศาใต้ ถึง 44 องศาเหนือ (สุนทร, 2545)

ในประเทศไทยมีการนำส้มเขียวหวานเข้ามาปลูกมากกว่า 100 ปีมาแล้ว โดยชาวจีนอพยพ แหล่งปลูกแรกคือที่ตำบลบางมด หรือแขวงบางมดในปัจจุบัน เป็นการปลูกเพื่อรับประทานในครัวเรือน เมื่อมีผู้นิยมมากขึ้นจึงมีการขยายการปลูกออกเป็นสวน คนไทยรู้จักดีในนาม "ส้มบางมด" และได้ขยายไปปลูกที่จังหวัด ปทุมธานี นครนายก สระบุรี จันทบุรี น่าน เพชรบูรณ์ นครปฐม เชียงใหม่ และจังหวัดอื่น

พ.ศ.2465 มีการนำกิ่งตอนจากธนบุรีไปปลูกที่จังหวัดจันทบุรี ผลผลิตส้มที่ได้มีผิวสีเหลือง จึงตั้งชื่อว่า "ส้มแสวงจันทร์" ในปี พ.ศ. 2481 ได้นำส้มเขียวหวานไปปลูกที่จังหวัดเพชรบูรณ์ โดย นายจุล คุ้มวงศ์ ซึ่งเป็นการปลูกเป็นสวนส้มขนาดใหญ่ในขณะนั้น และในพ.ศ.2515 ได้มีการขยาย การปลูกไปที่จังหวัดนครปฐม (สวนส้มแสงทอง)

จากการขยายตัวของเมืองและสภาพน้ำเค็มในภาคกลางทำให้พื้นที่เพาะปลูกส้มลดลงมีผล ต่อพื้นที่การเพาะปลูกมีการขยายไปที่จังหวัดต่าง ๆ คือจังหวัดปทุมธานี นครนายก และสระบุรี ส่วนส้มที่ปลูกทางภาคเหนือมีปลูกมากในจังหวัดแพร่ น่านและเชียงใหม่ ซึ่งส้มที่นำมาปลูกเป็น พันธุ์ส้มบางมด เมื่อนำมาปลูกที่จังหวัดแพร่และน่านเรียกส้มสีทอง และเมื่อนำมาปลูกที่จังหวัด เชียงใหม่เรียก "ส้มสายน้ำผึ้ง"

ส้มเขียวหวานพันธุ์สายน้ำผึ้ง เริ่มต้นปลูกกันที่อำเภอฝาง จังหวัดเชียงใหม่ เมื่อประมาณปี พ.ศ.2531 โดย ดร.บัณฑูร จิระวัฒนากูล (เฮียเป็งฮวด) เจ้าของสวนส้มธนาธร ได้นำส้มพันธุ์โชกุน มาทดลองปลูกในพื้นที่ ซึ่งจากสภาพดินฟ้าอากาศที่เอื้ออำนวย ทำให้ผลผลิตส้มที่ออกมานั้นมี คุณภาพดีกว่าเดิม ดังนั้น ดร.บัณฑูร จึงตั้งชื่อส้มพันธุ์ที่ปลูกว่า "ส้มสายน้ำผึ้ง" ส้มสายพันธุ์นี้เป็นที่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

นิยมบริโภคและเป็นที่ต้องการของตลาดทั้งภายในและต่างประเทศ ดังนั้นเกษตรกรในท้องถิ่นจึงหันมาปลูกส้มสายน้ำผึ้งแทนผลไม้ชนิดอื่น ทำให้พื้นที่เพาะปลูกส้มสายพันธุ์นี้เพิ่มมากขึ้นและกระจายไปสู่อำเภอใกล้เคียง เช่น อำเภอเชียงดาว และอำเภอแม่แตง จังหวัดเชียงใหม่ เป็นต้น (ปาน, 2543)

การเพาะปลูกส้มเขียวหวานในประเทศไทยมีมากในแถบภาคกลางถึงร้อยละ 70 และภาคเหนือร้อยละ 20 จังหวัดที่มีพื้นที่เพาะปลูกมาก ได้แก่ ปทุมธานี นครปฐม ราชบุรี สระบุรี แพร่ น่าน และเชียงใหม่ ส่วนภาคใต้มีการเพาะปลูกบ้างเล็กน้อย เช่นที่จังหวัดยะลา ปัตตานี จากปริมาณผลผลิตส้มเขียวหวานรายภาคในประเทศไทย ปี พ.ศ.2530-2543 พบว่า พื้นที่เพาะปลูกส้มตั้งแต่ พ.ศ.2535-2543 มีเพิ่มขึ้นจาก 282,189 ไร่ เป็น 345,107 ไร่ โดยมีผลผลิตเพิ่มจาก 560,829 ตันเป็น 713,027 ตัน (ตาราง 1) (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2544.)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 1 พื้นที่เพาะปลูก และผลผลิตรวมของส้มเป็นรายภาค ในประเทศไทย ปี พ.ศ.2530-2543

ภาค/ปี	2530		2535		2540		2543	
	พื้นที่เพาะปลูกทั้งหมด(ไร่)	ผลผลิตรวม (ตัน)	พื้นที่เพาะปลูกทั้งหมด (ไร่)	ผลผลิตรวม (ตัน)	พื้นที่เพาะปลูกทั้งหมด (ไร่)	ผลผลิตรวม (ตัน)	พื้นที่เพาะปลูกทั้งหมด (ไร่)	ผลผลิตรวม (ตัน)
เหนือ	33,312	45,766.04	32,558	441,256.92	73,210	139,756.58	129,113	240,881.51
	(12)	**(8)**	**(13)**	**(65)**	**(26)**	**(28)**	**(37)**	**(34)**
ตะวันออกเฉียงเหนือ	763	354.56	104	79,980.99	775	20.35	4,220	1,068.62
	(0.27)	**(0.06)**	**(0.04)**	**(11.75)**	**(0.28)**	**(0.00)**	**(1.22)**	**(0.15)**
กลาง	162,132	392,407.15	146,627	88,943.50	172,359	292,316.35	178,002	403,827.05
	(57)	**(70)**	**(58)**	**(13)**	**(62)**	**(59)**	**(52)**	**(57)**
ตะวันออก	42,950	70,552.06	40,575	35,919.45	21,014	56,671.85	21,000	53,917.25
	(15)	**(13)**	**(16)**	**(5)**	**(8)**	**(11)**	**(6)**	**(8)**
ตะวันตก	21,945	29,038.04	11,528	34,847.57	2,338	2,369.80	4,348	7,240.70
	(8)	**(5)**	**(5)**	**(5)**	**(1)**	**(0)**	**(1)**	**(1)**
ใต้	21,087	22,710.98	20,307	22.34	6,994	5,186.76	8,424	6,092.08
	(7)	**(4)**	**(8)**	**(0)**	**(3)**	**(1)**	**(2)**	**(1)**
รวมทั้งประเทศ	**282,189**	**560,828.84**	**251,699**	**680,970.77**	**276,690**	**496,321.68**	**345,107**	**713,027.20**
	(100)	**(100)**	**(100)**	**(100)**	**(100)**	**(100)**	**(100)**	**(100)**

ที่มา : กรมส่งเสริมการเกษตร, 2544.

หมายเหตุ : ตัวเฉขในวงเล็บแสดงอัตราส่วนร้อยละ

2.2 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของส้มเขียวหวาน

ส้มเขียวหวานมีลักษณะทางพฤกษศาสตร์ดังนี้ (อภิชาติ, 2543)

ลำต้น ไม่มีหนาม กิ่งแก่มีสีเขียวเข้ม ไม่มีขน มีรอยแผลเป็นตรงบริเวณที่ใบหลุด และต่อมน้ำมันจะกระจายอยู่ทั่วไป ลักษณะกิ่งอ่อนเป็นเหลี่ยมเรียว

ใบ รูปร่างค่อนข้างยาว รูปโล่ห์หรือรูปห่อปลาย ฐานใบมีลักษณะมน ส่วนปลายสุดของใบมีรอยเว้าเข้า ผิวท้องใบมีสีเขียวอมเหลือง ผิวหลังใบเป็นมันสีเขียวเข้ม ตัวใบมีกลิ่น ก้านใบมีปีกแคบ หรือไม่มีปีก มีสีเขียวอมเหลือง ใบมีขนาดเล็ก ความกว้าง 1.54-4 เซนติเมตร และยาว 5-8 เซนติเมตร

ดอก มีขนาดเล็ก ขนาดของดอกตูมมีความยาว 0.5-0.7 เซนติเมตร ดอกบานมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 1.5-2.5 เซนติเมตร ส่วนกลีบ ดอกสีขาวและมีต่อมน้ำมันกระจายอยู่แต่ละดอก มีจำนวนเกสรตัวผู้อยู่ในลักษณะแยกกัน 18-23 อัน ออกดอกในตำแหน่งซอกใบ เป็นดอกเดี่ยวหรือดอกช่อ

ผล มีรูปร่างกลม แบน ผิวเปลือกมีสีอมเหลือง หรือส้มอมเหลือง จนถึงแดงอมส้ม ลักษณะผิวเปลือกจะเรียบ มีต่อมน้ำมันอยู่ภายใน ส่วนเปลือกบาง มีความหนาประมาณ 0.2-0.3 เซนติเมตร มีกลิ่นหอมแรง เปลือกด้านในมีสีเหลืองอ่อน ภายในหนึ่งผลประกอบด้วยกลีบผลจำนวน 10-15 กลีบ แต่ละกลีบจะมีผนังบาง เนื้อมีน้ำมาก สีส้มรสหวานอมเปรี้ยวเล็กน้อย ก้านผลมีขนาดสั้น ขนาดผลแตกต่างกัน ตั้งแต่เส้นผ่าศูนย์กลาง 5-8 เซนติเมตร ยาว 4-7 เซนติเมตร ติดผลในลักษณะห้อยหัวลง

เมล็ด รูปร่างรูปไข่หัวกลับ เนื้อเยื่อส่วนสะสมอาหาร มีสีเขียวอ่อน หรือเขียวอมเหลือง จำนวนเมล็ดมีมากน้อยแตกต่างกันในแต่ละกลีบ จากหนึ่งเมล็ด สามารถเพาะต้นกล้าได้จำนวนมากมาย

2.3 การเจริญเติบโตและการพัฒนาของผลส้ม

การเจริญเติบโตของผลส้มเป็นแบบ simple sigmoid curve และสามารถแบ่งระยะการเจริญเติบโตและการพัฒนาของผลส้มออกได้เป็น 3 ระยะที่สำคัญ ดังนี้ (Kale and Adsule, 1995)

ระยะที่ 1 ระยะที่ผลส้มมีการแบ่งเซลล์ (cell division period) ซึ่งจะพบได้ในเนื้อเยื่อทุกชนิด ยกเว้นบริเวณชั้นนอกสุดของชั้น flavedo และส่วนปลายของถุงน้ำหวาน (juice sac) ผลจะมีขนาดเพิ่มขึ้น เนื่องจากมีการเจริญของส่วนที่เป็นเปลือก (peel) ซึ่งเกิดจากการที่เซลล์มีการแบ่งตัวร่วมกับเซลล์เกิดการขยายขนาดบ้างเล็กน้อย ทำให้มีการเพิ่มขนาดของผล

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ระยะที่ 2 ระยะที่ผลส้มมีการขยายขนาดของเซลล์ (cell enlargement period) เป็นระยะที่เกิดการพัฒนาของส่วนที่เป็นเนื้อ (pulp) ถุงน้ำหวานจะขยายตัวเต็ม และพบว่าปริมาณน้ำส้มและปริมาณน้ำตาลจะเพิ่มตามไปด้วย ผลส้มจะมีการเพิ่มขนาด ซึ่งเป็นผลมาจากการที่เซลล์มีการขยายตัวและเกิดการเปลี่ยนสภาพ เกิดการขยายตัวของชั้น albedo ซึ่งจะมีลักษณะเป็นเส้นใยสีขาวคล้ายฟองน้ำ เปลือกของผลเริ่มเปลี่ยนสีเมื่อผลเริ่มเข้าสู่ระยะแก่

ระยะที่ 3 ระยะผลแก่ (maturation period) สีเหลืองที่เปลือกของผลส้มจะเริ่มเปลี่ยนไปเป็นสีส้มและจะพบว่าปริมาณกรดที่พบในน้ำส้มจะลดลงและที่บริเวณเปลือกจะมีความหนาเพิ่มขึ้นเล็กน้อย น้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง และขนาดของผลยังคงเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ แต่ในอัตราที่ลดลง

2.4 ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของผลส้ม

ส้มจัดเป็นผลชนิด hesperidium ที่เจริญมาจาก superior ovary จึงแบ่งลักษณะทางสัณฐานวิทยาออกได้เป็น 3 ส่วน ดังนี้ (Ting and Attaway, 1971) (ภาพ 1)

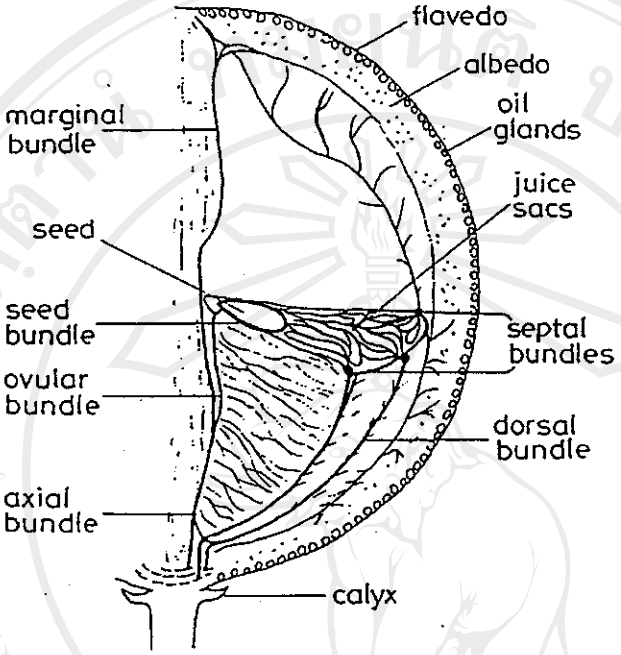
1. เปลือกชั้นนอก (exocarp) จะประกอบด้วยส่วนที่เป็นสีของเปลือกส้ม หรืออาจเรียกว่าชั้น flavedo ประกอบด้วยเซลล์จำนวนมากที่มีแคโรทีนอยเป็นองค์ประกอบ โดยจะเป็นตัวให้สีแสดงออกต่างๆ กัน ในพืชตระกูลส้ม เช่น ส้มเปรี้ยว แทนเจอรีน เกรฟฟรุต และมะนาว เป็นต้น บนผนังเซลล์ด้านนอกของเซลล์ผิว จะถูกปกคลุมด้วยคิวติน (cutin) และขี้ผึ้ง (wax) เป็นเครื่องป้องกันการสูญเสียน้ำของผลส้ม และสามารถพบต่อมน้ำมันได้ในชั้น flavedo ซึ่งเป็นโครงสร้างที่เกาะติดกับผิวของส้ม โดยภายในจะประกอบไปด้วย essential oil ที่มีลักษณะแตกต่างกันออกไปตามแต่ละสายพันธุ์ส้ม

2. เปลือกชั้นกลาง (mesocarp) อยู่ถัดจากชั้น exocarp เข้าไปโดยชั้น mesocarp หรือที่เรียกว่า albedo จะเป็นชั้นบางๆ สีขาว มีลักษณะคล้ายฟองน้ำ ประกอบไปด้วยสารจำพวกเพคตินและเฮมิเซลลูโลสจำนวนมาก ความหนาบางของชั้น albedo จะแตกต่างกันไปตามสายพันธุ์ เช่นในส้มเขียวหวาน หรือส้มจำพวกที่ปอกเปลือกง่าย เนื้อเยื่อชั้นนี้จะค่อนข้างบาง แต่ในเกรฟฟรุต และส้มโอ มักพบว่าเนื้อเยื่อในชั้นนี้จะมีความหนาถึง 1-3 เซนติเมตร และเรียกชั้น albedo และ flavedo รวมกันเป็น pericarp ซึ่งโดยทั่วไปจะรู้จักกันว่าเป็นเปลือกส้ม (rind หรือ peel) นั่นเอง

3. เปลือกชั้นใน (endocarp) หรือ pulp จะประกอบไปด้วยกลีบส้มจำนวนมาก (carpels or segment) ภายในกลีบส้มแต่ละกลีบประกอบด้วยเมล็ดเล็กน้อย และเต็มไปด้วยถุงน้ำส้มจำนวนมากที่เชื่อมติดกับผนังของกลีบส้มโดย vesicle stalk ถุงน้ำส้มจะขยายตัวตามการพัฒนาของผลส้ม องค์ประกอบทางเคมีจะถูกสร้างขึ้นในเนื้อเยื่อโดยจะมีความเข้มข้นขององค์ประกอบทางเคมีแตกต่างกันออกไปตามชนิดของเนื้อเยื่อ เช่นสาร flavonone glycoside ที่ผลิตในชั้นเนื้อเยื่อ albedo

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

จะมีความเข้มข้นมากกว่าที่พบในถุงน้ำส้ม หรือที่พบในชั้น flavedo และองค์ประกอบที่ทำให้มีรสขมจะพบมากที่เมล็ดและเนื้อเยื่อของถุงน้ำส้ม



ภาพ 1 ภาพตัดตามขวางแสดงส่วนประกอบของผลส้ม

ที่มา : Spiegel-Roy and Gold Schmidt, 1996.

2.5 โรคที่เกิดกับส้มหลังการเก็บเกี่ยว

โรคหลังการเก็บเกี่ยวที่สำคัญของส้ม ได้แก่ โรค Aspergillus black mold rot (*Aspergillus niger*) โรค grey mold rot (*Botrytis cinerea* Press.) โรค sour rot (*Geotrichum candidum* Link.) โรค stem end rot (*Dothiorella gregaria* Sacc., *Phomopsis citri* Frawcett, *Botryodiplodia theobromae* Pat.) โรค green mold rot (*Penicillium digitatum* Sacc.) และ โรค blue mold rot (*P. italicum* Wehmer) ซึ่งโรคราเขียว (green mold rot) และโรคราสีน้ำเงิน(blue mold rot) ซึ่งมักพบได้ทุกแห่งที่มีการปลูกส้ม เช่น สหรัฐอเมริกา คิวบา แอฟริกาใต้ อิสราเอล อียิปต์ และออสเตรเลีย รวมทั้งประเทศไทยด้วย (Snowdon, 1990) โรคข้างต้นสร้างความเสียหายให้กับผลส้มหลังการเก็บเกี่ยวอย่างมาก ทำให้ผลส้มมีคุณภาพไม่ดีและมีอายุการเก็บรักษาสั้น และยังเป็นโรคหลังการเก็บเกี่ยวที่สำคัญทางเศรษฐกิจของพืชตระกูลส้มทั่วโลก (Smilanick *et al.*,1995)

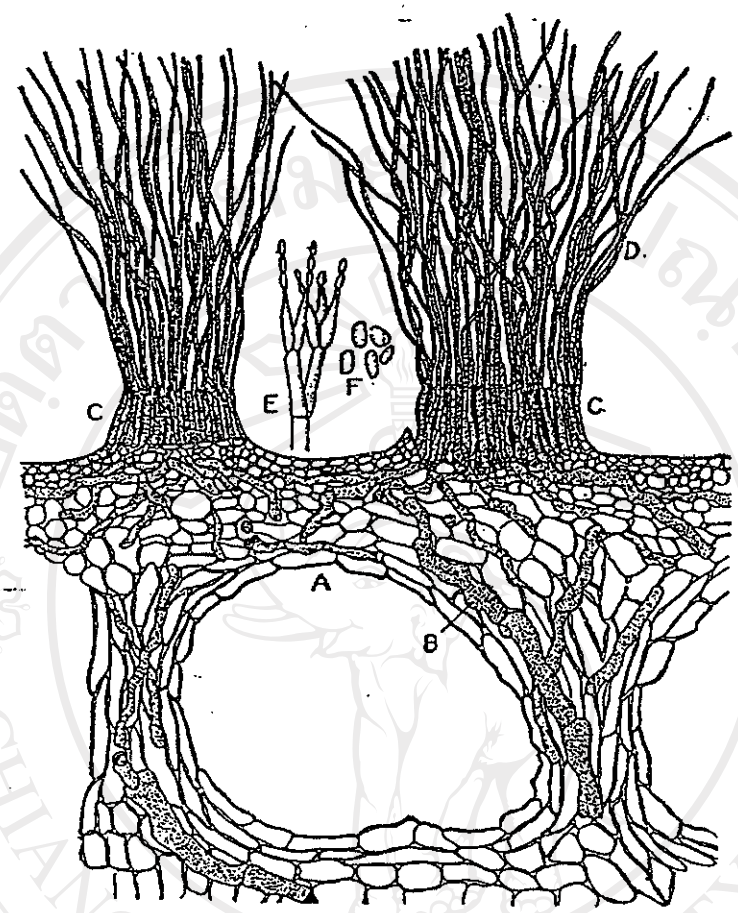
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

โรคราสีเขียว ที่เกิดจากเชื้อสาเหตุ *Penicillium digitatum* Sacc. มีรูปร่างลักษณะของโคโลนีบนอาหาร sugar gelatin, potato agar และ bean agar มีสีเขียวมะกอก รูปร่างไม่แน่นอน ไมซีเลียม (mycelium) เจริญแผ่กว้าง เส้นใยแตกเป็นกิ่งก้าน 2-3 กิ่ง โคนิโอฟอร์ (conidiophore) เกิดจากไมซีเลียม ไม่มีสี รูปร่างสั้น แตกแขนง และมีแขนงไม่สม่ำเสมอยาวประมาณ 30-100X4-5 ไมโครเมตร สายของสปอร์มักจะพันกันยาวประมาณ 16 ไมโครเมตร ขนาดและรูปร่าง conidia แต่ละสายจะมีลักษณะที่คล้ายกัน (ภาพ 2) อุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญของเชื้อคือ 25-30 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 89-91 เปอร์เซ็นต์ (Barnett and Hunter, 1998) แต่จะเจริญช้ามากที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส หรือเกินกว่า 30 องศาเซลเซียส (ดนัย, 2543)

ดนัย (2543) กล่าวว่า โรคราสีเขียวสามารถแพร่ระบาดจากผลหนึ่งไปสู่อีกผลหนึ่งได้ โดยการสัมผัสกันระหว่างผลที่ปกติกับผลที่เป็นโรค โดยอาการจะเริ่มที่ผิวของผลจะเกิดเป็นจุดฉ่ำน้ำที่เปลือก แผลจะขยายขนาดออกไปเป็นวงกว้าง เนื้อเยื่อจะเริ่มนิ่ม เมื่อกดด้วยนิ้วจะทะลุถึงส่วนที่เป็นเนื้อได้ เชื้อราจะสร้างเส้นใยสีขาวอยู่ที่ส่วนของเปลือก หลังจากนั้นจะสร้างกลุ่มของสปอร์สีเขียวมะกอกขึ้นตรงกลางแผล แล้วสปอร์สีเขียวมะกอกดังกล่าวจะฟุ้งกระจายได้ง่าย ลักษณะของแผลที่เด่นชัดและค่อนข้างเฉพาะตัวคือ เส้นใยจะเกิดขึ้นก่อนและขยายตัวไปพร้อม ๆ กับการนิ่มของผล แล้วจึงมีกลุ่มของสปอร์สีเขียวมะกอกขึ้นภายหลัง ส่วนของเส้นใยสีขาว จะติดอยู่กับเปลือก แต่สปอร์สีเขียวจะอยู่บนผิวและปลิวได้ง่าย ในสภาพความชื้นต่ำ แผลอาจจะแห้งไป แต่ถ้าความชื้นสูงอาการจะรุนแรงและอาจจะมีเชื้อราชนิดอื่นเข้าทำลายต่อ สีของกลุ่มสปอร์อาจจะแตกต่างไปบ้างตามอายุการเกิดโรค ในกรณีที่เกิดร่วมกับอาการของโรคราสีน้ำเงิน อาการของโรคราสีเขียวจะปรากฏขึ้นก่อน แต่ต่อมาอาการของโรคราสีน้ำเงินจะปกคลุมแผลทั้งหมด โดยการทำลายของโรคเน่าราสีเขียวจะเกิดเฉพาะส่วนเปลือกเท่านั้น แต่จะมีผลทำให้คุณภาพของเนื้อและน้ำในผลเสียไปด้วย

เชื้อราสาเหตุของโรคราสีเขียวจะเข้าทำลายผลที่มีแผลเท่านั้น เชื้อราจะแพร่กระจายมาจากผลที่เป็นโรคซึ่งตกหล่นอยู่ในโรงคัดบรรจุและในสวน การเข้าทำลายสามารถเกิดโดยเข้าทางแผลที่มีขนาดเล็กมาก เช่น ต่อมน้ำมันที่ผิวถูกทำลาย เป็นต้น (ดนัย, 2543) โดยปัจจัยสำคัญที่ทำให้การเข้าทำลายของเชื้อรา *Penicillium* ประสบผลสำเร็จ ได้แก่ จำนวนสปอร์ของเชื้อรา และความลึกของบาดแผล บาดแผลที่ลึกถึงแค่ชั้น flavedo หรือบริเวณส่วนนอกสุดของเปลือก เป็นส่วนที่มีสีส้มเหลือง ของชั้นเปลือกหุ้มผล พบว่ามีอัตราการเข้าทำลายต่ำ เนื่องจากบาดแผลที่ผลส้ม จะมีการพัฒนาในการต้านทานการเข้าทำลายของเชื้อรา เป็นผลมาจากการเกิด lignifications และบาดแผลแห้ง แต่บาดแผลที่ลึก 2-3 มิลลิเมตร ซึ่งลึกจนถึงชั้น albedo หรือ บริเวณส่วนสีขาวลักษณะคล้ายฟองน้ำของชั้นเปลือกหุ้มผลพบว่ามีอัตราการเข้าทำลายที่สูง (Eckert and Brown, 1992)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพ 2 เชื้อรา *Penicillium digitatum* Sacc. ที่เข้าทำลายบริเวณผิวส้ม

A คือ ต่อมน้ำมัน B คือ เส้นใยของเชื้อรา

C คือ ลักษณะของแผลที่เป็นตุ่ม D คือ ก้านชูสปอร์

E คือ สปอร์ที่เกิดบริเวณปลายเส้นใย F คือ สปอร์

ที่มา : Fawcett, 1936

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.6 ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดโรคหลังการเก็บเกี่ยว

1) คุณภาพของผลิตผล (product quality) ผลผลิตที่จะต้องเก็บรักษาหรือขนส่งระยะไกลต้องอยู่ในสภาพที่ดี ปราศจากรอยแผลหรือรอยช้ำ และความเสียหายอื่นๆ รอยช้ำหรือรอยแผลมีผลเสีย เพราะจะเป็นทางให้เชื้อสาเหตุของโรคเข้าทำลายได้โดยตรง และยังทำให้กระบวนการหายใจและคายน้ำของผลิตผลสูงขึ้น นอกจากนั้นยังทำให้รูปร่างลักษณะไม่ดีพอที่จะขายและสิ้นเปลืองค่าขนส่งด้วย ตัวอย่างเช่น ลูกพลัมจะเน่า 25 เปอร์เซ็นต์ ถ้าเก็บรักษาผลที่ช้ำ แต่จะเน่าเสียเพียง 1.3 เปอร์เซ็นต์ เมื่อใช้ผลที่ดีในการเก็บรักษา นอกจากนี้ คุณภาพในการเก็บรักษาและขนส่งยังขึ้นอยู่กับพันธุ์ สภาพแวดล้อมต่างๆ ก่อนการเก็บเกี่ยว และวิธีปฏิบัติต่อผลิตผลด้วย (ดนัย, 2543) การเกิดโรคหลังการเก็บเกี่ยวของผลไม้ส่วนใหญ่ในผลไม้ที่สุกแก่ได้มากกว่าในผลไม้ที่ยังดิบ สมบัติ (2536) และผลไม้ที่มีสภาพความแต่งสูง (ปริมาณน้ำในเซลล์สูง) มักจะถูกเชื้อโรคเข้าทำลายได้ง่าย (อรรณพ, 2532)

2) สภาพเนื้อเยื่อของผลิตผล (host tissue) สภาพของเนื้อเยื่อจะมีผลต่อการพัฒนาของโรคดังนี้ (ดนัย, 2543)

2.1 pH ของเนื้อเยื่อของพืชจะทำหน้าที่เหมือน selective media เนื้อเยื่อที่มี pH ต่ำกว่า 4.5 มักจะมีโรคที่เกิดจากแบคทีเรียน้อยกว่าเนื้อเยื่อที่มี pH สูงกว่า 4.5

2.2 การสุกของผลไม้ ผลไม้สุกมักจะอ่อนแอต่อการเกิดโรค ทั้งนี้เพราะในกระบวนการสุกของผลไม้นั้น แป้งจะเปลี่ยนเป็นน้ำตาลหรือมีการสังเคราะห์น้ำตาลมากขึ้น ซึ่งน้ำตาลเป็นอาหารที่ดีของเชื้อสาเหตุโรคพืชอย่างหนึ่ง นอกจากนั้นกระบวนการสุกของผลไม้ยังทำให้เพคติน (pectin) เปลี่ยนรูปจากโปรโตเพคติน (protopectin) ซึ่งไม่ละลายน้ำและแข็งเกิดเป็น เพคติน ซึ่งละลายน้ำและทำให้ผลไม้มีผิวที่อ่อนลงด้วย ในการเปลี่ยนแปลงสภาพของเพคตินนี้มีเอนไซม์โพลีกาแลคตูโรเนส (polygalacturonase) เข้ามาเกี่ยวข้อง

2.3 ส่วนประกอบของผนังเซลล์ ความสัมพันธ์ของแคลเซียมต่อส่วนประกอบของผนังเซลล์มีความสำคัญต่อการเกิดโรคหลังการเก็บเกี่ยวมาก การที่ผนังเซลล์ของผลไม้มีแคลเซียมสูง จะทำให้ผนังเซลล์มีความทนทานต่อการเข้าทำลายของเชื้อสาเหตุ โดยที่มีการทดลองที่แสดงให้เห็นว่าแอปเปิลที่ได้รับการฉีดพ่นด้วยเกลือของแคลเซียมมีการเกิดโรคเน่าน้อยกว่าปกติ

2.4 ปริมาณของเลนติเซล เลนติเซลเกิดขึ้นระหว่างการเจริญเติบโต โดยเกิดจากการฉีกขาดของผิวเมื่อเนื้อเยื่อชั้นคอร์เทค (cortex) เจริญเร็วกว่าผิว โดยผลไม้อาจจะสร้างสารซูเบอริน (suberin) ขึ้นมาเพื่อปิดเลนติเซลดังกล่าว ซึ่งการปิดนี้จะเกิดในอัตราต่างกันในแต่ละพันธุ์ของผลไม้ ผลไม้ที่มีการปิดเลนติเซลจะต้านทานโรคดีกว่า นอกจากนั้นความหนาของชั้นซูเบอรินก็สัมพันธ์โดยตรงกับการเกิดโรคด้วย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ช่องว่างในเลนติเซลที่ไม่มีซูเบอรินบุหรือมีไม่มากนักมักจะอ่อนแอต่อการเน่า แต่การต้านทานหรืออ่อนแอดังกล่าวจะขึ้นอยู่กับปัจจัยอื่นๆ ด้วย

2.5 ความสามารถในการซ่อมแซมรอยแผลของผลิตผลบางอย่าง เช่น มันเทศ มันสำปะหลัง และมันฝรั่ง สามารถสร้างเนื้อเยื่อซูเบอรินขึ้นมาเพื่อปิดรอยแผลได้เมื่อสภาพแวดล้อมเหมาะสม ดังนั้นหลังการเก็บเกี่ยวมันเทศและมันฝรั่งควรได้รับการผึ่ง (curing) ที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 90 เปอร์เซ็นต์ เพื่อให้เนื้อเยื่อสร้างซูเบอรินมาปิดปากแผล และป้องกันไม่ให้เชื้อสาเหตุเข้าทำลายได้ หอมหัวใหญ่ก็เช่นกัน เมื่อเก็บเกี่ยวมาใหม่ๆ ส่วนที่เป็นคอของต้นหอมจะฉ่ำน้ำ ต้องมีการปล่อยให้ส่วนนี้แห้ง เพื่อป้องกันการเข้าทำลายของเชื้อสาเหตุ

ผลไม้ไม่มีความสามารถในการสร้างสารดังกล่าว แต่อาจจะเกิดการออกซิไดซ์ของสารฟีนอล (phenolics) โดยเอนไซม์ฟีนอลออกซิเดส (phenol oxidase) ทำให้สารมีสมบัติในการระงับการเจริญของเชื้อสาเหตุบางชนิดได้

3) ปริมาณและชนิดของเชื้อโรค

อรรณพ (2532) กล่าวว่า ปริมาณและชนิดของเชื้อสาเหตุ ที่มีอยู่ทั้งในบริเวณปลูกในห้องเก็บรักษา โรงคัดบรรจุล้วนมีผลต่อการเจริญของเชื้อทั้งสิ้น และการเขตกรรม การรักษาความสะอาดจะเป็นปัจจัยที่มีผลกระทบต่อปริมาณของเชื้อที่มีอยู่ข้ามฤดูปลูก

ชนิดของเชื้อสาเหตุที่มีอยู่ก็เป็นสาเหตุอีกปัจจัยหนึ่ง เชื้อแต่ละชนิดจะมีศักยภาพในการเข้าทำลายผลิตผลได้บางชนิดเท่านั้น เช่น เชื้อรา *Penicillium digitatum* จะทำให้เกิดโรคเน่ากับผลไม้ในกลุ่มส้มเท่านั้น ส่วนเชื้อรา *Penicillium expansum* จะสามารถเข้าทำลายแอปเปิลและสาลี่เท่านั้น แต่จะไม่เกิดกับผลส้ม (สายชล, 2528)

4) สภาพแวดล้อม

คนัย (2543) กล่าวว่า การควบคุมสภาพแวดล้อม อาจจะควบคุมอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และบรรยากาศในห้องเก็บรักษา ไม่ให้เหมาะต่อการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์

4.1. การควบคุมอุณหภูมิ การควบคุมการจัดการเกี่ยวกับอุณหภูมิในห้องเก็บรักษา หรือในระหว่างการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวให้มีระดับต่ำ แต่ไม่ต่ำจนทำให้เกิดผลเสียแก่ผลิตผลจะควบคุมโรคได้ดี เช่นการใช้ตู้เย็น หรือห้องเย็นที่มีอุณหภูมิเหมาะสมสำหรับรักษาคุณภาพของผลิตผลเป็นต้น

4.2. การควบคุมความชื้น ทั้งความชื้นสัมพัทธ์สูงและต่ำ มีความสัมพันธ์กับการควบคุมโรคหลังการเก็บเกี่ยว ในสภาพจริงๆ และตามทฤษฎีนั้น ความชื้นสัมพัทธ์จะเปลี่ยนแปลงไปเพราะการหายใจของผลิตผล หรือการที่อุณหภูมิผันแปรขึ้นๆ ลงๆ เป็นต้น ในการเก็บรักษาผลิตผลนั้นต้องควบคุมอุณหภูมิให้คงที่เพราะจะมีผลต่อความชื้นสัมพัทธ์ด้วย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ในห้องเก็บรักษาทั่วไปมักมีความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศสูง จึงต้องระมัดระวังอย่าให้เกิดหยดน้ำขึ้นที่ผิวของผลิตผล เพราะจะทำให้สปอร์ของเชื้อรางอกได้ และเข้าทำลายผลิตผลต่อไป เมื่อผลิตผลถูกนำออกจากห้องเย็นมาสู่อุณหภูมิปกติข้างนอก มักเกิดหยดน้ำที่ผิวของผลิตผลซึ่งจะส่งผลเสียเช่นเดียวกัน (ดนัย, 2545)

4.3. การควบคุมสภาพบรรยากาศ รวมทั้งการเปลี่ยนแปลงของก๊าซออกซิเจน ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ไนโตรเจน คาร์บอนมอนนอกไซด์ และเอทธิลีน จะมีผลกระทบต่อทั้งผลิตผลเอง และเชื้อสาเหตุ วิธีการควบคุมปริมาณก๊าซใช้ควบคุมการเน่าเสียของผลไม้ และผักบางชนิดได้ดี แต่อาจจะให้ผลในทางตรงกันข้ามกับผลิตผลอีกหลายชนิด ดังนั้นการควบคุมปริมาณก๊าซจะต้องทำด้วยความระมัดระวังเพื่อหลีกเลี่ยงผลเสียที่อาจเกิดขึ้น

2.7 การป้องกันความเสียหายของผลส้มภายหลังการเก็บเกี่ยว

1) การใช้อุณหภูมิต่ำ

เชื้อราหลายชนิดไม่สามารถสร้างสปอร์ได้ในสภาพที่มีอุณหภูมิต่ำ เช่น ในห้องเย็น ดังนั้นการควบคุมโรควิธีหนึ่งคือ การให้ผลิตผลอยู่ในสภาพที่มีอุณหภูมิต่ำที่สุดที่สามารถทนได้ (ดนัย, 2545)

2) การใช้อุณหภูมิสูง

จากการศึกษาผลของการใช้อุณหภูมิสูงกับพืชตระกูลส้ม พบว่า การใช้อุณหภูมิสูงกับผลส้มพันธุ์ Valencia โดยการจุ่มในน้ำอุณหภูมิ 48 องศาเซลเซียส นาน 2 นาที 53 องศาเซลเซียส 12 นาที (สภาพ sterile) อุณหภูมิที่แกนกลางผล 45 องศาเซลเซียส 42 นาที และอุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง พบว่า ชุดการทดลองที่ให้อุณหภูมิภายในผล 45 องศาเซลเซียส นาน 42 นาที สามารถฆ่าสปอร์ของเชื้อรา *Colletotrichum gloeosporioides*, *Penicillium digitatum* และ *Penicillium italicum* ได้ดีกว่าทุกชุดการทดลอง และมีคุณภาพของผลส้มที่ดีกว่าเช่นกัน (Lurie *et al.*, 1990) ต่อมา Richard *et al.* (1994) ได้ทำการศึกษากับผลเลมอนโดยการปลูกเชื้อรา *Penicillium digitatum* และบ่มเชื้อทิ้งไว้นาน 18 ชั่วโมงที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส จากนั้นนำไปแช่ในน้ำร้อนที่ผสมคลอรีนในอัตราส่วน 150 มิลลิกรัมต่อน้ำ 1 ลิตร พบว่าผลเลมอนที่แช่ในน้ำร้อน 32 องศาเซลเซียส นาน 48 ชั่วโมง สามารถลดการเน่าเสียของผลเลมอนที่ได้รับการปลูกเชื้อได้ดี นอกจากนี้ Schirra and Hallewin (1997) ได้ทำการศึกษาแช่ผลส้มพันธุ์ Fortune ในน้ำร้อน 50-54 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 3 นาที แล้วนำไปเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 6 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วัน แล้วนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 วัน พบว่าสามารถลดการเกิดอาการสะท้านหนาวและการเน่าเสียของผลเมื่อนำไปเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิต่ำได้ และยังพบว่าหากใช้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

อุณหภูมิของน้ำร้อนที่สูงเกินไปจะชักนำให้ผลส้มเกิดความเสียหายเนื่องจากความร้อน (heat damage) ซึ่งผลจะมีสีน้ำตาลคล้ำได้

ขัตติยา (2540) ได้ศึกษาการใช้ความร้อนเพื่อลดการเกิดโรคบนผลส้ม โดยทำการทดสอบการงอกของสปอร์เชื้อรา พบว่าสปอร์เชื้อรา *Penicillium digitatum* หลังจากจุ่มสปอร์ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 40, 44, 48 และ 52 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที มีการงอกช้าลงตามลำดับของอุณหภูมิที่สูงขึ้น เมื่อทดสอบการควบคุมโรคบนผลส้มที่เกิดจากเชื้อราดังกล่าว การใช้น้ำร้อนที่อุณหภูมิ 48 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที ให้ผลในการควบคุมโรคได้ดีที่สุด ส่วนการใช้อุณหภูมิสูงระหว่าง 52-58 องศาเซลเซียสในระยะเวลา 2-8 นาที ไม่สามารถลดการเน่าเสียของผลส้มได้เลย

3) การใช้รังสี

การฉายรังสีบนผลไม้หลังการเก็บเกี่ยว เป็นอีกทางเลือกหนึ่ง เพื่อลดปริมาณการใช้สารเคมีโดยแสง UV จะทำให้เชื้อที่เกาะบนผิวตายได้ จากการทดลองของ Jagger (1967) พบว่าการฉายรังสีมีผลต่อเนื้อเยื่อชั้น flavedo และทำให้เกิดลักษณะเลื่อมมันที่ผิวของผลส้ม ทำให้เนื้อแน่นขึ้น ซึ่งอาจเกี่ยวข้องกับการชักนำให้เกิดการสร้างสารคล้าย lignin ในบริเวณดังกล่าว และ Stevens *et al.* (1996) รายงานต่อมาว่า การใช้ UV-C ที่ความยาวคลื่นแสง 254 nm สามารถลดปัญหาการเน่าเสียของส้ม ท้อ และแอปเปิลได้ และยังช่วยชะลอการเจริญของเชื้อที่เป็นสาเหตุของโรคต่างๆ ได้ เช่น *Penicillium digitatum* ที่เป็นสาเหตุของโรคราเขียวในผลส้มได้

4) การใช้สารเคมีป้องกันกำจัดเชื้อรา

การใช้สารเคมี เป็นอีกวิธีหนึ่งที่สามารถนำมาใช้ในการยับยั้งการเจริญของเชื้อสาเหตุโรคหลังการเก็บเกี่ยวของส้มได้ และเชื้อ *Penicillium* เป็นอีกเชื้อสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดโรคหลังการเก็บเกี่ยวได้ จึงทำให้เริ่มมีการศึกษาผลการใช้สารเคมีในการควบคุมเชื้อชนิดนี้ โดย Diaz *et al.* (1987) ได้ทำการศึกษาผลของการใช้ Imazalil และ Prochloraz ที่ความเข้มข้นสูงกว่า 100 ppm พบว่ามีผลในการควบคุมเชื้อ *Penicillium* สาเหตุของโรคหลังการเก็บเกี่ยวของส้มได้ และ D' Aquino *et al.* (1998) ศึกษาการจุ่มส้มใน Imazalil ที่ความเข้มข้น 500 ppm เป็นเวลา 2 นาที แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส ที่ความชื้นสัมพัทธ์ 60 เปอร์เซ็นต์ ช่วยยับยั้งการเน่าเสียของส้มที่เกิดจากเชื้อ *Penicillium digitatum* ได้ นอกจากนี้ Holme (1999) ยังกล่าวอีกว่าเมื่อใช้สาร Imazalil ที่ pH 5.1-5.9 จะทำให้ Imazalil มีประสิทธิภาพในการควบคุมเชื้อ *Penicillium digitatum* และเชื้อ *P. italicum* เพิ่มมากขึ้น เนื่องจาก pH ดังกล่าวจะทำให้เชื้ออ่อนแอลง

คนัย (2543) กล่าวว่า ไบฟีนิล (Biphenyl) เป็นสารเคมีที่ใส่ลงไปกับภาชนะบรรจุผลไม้พวกส้ม โดยสารไบฟีนิลจะระเหยกลายเป็นไออยู่ในกล่องป้องกันการสร้างสปอร์ของเชื้อรา *Penicillium*

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

digitatum และ เชื้อ *P. italicum* ในระหว่างการขนส่งและเก็บรักษา รวมถึงสารเคมีในกลุ่มของเบนซิมิดาโซล (Benzimidazole) ที่มีประสิทธิภาพสูงในการป้องกันการเข้าทำลายทางแผลของเชื้อราหลายชนิดในระหว่างการจัดการหลังการเก็บเกี่ยว โดยที่อัตราความเข้มข้นสูงของ ไธอะเบนดาโซล (Thiabendazole) ประมาณ 4-6 กรัม /ลิตร และบีโนมีล (Benomyl) 2-3 กรัม/ลิตร สามารถป้องกันสปอร์ของเชื้อรา *Penicillium* และเชื้อราชนิดอื่นๆ บนผิวของผลไม้ที่เป็นโรคได้ จึงใช้ควบคุมโรคของผลไม้ตระกูลส้มได้ดี

จากการทดลองของ Lindsay (2001) ปรากฏว่า สารกำจัดเชื้อรา Benzimidazole, Benomyl, Thiabendazole และ Thiophanate methyl สามารถยับยั้งเชื้อรา *Penicillium digitatum* ได้ แต่ไม่ค่อยได้ผลในส้ม นอกจากนี้ Smid and Gorris (1995) พบว่ามีการใช้ 3.9 mM Cinnamaldehyde ในการยับยั้ง เชื้อรา *Penicillium hirsutum* ได้ โดยสารนี้จะให้ผลกับเชื้อราดีเป็น 40 เปอร์เซ็นต์ แต่ไม่ได้ผลกับแบคทีเรียมากนัก และจากการรายงานของ Johnson *et al.* (2001) พบว่าสาร Orthophenylphenol (OPP) ที่ความเข้มข้น 10 ppm และสาร Phenylhydroquinone (PHQ) ที่ความเข้มข้น น้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.439 ppm ช่วยให้ผลส้มมีความทนทานต่อการเกิดโรคและช่วยเพิ่มอายุในการวางจำหน่ายได้

จากการทดลองของ กฤษฎา (2545) ได้ศึกษาพบว่า การใช้เอทธานอล และอะซิตัลดีไฮด์สามารถควบคุมโรคราสีเขียวบนผลส้มได้โดยไม่ทำให้เกิดผลกระทบต่อคุณภาพผลส้มหลังการเก็บเกี่ยวได้

5) การใช้กรด

ดนัย (2543) กล่าวว่า กรดซอร์บิค สามารถใช้ในการควบคุมโรคของผลไม้ตระกูลส้มได้ในโรงคัดบรรจุ โดยเฉพาะกับเชื้อรา *Penicillium* สายพันธุ์ที่ต้านทานต่อ Benzimidazole โปแตสเซียมซอร์เบท (potassium sorbate) ใช้ในการควบคุมโรคขั้วเน่าของส้มที่เกิดจาก *Phomopsis* และ เชื้อรา *Penicillium* ซึ่งมีประสิทธิภาพเท่ากับ SOPP แต่การใช้ซอร์เบทจะมีประสิทธิภาพน้อยกว่า Benomyl และ Thiabendazole ในกรณีของเชื้อรา *Penicillium*

6) การใช้สารประกอบเกลือที่ละลายน้ำได้

6.1 ลักษณะทั่วไป

จินดา (2528) ได้แบ่งเกลือออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ เกลือทะเลที่ได้จากน้ำทะเล และเกลือสินเธาว์ซึ่งผลิตกันมากทางภาคตะวันออกเฉียงเหนือของไทย โดยทั่วไป เกลือสินเธาว์จะแบ่งเป็นประเภท และมีชื่อเรียกตามวิธีการผลิตดังนี้

ก. เกลือขี้ทา เป็นเกลือพื้นบ้านที่ผลิตจากขี้ทา หมายถึง คราบเกลือที่ปนอยู่บนผิวดิน ผลิตโดยใช้วิธีกวาดเอาขี้ทามาละลายน้ำเพื่อกรองแล้วนำไปต้มให้แห้ง เคี่ยวจนเป็นเกลือเม็ด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ข. เกลือน้ำหรือเกลือบาดาล เป็นเกลือที่ผลิตจากน้ำเกลือใต้ดินจากบ่อบาดาล ถ้านำมาต้มหรือนำมาตากแดดในลักษณะของการทำนาเกลือ เรียกว่า เกลือตากหรือเกลือดิน

ค. เกลือหินเป็นเกลือที่อยู่ใต้ดินเกิดจากการตกตะกอนสะสมตัวของน้ำทะเล เนื่องจากน้ำทะเลระเหยตัวออกไป ความเข้มข้นมากขึ้นจึงเกิดการตกตะกอนเป็นผลึกเกลือสะสมเป็นชั้นๆ มักแทรกตัวอยู่ในชั้นของหินดินดาน หินปูน หรือพบว่าเกิดเป็นชั้นร่วมกับยิปซั่ม แอนไฮไดรท์ ดินเหนียว และทราย เกลือหินสามารถนำมาบริโภคโดยตรง เป็นการปรุงรสอาหารเช่นเดียวกับเกลือทะเล แต่เกลือหินไม่มีไอโอดีน ซึ่งเป็นธาตุอาหารที่ช่วยป้องกันโรคคอหอยพอกผสมอยู่ ทำให้คุณค่าด้านโภชนาการด้อยกว่าเกลือทะเล นอกจากนี้ยังนำไปใช้เป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมหลายประเภท อาทิ อุตสาหกรรมเคมี เช่น การผลิตโซดาไฟ โซดาแอช คลอรีน และกรดเกลือ อุตสาหกรรมอาหาร เช่น หมักปลา ดองผักผลไม้ และเก็บรักษาอาหาร รวมทั้งอุตสาหกรรมย้อมผ้า

6.2 คุณสมบัติในการฉนอมอาหารของสารประกอบเกลือ

คุณสมบัติในการฉนอมอาหารของสารประกอบเกลือ กล้าณรงค์ (2521) ได้รวบรวมรายละเอียดได้ดังนี้

ก. เกลือเป็นตัวลดความชื้นหรือลด water activity (Aw) ของอาหารลง เนื่องจากสารละลายที่เกิดขึ้นมานั้น น้ำจะถูกแรงดึงตัวเกาะกันกับเกลือเกิดเป็น ion hydration ขึ้น คุณสมบัติของน้ำจึงเปลี่ยนไป ซึ่งค่า water activity (Aw) หมายถึง ความเป็นอิสระของน้ำในแง่ของจุลินทรีย์ที่จะนำไปใช้ได้ ถ้าใช้น้ำบริสุทธิ์ที่จุลินทรีย์สามารถเจริญเติบโตได้ดีที่สุดอยู่ในอาหารจะมี Aw เท่ากับ 1 ซึ่งเป็นค่าสูงสุด และค่า Aw จะต่ำสุดเมื่อน้ำนั้นไม่เหลือคุณสมบัติของตัวมันเองอยู่เลย

ข. ในสารละลายเกลือมีการ dehydration ของเซลล์เกิดขึ้นอันเนื่องจาก osmotic pressure และเป็นเหตุให้เซลล์ของจุลินทรีย์เกิดการเสียน้ำอย่างแรง (plasmolysis) เชื้อจุลินทรีย์จึงหยุดการเจริญเติบโต

ค. เกลือมีความเป็นพิษต่อเชื้อจุลินทรีย์โดยตรง โดย Fabian *et al.* (1929) ได้แสดงให้เห็นว่าอนุมูลพวก sodium, potassium, calcium และ magnesium มีความเป็นพิษต่อจุลินทรีย์

ง. น้ำเกลือช่วยลดการแพร่หรือการแทรกซึมของออกซิเจน ดังนั้น จำนวนออกซิเจนจึงซึมลงไปในสารละลายได้น้อยลง จุลินทรีย์ที่ต้องการใช้ออกซิเจนจะเจริญเติบโตได้ยากขึ้น

จ. เกลือเป็นตัวทำลายเอนไซม์บางชนิด เนื่องจากเมื่อเกลือมีความเข้มข้นได้ระดับ จะสามารถทำให้โปรตีนบางตัวเกิด denature และเสียคุณสมบัติ ดังนั้นจุลินทรีย์จึงหยุดการเจริญเติบโต

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

6.3 รูปแบบการใช้สารประกอบเกลือ

เกลือเคมีที่ละลายน้ำได้ เช่น ออโธ-ฟีนิลฟีเนต และโซเดียมคาร์บอเนต นั้นทำให้สารสามารถกระจายตัวได้บนผลิตผล ซึ่งดนัย (2536) รายงานว่าข้อได้เปรียบของสารเคมีที่มีการกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอบนผิวผลิตผล คือ สามารถป้องกันการเข้าทำลายและการสร้างสปอร์ของเชื้อราได้ ทำให้โรคไม่แพร่ระบาดไปยังผลข้างเคียง จากรายงานการวิจัยที่ผ่านมา Palou *et al.*(2002) พบว่าสารละลายโซเดียมคาร์บอเนตความเข้มข้น 3% ที่อุณหภูมิสาร 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 150 วินาที แล้วเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 3-5 องศาเซลเซียส ช่วยลดการเกิดโรคราเขียวและราสีน้ำเงินในผลส้มได้ดี เมื่อทำการศึกษาต่อก็พบว่า การจุ่มส้มในสารละลายโซเดียมไบคาร์บอเนต ความเข้มข้น 3 เปอร์เซ็นต์ ที่อุณหภูมิปกติ ช่วยควบคุมโรคทั้งสองได้ 40-60 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้สารละลายโซเดียมคาร์บอเนตและโซเดียมไบคาร์บอเนต ที่ความเข้มข้น 3 เปอร์เซ็นต์ และที่อุณหภูมิของสารละลาย 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 นาที แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส ช่วยลดการเกิดโรคราเขียวในส้มและมะนาวได้ (Smilanick *et al.*, 1999) นอกจากนี้การใช้สารละลายโซเดียมไบคาร์บอเนตที่ความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับการทำ hot water treatment (HWT) ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส สามารถควบคุมโรคราเขียวบนผลส้มได้ 80-85 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับการใช้สาร Imazalil ที่สามารถควบคุมโรคราเขียวได้ดีถึง 95 เปอร์เซ็นต์ (Porat *et al.*, 2002)

สุทัศน์เทียม (2544) ได้ศึกษาผลของสารโซเดียมคลอไรด์ต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาผลมะนาว โดยแช่ผลมะนาวที่ความเข้มข้นต่างๆ ที่อุณหภูมิของสารละลาย 55 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส และ 25 องศาเซลเซียส พบว่า มะนาวที่แช่ในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ ความเข้มข้น 0.50 เปอร์เซ็นต์ สามารถเก็บรักษาได้นาน 70 วัน ขณะที่ชุดควบคุมเก็บรักษาได้ 40 วัน

การใช้เกลือโซเดียมไฮโปคลอไรท์ผสมลงในน้ำที่ใช้ล้างทำความสะอาดผลิตผล สามารถควบคุมเชื้อ *Monilinia fructicola* และ *Rhizopus stonifer* ได้ ในผลท้อนิยมใช้ active chlorine ผสมในน้ำที่ใช้ลดความร้อนของผลไม้ โดยใช้ที่ความเข้มข้น 0.02 เปอร์เซ็นต์ ช่วยชะลอการเน่าของผลได้ (Eckert and Sommer, 1976)

นอกจากนี้ Sofos and Busta (1993) รายงานว่า เกลือซอร์เบท มีประสิทธิภาพในการยับยั้งยีสต์และราได้ดีกว่าแบคทีเรีย ที่ความเข้มข้น 0.05-0.3 เปอร์เซ็นต์ให้ผลในการยับยั้งจุลินทรีย์ในอาหารมากที่สุด ในอุตสาหกรรมอาหารนิยมใช้เกลือโปแตสเซียมซอร์เบท เพราะละลายน้ำได้ดีที่สุด มีความคงตัวสูงและวิธีการผลิตไม่ยุ่งยาก Karabulut *et al.* (2001) พบว่าเกลือโปแตสเซียมซอร์เบทที่ความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ ช่วยชะลอความเสียหายหลังการเก็บรักษาใน sweet cherries ได้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

7) สารเคลือบผิว

ลักษณะผิวและเนื้อเยื่อที่อยู่ใต้ผิวของผักและผลไม้จะมีผลต่ออัตราการสูญเสียน้ำ โดยปกติผลิตผลจะสูญเสียน้ำได้สองทาง คือทางผิวในรูปของการแพร่กระจายไอน้ำระเหยออกสู่อากาศ และการสูญเสียน้ำออกทางรูเปิดธรรมชาติ เช่น ปากใบ และเลนติเซล (ดนัย, 2535) บนผนังเซลล์ด้านนอกของเนื้อเยื่อ epidermis มีชั้นของ cuticle ปกคลุมอยู่ เป็นเครื่องกีดขวางการผ่านเข้าออกของน้ำเป็นอย่างดี เพราะประกอบไปด้วยสารประเภทไข ได้แก่ wax และ cutin ซึ่งมีคุณสมบัติไม่ชอบน้ำ (hydrophobic) การขัดขวางการเคลื่อนที่ของโมเลกุลของน้ำนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของ wax และลักษณะทางกายภาพของ wax มากกว่าความหนาแน่นของชั้น wax wax ที่มีลักษณะเป็นแผ่นหรือเกล็ดเล็กๆ เรียงซ้อนกัน จะป้องกันน้ำได้มากกว่า wax ที่ไม่มีลักษณะพิเศษแต่อัดตัวเป็นชั้นหนา เพราะโมเลกุลของน้ำจะต้องผ่านชั้นของ wax และช่องว่างที่เป็นอากาศหลายชั้นกว่าจะออกไปถึงผิวของผลิตผล สำหรับชนิดของ wax มีลักษณะเป็น soft wax ให้คุณสมบัติในการลดการคายน้ำดีกว่า hard wax ซึ่งให้ความเป็นมันเงามากกว่า (จริงแท้, 2541) ขั้นตอนการทำความสะอาดผลิตผลจะทำให้ไขตลอดจนโครงสร้างอื่นๆ เช่น เลนติเซล ที่มีอยู่ตามธรรมชาติบนผิวของผลิตผลหลุดหายไป ส่งผลให้เกิดการสูญเสียน้ำเกิดขึ้นมากกว่าปกติ จำเป็นต้องมีการเคลือบผิวทดแทนส่วนที่หายไปในภายหลัง

การเคลือบผิวผลิตผลจะทำให้ลักษณะที่ปรากฏ เมื่อมองด้วยตาเปล่าดีขึ้น สามารถยืดอายุการเก็บรักษาผลิตผลได้ และจัดเป็นการเก็บรักษาผลิตผลแบบดัดแปลงสภาพบรรยากาศ เพราะการเคลือบผิวจะเป็นการจำกัดการแลกเปลี่ยนก๊าซภายในผลิตผล และทำให้ปริมาณของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ซึ่งเกิดจากการหายใจมีมาก มีผลไปยับยั้งการทำงานของเอทธิลีน (Hulme, 1971) ข้อดีของการเคลือบผิว คือสามารถผสมสารอื่นที่ส่งผลดีลงไปกับสารเคลือบผิวได้ เช่น สารป้องกันเชื้อรา และสี ซึ่งจะได้ผลดียิ่งขึ้นหากมีการใช้ร่วมกับการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ (Kader *et al.*, 1985) นอกจากนี้ระดับความเข้มข้นของสารเคลือบผิวยังมีผลต่อคุณภาพของผลไม้ โดยสารเคลือบผิวที่มีความเข้มข้นต่ำหรือเคลือบบางเกินไปจะลดการคายน้ำและจำกัดการแลกเปลี่ยนก๊าซได้น้อย ขณะที่ความเข้มข้นสูงหรือการเคลือบหนาเกินไปนอกจากจะสิ้นเปลืองสารยังทำให้ผลไม้ขาดก๊าซออกซิเจน เกิดการหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจน ทำให้เกิดกลิ่น และรสชาติผิดปกติได้ (Arthey, 1975) ดังนั้นคุณสมบัติของสารเคลือบผิวที่เหมาะสมสำหรับผลไม้ตระกูลส้ม ควรมีความมันเงา จำกัดการสูญเสียน้ำเพื่อลดการเหี่ยวของผล และยอมให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และออกซิเจนซึมผ่านได้อย่างเพียงพอเพื่อป้องกันการเกิดกลิ่นผิดปกติ (Kaplan, 1986 อ้างโดย Hagenmaier and Baker, 1995)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

จากการศึกษาของสุภาพ (2531) รายงานว่า การใช้สารเคลือบผิว Citrus Shine ความเข้มข้น 60 เปอร์เซ็นต์ และ 80 เปอร์เซ็นต์ เคลือบผิวผลส้มตรา ทำให้น้ำหนักสดลดลง 11.71 เปอร์เซ็นต์ และ 12.20 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ขณะที่การไม่เคลือบผิวมีน้ำหนักสดลดลง 17.90 เปอร์เซ็นต์ และนิตยา (2531) ได้ทำการศึกษา เคลือบผิวมะม่วงเขียวเสวยด้วย Semperfresh ความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ พบว่าสามารถชะลอการสุกได้ 1 สัปดาห์ ซึ่งให้ผลดีกว่าผลที่ไม่ได้เคลือบ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13-15 องศาเซลเซียส และสุกเมื่อครบ 25 วัน จากนั้นธรรมภรณ์ (2534) ได้ทำการศึกษาต่อไป โดยทดลองใช้สาร Semperfresh มาเคลือบผิวมะม่วงพันธุ์หนังกลางวัน และเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง พบว่า ผลมะม่วงที่เคลือบผิวด้วย Semperfresh ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ มีอายุการเก็บรักษาได้นาน 12 วัน มีกระบวนการสุก กลิ่นและรสชาติปกติ ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้น้อยลง มีปริมาณกรดทั้งหมด และความแน่นเนื้อมากกว่าผลมะม่วงที่ไม่ได้เคลือบผิว นอกจากนี้ปรีดา(2536) ได้ทำการทดลองเคลือบผิวส้มเขียวหวานโดยใช้สารเคลือบผิวที่เตรียมจาก carnauba ความเข้มข้น 0-15เปอร์เซ็นต์ และ shellac ความเข้มข้น 0-20 เปอร์เซ็นต์ พบว่าสารเคลือบผิวที่เตรียมจาก carnauba ช่วยป้องกันการสูญเสียน้ำหนักได้ 60 เปอร์เซ็นต์ โดยไม่จำกัดการแลกเปลี่ยนก๊าซ ไม่มีผลต่อปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ กรดที่ไตเตรทได้ และกรดแอสคอบิคในน้ำคั้น ส่วนสารเคลือบผิวที่เตรียมจาก shellac สามารถป้องกันการสูญเสียน้ำหนักได้เพียง 20 เปอร์เซ็นต์ และจำกัดการแลกเปลี่ยนก๊าซ นอกจากนี้ยังพบว่าสารเคลือบผิวทั้งสองไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพภายใน สำหรับวิกันดา (2541) ได้ศึกษาพบว่า การใช้ Sta-fresh 310 ความเข้มข้น 75 เปอร์เซ็นต์ ในการเคลือบผิวส้ม มีผลในการป้องกันการสูญเสียน้ำหนัก อัตราการหายใจและเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคได้ดีที่สุด

ส่วนการศึกษา การเคลือบผิวผลิตผลด้วยไคโตแซน พบว่าไคโตแซน (chitosan) เป็นอนุพันธุ์ของไคตินซึ่งเป็นโพลีเมอร์ชีวภาพ ในกลุ่มคาร์โบไฮเดรทที่มีมากเป็นอันดับสองรองจากเซลลูโลส (cellulose) ไคตินมีสูตรโครงสร้างคล้ายคลึงกับเซลลูโลสซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักของผนังเซลล์ของพืช แต่ไคตินเป็นโพลิเมอร์ของสัตว์ (Austin *et al.*, 1981) แหล่งที่พบไคตินได้มาก เช่น ในเปลือกสัตว์พวกครัสเตเซียน ไคตินช่วยให้เปลือกสัตว์เหล่านี้แข็งแกร่ง และยังพบในสิ่งมีชีวิตอื่นๆ ทั้งพืชและ จุ ลินทรีย์ นอกจากนี้ยังพบไคตินบุระบบย่อยอาหาร ระบบขับถ่ายของสัตว์หรือพบตามผนังเซลล์ของเห็ดรา ยีสต์ แบคทีเรีย โดยจะรวมอยู่ในสารพวกโพลีแซคคาไรด์ (มยุรา, 2539) ส่วนไคโตแซนได้จากกระบวนการ deacetylation ของไคตินโดยดึง acetyl group ออกได้เป็น D-glucosamine polymer ซึ่งเป็น amino sugar (Filar and Wirick, 1978) คุณสมบัติที่สำคัญของไคโตแซน คือ สามารถขึ้นรูปเป็นแผ่นฟิลม์ใสเหนียวและยืดหยุ่น ใช้ห่อหุ้มอาหาร

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เนื่องจากรับประทานได้ และทนความร้อนสูง สามารถควบคุมการผ่านเข้าออกของออกซิเจน และคาร์บอนไดออกไซด์ จึงมีผลต่อเมตาโบลิซึมของผลไม้

El-Ghaouth *et al.*, (1991)รายงานว่า ไคโตแซนที่ความเข้มข้น 1.0 และ 1.5 เปอร์เซ็นต์ ที่เคลือบลงบนผลสตรอเบอรีสด สามารถยับยั้งโรคจากเชื้อราที่เก็บที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส ได้ไม่แตกต่างจากสารยับยั้งเชื้อรา Roval และเมื่อทำการศึกษาต่อไปกับผลมะเขือเทศ พบว่า ไคโตแซนที่ความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ จะให้ผลในการยืดอายุการเก็บรักษาได้ดีกว่ากลุ่มที่เคลือบผิวด้วยความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ และดีกว่ากลุ่มที่ไม่ผ่านการเคลือบผิวตลอดการทดลอง และสามารถลดการเกิดโรค *Botrytis cinerea*ในมะเขือเทศ ที่ความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ (El-Ghaouth *et al.*, 1992) และเมื่อทำการทดสอบการเคลือบผิวผลลิ้นจี่พันธุ์ Huaizhi ด้วยไคโตแซนเข้มข้น 1.0 เปอร์เซ็นต์ ก็พบว่า ไคโตแซนสามารถชะลอการเกิดสีน้ำตาล (browning) ที่เปลือกผลลิ้นจี่ได้ นอกจากนี้ยังช่วยยับยั้งการเกิดโรคในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ที่ความชื้นสัมพัทธ์ 90 เปอร์เซ็นต์ (Zhang and Quantick, 1997) สุทัศน์เทียม (2544) ศึกษาผลของการเคลือบผิวมะนาวด้วยไคโตแซน ความเข้มข้น 0.10, 0.25และ 0.50 เปอร์เซ็นต์ พบว่า การเคลือบผิวสามารถลดการสูญเสียน้ำหนักของผลมะนาวหลังการเก็บเกี่ยวได้ โดยอัตราการสูญเสียน้ำหนักจะลดลงเมื่อระดับความเข้มข้นของสารเคลือบผิวเพิ่มขึ้น และนอกจากคุณสมบัติเป็นสารเคลือบผิวที่ช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตผลแล้ว ไคโตแซนยังมีคุณสมบัติยับยั้งการเกิดโรคหลังการเก็บเกี่ยวอีกด้วย (ไพรัตน์และคณะ, 2536)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved