# บทที่ 2

# การตรวจเอกสาร

**ส้ม (*Citrus* spp.)**

ในบรรดาผลไม้ต่างๆ ส้มจัดเป็นพืชสกุลใหญ่สกุลหนึ่งที่มีบทบาทและ ความผูกพันต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์มายาวนาน ส้มเป็นผลไม้ที่อยู่ในวงศ์ Rutaceae มีทั้งหมด 7 วงศ์ย่อย โดยวงศ์ย่อยที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจคือ Auranthioideae การปลูกส้มได้แพร่กระจายไปยังประเทศต่างๆ ในเขตร้อนและกึ่งเขตร้อนซึ่งมีความชื้นและสภาพอากาศที่เหมาะสม พื้นที่ การปลูกส้มของโลกอยู่ที่ บริเวณเส้นรุ้งที่ 37 องศาใต้ ถึง 44 องศาเหนือ (สุนทร, 2545) ส้มที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจแบ่งได้เป็น 4 กลุ่ม (ระวี, 2542; อำไพวรรณและคณะ, 2544) ได้แก่ กลุ่มมะนาว (limes group) เป็นกลุ่มที่มีรสเปรี้ยวจัด ที่นิยมปลูกกันมาก ได้แก่ พันธุ์แป้น พันธุ์ไข่ และ พันธุ์อีมัน กลุ่มส้มโอและเกรพฟรุต (pummelos and grapefruits group) ได้แก่ส้มโอพันธุ์ต่างๆ เช่น พันธุ์ทองดี พันธุ์น้ำผึ้ง และ พันธุ์ขาวแตงกวา กลุ่มส้มติดเปลือก (orange group) เช่น ส้มเกลี้ยง ส้มเช้ง และส้มตรา และกลุ่มสุดท้ายได้แก่ กลุ่มส้มเปลือกล่อน (tangerine or mandarin group)หรือเรียกโดยรวมว่าส้มในกลุ่มส้มเขียวหวาน ตัวอย่างสมาชิกในกลุ่มได้แก่ ส้มเขียวหวาน ส้มฟรีมองต์ ส้มโชกุน หรือส้มสายน้ำผึ้ง

**ส้มเขียวหวาน**

มีถิ่นดั้งเดิมอยู่ในประเทศจีนมีการปลูกกันมาช้านาน ส้มเขียวหวานจัดอยู่ในกลุ่มแมนดาริน (mandarin) เป็นพวกแทนเจอรีน (tangerine) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Citrus reticulata* Blanco. หรือ *C. nobillis* Andrew (non Lour.) (Spiegel-Roy and Goldschmidt, 1996; อภิชาติ, 2543) ส้มเขียวหวานที่นิยมปลูกเพื่อเป็นการค้าในประเทศไทยได้แก่ ส้มเขียวหวาน ส้มโชกุนหรือเพชรยะลา หรือส้มสายน้ำผึ้ง ส้มฟรีมองต์ pongan, cravo, dancy, clementine และ ellendale (เปรมปรี, 2544 ; รวี, 2542)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

**ส้มเขียวหวานมีลักษณะทางพฤษศาสตร์ดังนี้** (อภิชาติ, 2543)

ส้มเขียวหวานจัดเป็นไม้พุ่มขนาดเล็ก ทรงต้นสูงประมาณ 2-8 เมตร ทรงพุ่มมีลักษณะแน่นทึบ ลำต้นไม่มีหนาม กิ่งแก่มีสีเขียวเข้ม และมีต่อมน้ำมันกระจายอยู่ทั่วไป ใบมีขนาดเล็ก รูปร่างรูปไข่ค่อนข้างยาว หรือรูปหอก ปลายและฐานใบมีลักษณะมน ส่วนปลายสุดของใบมีรอยเว้าเข้า ผิวท้องใบมีสีเขียวอมเหลือง ผิวหลังใบเป็นมันสีเขียวเข้ม ตัวใบมีกลิ่น ก้านใบมีปีกแคบหรือไม่มีปีก ดอกมีขนาดเล็ก มีสีขาวและมีต่อมน้ำมันกระจายอยู่ ผลมีรูปร่างกลมแป้น ด้านปลายผลราบหรือเว้าเป็นแอ่งตื้นๆ ฐานผลส่วนใหญ่มน บางสายพันธุ์มีจุกขนาดเล็กและเตี้ย ผิวเปลือกเรียบมีสีเขียว เขียวอมเหลือง หรือส้มอมเหลือง จนถึงแดงอมส้ม ส้มเขียวหวานที่ปลูกในเขตอากาศเย็นจะมีผิวผลสีเหลืองส้ม ผิวเปลือกมีต่อมน้ำมันอยู่ภายใน เปลือกบาง ปอกง่าย มีกลิ่นหอมแรง ในหนึ่งผลมี 10-15 กลีบ แต่ละกลีบมีผนังบาง มีรกน้อย ชานนิ่ม เนื้อมีสีส้ม มีน้ำมากและมีรสหวานอมเปรี้ยวเล็กน้อย ขนาดผลแตกต่างกัน ตั้งแต่เส้นผ่าศูนย์กลาง 5-8 เซนติเมตร และยาว 4-7 เซนติเมตร ติดผลในลักษณะหัวห้อยลง เมล็ดมีรูปร่างรูปไข่หัวกลับ จำนวนเมล็ดมีมากน้อยแตกต่างกันในแต่ละกลีบ

**การเจริญเติบโตและการพัฒนาของผล**

ส้มเขียวหวานมีการเจริญเติบโตแบบ simple sigmoid curve ผลมีการเพิ่มขนาดและน้ำหนักตลอดเวลาของการเจริญเติบโต Kale and Adsule (1995) ได้แบ่งระยะการเจริญเติบโตของผลส้มออกเป็น 3 ระยะที่สำคัญดังนี้ ระยะแรก ระยะที่ผลส้มมีการแบ่งเซลล์ (cell division period) โดยพบได้ในเนื้อเยื่อทุกชนิด ยกเว้น บริเวณชั้นนอกสุดของชั้น flavedo และส่วนปลายของถุงน้ำหวาน (juice sac) ผลจะมีขนาดเพิ่มขึ้น เนื่องจากมีการเจริญของส่วนที่เป็นเปลือก (peel) ซึ่งเกิดจากการที่เซลล์แบ่งตัวร่วมกันทำให้เกิดการขยายขนาดบ้างเล็กน้อย ทำให้มีการเพิ่มขนาดของผล ใช้เวลาประมาณหนึ่งเดือนถึงหนึ่งเดือนครึ่ง หลังจากดอกบาน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสภาพภูมิประเทศ ภูมิอากาศและพันธุ์ ระยะที่สอง ระยะที่ผลส้มมีการขยายขนาดของเซลล์ (cell enlargement period) เป็นระยะที่เกิดการพัฒนาของส่วนที่เป็นเนื้อเยื่อ (pulp) ถุงน้ำหวานจะขยายตัวเต็มแต่ละกลีบของส้ม (locules หรือ segment) อย่างรวดเร็ว และพบว่าปริมาณน้ำส้มและปริมาณน้ำตาลจะเพิ่มตามไปด้วย ผลส้มจะมีการเพิ่มขนาดซึ่งเป็นผลมาจากที่เซลล์มีการขยายตัวและเกิดการเปลี่ยนสภาพ เกิดการขยายตัวของชั้น albedo ซึ่งจะมีลักษณะเป็นเส้นใยสีขาวคล้ายฟองน้ำ เปลือกของผลจะเริ่มเปลี่ยนสีเมื่อผลเริ่มเข้าสู่ระยะแก่ ระยะสุดท้าย ระยะผลแก่ (maturation period) สีเหลืองที่เปลือกของผลส้มเริ่มเปลี่ยนไปเป็นสีส้ม ระยะนี้เริ่มมีการเปลี่ยนแปลงสารประกอบภายในผลคือ ขณะที่เปอร์เซ็นต์ของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้เพิ่มขึ้น ปริมาณกรดที่พบในน้ำส้มจะลดลง และที่บริเวณเปลือกมีความ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

แข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้เพิ่มขึ้น ปริมาณกรดที่พบในน้ำส้มจะลดลง และที่บริเวณเปลือกมีความหนาเพิ่มขึ้นเล็กน้อย น้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง และขนาดของผลยังคงเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ แต่ในอัตราที่ลดลง

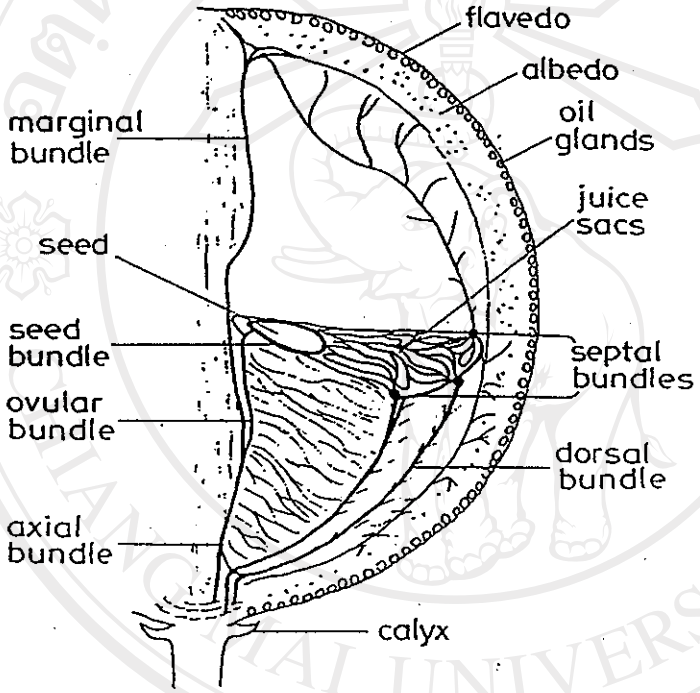
**สัณฐานวิทยาของผลส้ม** (Ting and Attaway, 1971)

ส้มจัดเป็นผลชนิด hesperidium เจริญมาจาก superior ovary แบ่งตามลักษณะทางสัณฐานวิทยาที่แตกต่างกันได้ 3 ส่วน (ภาพ 1) ส่วนที่ 1 ที่เรียกว่า epicarp ได้แก่ ส่วนที่เป็นสีของเปลือกส้ม หรือที่เรียกว่าชั้น flavedo ประกอบด้วยเซลล์จำนวนมากที่มีคาร์โรทีนอยด์เป็นองค์ประกอบโดยจะเป็นตัวแสดงสีต่างๆ กันในพืชตระกูลส้ม เช่น ส้มเปรี้ยว แทนเจอรีน เกรพฟรุต และมะนาว เป็นต้น ผนังเซลล์ด้านนอกของเซลล์ผิวถูกปกคลุมด้วยคิวติน (cutin) และขี้ผึ้ง (wax) เป็นเครื่องป้องกันการสูญเสียน้ำของผลส้มสามารถพบต่อมน้ำมันได้ในชั้น flavedo ซึ่งเป็นโครงสร้างที่เกาะติดกับผิวของส้ม ภายในประกอบไปด้วยน้ำมัน โดยจะมีลักษณะแตกต่างกันออกไปตามแต่ละสายพันธุ์ของส้ม ส่วนที่ 2 เรียกว่า mesocarp ถัดจากชั้น epicarp หรือที่เรียกว่า albedo เป็นชั้นบางๆ สีขาว มีลักษณะคล้ายฟองน้ำ ประกอบด้วยสารเพคติน และ เฮมิเซลลูโลสจำนวนมาก ความหนาบางของชั้น albedo จะแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ เช่น ในส้มเขียวหวานหรือส้มจำพวกที่ปอกเปลือกง่าย เนื้อเยื่อชั้นนี้จะค่อนข้างบาง แต่ในเกรพฟรุตและส้มโอ พบว่าเนื้อเยื่อในชั้นนี้มักจะมีความหนาถึง 1-3 เซนติเมตร ชั้น albedo และ flavedo รวมกันเรียก pericarp ซึ่งโดยทั่วไปจะรู้จักกันว่าเป็นเปลือกส้ม นั่นเอง ส่วนที่ 3 เป็นที่รับประทานได้ (edible portions) หรือที่เรียกว่า endocarp หรือ pulp จะประกอบไปด้วยกลีบส้มจำนวนมาก (carples or segments) ภายในแต่ละกลีบส้มประกอบไปด้วยเมล็ดเล็กน้อย และเต็มไปด้วยถุงน้ำส้มจำนวนมากที่เชื่อมติดกับผนังกลีบส้ม โดย vesicle stalk โดยถุงน้ำส้มจะขยายตัวตามการพัฒนาของผลส้ม องค์ประกอบทางเคมีจะถูกสร้างขึ้นในเนื้อเยื่อ โดยจะมีความเข้มข้นขององค์ประกอบทางเคมีแตกต่างกันออกไปตามชนิดของเนื้อเยื่อ เช่น สาร flavonone glycoside ที่ผลิตในชั้นเนื้อเยื่อ albedo จะมีความเข้มข้นมากกว่าที่พบในถุงน้ำส้มหรือที่พบในชั้น flavedo

อุณหภูมิเป็นปัจจัยแรกที่มีผลต่ออัตราการเจริญเติบโตของผลส้ม ซึ่งจะแตกต่างกันตามแต่ละภูมิประเทศและภูมิอากาศ ซึ่งหากอุณหภูมิเฉลี่ยสูงจะทำให้อัตราการเจริญของผลเป็นไปอย่างรวดเร็ว ขณะที่อุณหภูมิเฉลี่ยต่ำจะทำให้อัตราการเจริญของผลช้าลง รวี (2540) กล่าวว่าการเจริญเติบโตของผลส้มในช่วงระยะแรกค่อนข้างช้า และเร็วขึ้นในเวลาต่อมา อายุของส้มแต่ละชนิด แต่ละพันธุ์ตั้งแต่ดอกบานถึงเก็บเกี่ยวจะแตกต่างกันค่อนข้างมาก นอกจากนี้ยังมีเรื่องของอุณหภูมิเข้ามาเกี่ยวข้องด้วย หากปลูกในพื้นที่ที่มีอุณหภูมิค่อนข้างต่ำ การแก่ของผลจะยืดนานออกไป

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ปัจจุบันผลส้มที่ผลิตได้นั้นมีคุณภาพแตกต่างกัน ซึ่งเป็นผลมาจากปัจจัยต่างๆ หลายอย่างประกอบกัน เช่น สภาพดินปลูก สภาพภูมิอากาศ ตลอดจนการบำรุงรักษา เป็นต้น หากผู้ผลิตมีความรู้และความเข้าใจในด้านการดูแลรักษา การให้ปุ๋ยและน้ำ การป้องกันกำจัดศัตรูพืชตลอดจนการจัดการต่างๆ อย่างถูกวิธี จะทำให้ได้ผลส้มที่มีคุณภาพดีขึ้น (วัฒนา, 2528)




**ภาพ 1** ไดอะแกรมแสดงส่วนประกอบของโครงสร้างบางอย่างภายในผลส้ม
(ที่มา : Spiegel and Gold Schmidt, 1996)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

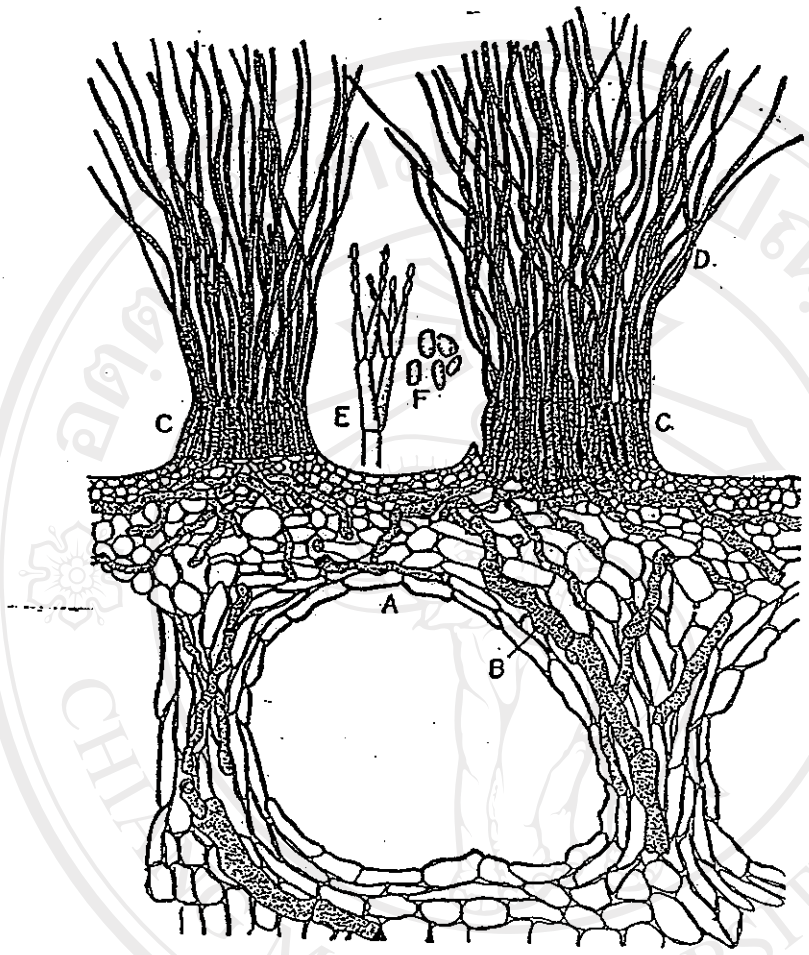
**โรคหลังการเก็บเกี่ยวของผลไม้ตระกูลส้ม**

โรคหลังการเก็บเกี่ยวของผลไม้ตระกูลส้มมีหลายชนิดได้แก่ โรคขั้วผลเน่า (stem-end rot) เกิดจากเชื้อรา *Botryosphaeria ribis* โรคแอนแทรคโนส (anthracnose) โรคเน่าสีน้ำตาล โรคเน่าที่เกิดจากเชื้อรา *Alternaria alternata* เรียก alternaria rot โรค black pit เกิดจากเชื้อแบคทีเรีย *Pseudomonas syringae* โรคเน่า fusarium rot เกิดจากเชื้อรา *Fusarium* spp. โรค sour rot เกิดจากเชื้อรา *Geotrichum candidum* yeast rot เกิดจากเชื้อยีสต์ *Candida krusei* โรคเน่าราสีน้ำเงิน (blue mold) ที่มีสาเหตุมาจากเชื้อรา *Penicillium italicum* และโรคเน่าราเขียว (ภาพ 3) ที่มีสาเหตุมาจากเชื้อรา *Penicillium digitatum* ซึ่งเป็นโรคหลังการเก็บเกี่ยวที่สำคัญทางเศรษฐกิจของพืชตระกูลส้มทั่วโลก (Smilanick *et al.*, 1995)

**โรคเน่าราสีเขียวของผลส้ม**

เชื้อสาเหตุ *Penicillium digitatum* Sacc. รูปร่างลักษณะของเชื้อสาเหตุ ลักษณะของโคโลนีบนอาหาร sugar gelatin , potato agar และ bean agar มีสีเขียวมะกอก รูปร่างไม่แน่นอน เส้นใยแตกเป็นกิ่งก้าน 2-3 กิ่ง และเส้นใยเจริญยกตัวขึ้นมาเหนืออาหาร สปอร์ (conidia) และก้านชูสปอร์ (conidiophore) มีลักษณะสั้น ในบางครั้งพบโคโลนี ที่มีสีน้ำตาลหรือสีดำด้วย ก้านชูสปอร์เจริญมาจากส่วนฐานประมาณ 30-100 X 4-5 ไมโครเมตร สายของสปอร์มักจะพันกันยาว ประมาณ 160 ไมโครเมตร มีสปอร์ 13-16 อัน ซึ่งมีรูปทรงกระบอก หรือทรงกลมขนาด 4-7 X 6-10 ไมโครเมตร ขนาดและรูปร่าง conidia แต่ละสายจะมีลักษณะที่คล้ายกันดังภาพ (ภาพ 2)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved




**ภาพ 2** เชื้อรา *Penicillium digitatum* ที่เข้าทำลายบริเวณผิวส้ม

A คือ ต่อมน้ำมัน B คือ เส้นใยของเชื้อรา

C คือ ลักษณะของแผลที่เป็นตุ่ม D คือ ก้านชูสปอร์

E คือ สปอร์ที่เกิดบริเวณเส้นใย F คือ สปอร์

(ที่มา : Fawcett, 1936)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

**ภาพ 3** อาการของโรคราเขียวบนผลส้มเขียวหวานพันธุ์สายน้ำผึ้ง
(ที่มา : อุราภรณ์ และคณะ., 2546)

ลักษณะอาการของโรคเน่าราสีเขียว เชื้อราสาเหตุ *Penicillium* sp. เป็นพาราสิตอย่างอ่อน สามารถเข้าทำลายผลิตผลทางบาดแผลเท่านั้น อาการเริ่มที่เปลือกของผลส้ม โดยเกิดเป็นจุดฉ่ำน้ำที่เปลือก เนื้อเยื่อจะนิ่ม แผลมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 1 เซนติเมตร แผลจะค่อยๆ ขยายออกไปเป็นวงกว้าง เมื่อกดด้วยนิ้วจะทะลุถึงส่วนที่เป็นเนื้อได้ ต่อมาลักษณะอาการนิ่มนี้จะเกิดทั่วทั้งผล บริเวณที่เป็นจุดฉ่ำน้ำมีเส้นใยสีขาวเจริญปกคลุม เส้นใยมีลักษณะย่น หรือเกิดการขมวดตัวของเส้นใยและมีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วหลังจากนั้นเส้นใยจะสร้างสปอร์สีเขียวมะกอกขึ้นมาตรงบริเวณกลางแผล สปอร์สีเขียวมะกอกดังกล่าวจะฟุ้งกระจายได้ง่าย

ดนัย (2540) กล่าวถึงลักษณะอาการของแผลที่เด่นชัดและค่อนข้างเฉพาะตัวของโรคเน่าราสีเขียวไว้ว่า จะเกิดเส้นใยสีขาวขึ้นบริเวณของแผลที่ผิวของผลส้มและขยายตัวไปพร้อมๆ กับการนิ่มของผลโดยเส้นใยมีลักษณะที่ติดอยู่กับเปลือก จากนั้นมีกลุ่มของสปอร์สีเขียวมะกอกขึ้นภายหลังสปอร์จะอยู่บนผิวและปลิวได้ง่าย

ปัจจัยสำคัญที่ทำให้การเข้าทำลายของเชื้อรา *Penicillium* sp. ประสบความสำเร็จได้แก่ จำนวนสปอร์ของเชื้อรา และความลึกของบาดแผล บาดแผลที่ลึกถึงแค่ชั้น flavedo หรือบริเวณส่วนนอกสุดของเปลือกเป็นส่วนที่มีสีส้มเหลือง ของชั้นเปลือกหุ้มผลพบว่ามีอัตราการเข้าทำลายต่ำ เนื่องจากบาดแผลที่ผลส้มจะมีการพัฒนาในการต้านทานการเข้าทำลายของเชื้อรา เป็นผลมาจากการเกิด lignification และบาดแผลแห้ง แต่บาดแผลที่ลึก 2-3 มิลลิเมตร ซึ่งลึกจนถึงชั้น albedo หรือบริเวณส่วนสีขาวลักษณะคล้ายฟองน้ำของชั้นเปลือกหุ้มผล พบอัตราการเข้าทำลายที่สูง (Eckert and Brow, 1992)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

**การควบคุมโรคหลังการเก็บเกี่ยว**

โรคหลังการเก็บเกี่ยวของผักและผลไม้ สามารถลดความรุนแรงลงโดยวิธีการเพิ่มความต้านทานให้กับผักและผลไม้ เช่นการเก็บรักษาในอุณหภูมิต่ำ เก็บรักษาในสภาพออกซิเจนต่ำ และการใช้สารควบคุมการเจริญเติบโต เพื่อชะลอกระบวนการเสื่อมสภาพของผลิตผล อย่างไรก็ตามวิธีดังกล่าวอาจจะไม่เพียงพอต่อการป้องกันการเข้าทำลายของเชื้อจุลินทรีย์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อต้องเก็บรักษาผลิตผลไว้เป็นระยะเวลานานๆ หรือในระหว่างการขนส่งผลผลิตไปยังตลาดต่างประเทศ กรณีข้างต้นจะเห็นผลได้ชัดกับผลิตผลเมืองร้อน ซึ่งจะแสดงอาการผิดปรกติเมื่อได้รับอุณหภูมิต่ำใกล้จุดเยือกแข็ง เช่น กล้วย มันเทศ มะนาว และมะละกอ เป็นต้น การใช้สารเคมีบางชนิดควบคุมโรคหลังการเก็บเกี่ยวจะส่งผลให้ผลิตผลมีอายุการเก็บรักษานานขึ้นในสภาพที่เหมาะสมได้ เพราะสารเคมีเหล่านี้ไม่มีผลกระทบต่อการเสื่อมสภาพของผลิตผล อย่างไรก็ตามสารเคมีจะใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุดเมื่อผลิตผลมีคุณภาพดี และเก็บรักษาหรือขนส่งในสภาพที่เหมาะสม ซึ่งสภาพดังกล่าวจะทำให้การเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์เกิดได้ช้าลง

การเลือกใช้สารเคมีฆ่าเชื้อราเพื่อให้มีประสิทธิภาพสูงสุดในการป้องกันกำจัดโรคหลังการเก็บเกี่ยวขึ้นอยู่กับความอ่อนแอของเชื้อราต่อสารเคมี ความสามารถของสารเคมีในการผ่านเนื้อเยื่อของผลิตผลไปสู่บริเวณที่เชื้อราเข้าทำลาย และความทนต่อสารเคมีของผลิตผลทั้งในแง่การเกิดพิษต่อผลิตผล และผลกระทบที่อาจเกิดกับรสชาติของผลิตผล (ดนัย, 2543)

ในปัจจุบันสาธารณชนยังห่วงกังวลถึงอันตรายที่อาจเกิดขึ้นจากการใช้สารเคมีต่างๆ ที่ใช้เพื่อควบคุมและป้องกันกำจัดโรคหลังการเก็บเกี่ยวของส้ม อีกทั้งยังมีกฎระเบียบต่างๆ ที่เน้นความปลอดภัยต่อผู้บริโภคมากขึ้น เช่นการกำหนดปริมาณสารตกค้าง งานวิจัยปัจจุบันจึงมุ่งเน้นไปในการใช้วิธีที่ไม่ใช้สารเคมี นอกจากนั้นเชื้อจุลินทรีย์ยังมีความสามารถในการพัฒนาตัวเองให้ต้านทานต่อสารเคมีด้วย ทำให้การพัฒนาหาแนวทางใหม่ๆ ที่ใช้ควบคุมโรคหลังการเก็บเกี่ยวของส้ม

**การควบคุมโรคหลังการเก็บเกี่ยวด้วยแสงอัลตราไวโอเลต**

สิ่งมีชีวิตมีวิวัฒนาการพัฒนากลไกป้องกันตัวเองเพื่อการดำรงอยู่ของเผ่าพันธุ์ ในพืชก็เช่นกัน เช่นในผลไม้ถ้าหากมีการเน่าของผลก่อนที่เมล็ดมีการพัฒนาอย่างสมบูรณ์ ย่อมก่อให้เกิดการสูญพันธุ์ของพืชชนิดนั้น ดังนั้นการศึกษากลไกการป้องกันตัวเองของผลิตผลในการป้องกันโรคเน่าเพื่อนำมาประยุกต์ใช้ปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยวผลิตผล สิ่งสำคัญที่ควรพิจารณาคือ วิธีการที่นำมาประยุกต์ใช้ควรเป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพในการทำลายเชื้อจุลินทรีย์ โดยไม่มีผลกระทบต่อคุณภาพของผลิตผล ไม่มีการใช้สารเคมีและผลประโยชน์ที่ตามมา คือ การลดการตกค้างของสารเคมีในผลผลิตหลังการเก็บเกี่ยว ( Ben-Yehoshua *et al.*, 1992)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Hormeostasis เป็นการกระตุ้นพืชปรับตัวตอบสนองต่อสิ่งเร้า เช่น สิ่งต่างๆที่ก่อให้เกิดความเครียด หรือ ตัวยับยั้งโดยอาศัยหลักการสร้างความเครียดให้กับพืช ใช้การกระตุ้นในระดับที่ต่ำที่สุด โดยใช้สิ่งเร้าที่ก่อให้เกิดความเครียด (stress) หรือตัวยับยั้ง (inhibitor) เพื่อให้พืชมีความคุ้นเคยกับสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงไปจากสภาพปกติ เช่นการปรับตัวของพืชในภาวะการขาดแคลนน้ำของพืชในสภาพที่แห้งแล้ง การเพิ่มอุณหภูมิให้กับหัวมันเทศที่ได้รับความเสียหายจากการเก็บเกี่ยวเพื่อเร่งให้ผลผลิตมีการสมานบาดแผล การปรับตัวของพืชในสภาพดินเค็ม การใช้แสงอัลตราไวโอเลตฉายบนผลิตผล เป็นวิธีการสร้างความเครียดให้กับผลิตผลวิธีการหนึ่ง แสงอัลตราไวโอเลตช่วงความยาวคลื่น 200-280 นาโนเมตร จัดว่าอยู่ในระดับต่ำเพียงพอในการกระตุ้นให้ผลิตผลที่เป็นแหล่งโรคพืช มีความต้านทานโรค

**คุณสมบัติของแสงอัลตราไวโอเลต**

Jagger (1967) กล่าวว่า แสงอัลตราไวโอเลต เป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ที่มีความยาวคลื่นตั้งแต่ 1.0 X $10^{-7}$ ถึง 3.8 X $10^{-7}$ เมตร (100 นาโนเมตร ถึง 380 นาโนเมตร) คลื่นนี้เกิดจากการที่กระแสไฟฟ้าเดินทางผ่านตัวนำไฟฟ้า ดวงอาทิตย์เป็นต้นกำเนิดของแสงอัลตราไวโอเลตที่สำคัญ เมื่อแสงอัลตราไวโอเลต จากดวงอาทิตย์มากระทบกับอะตอมของชั้นบรรยากาศ จะเกิดการแตกตัวเป็นไอออนขึ้นเป็นจำนวนมาก แสงอัลตราไวโอเลตเป็นประโยชน์ในการฆ่าจุลินทรีย์ และใช้ในทางการแพทย์ การจัดกลุ่มของแสงอัลตราไวโอเลต ตามความยาวคลื่น แบ่งได้เป็น 3 กลุ่มคือ กลุ่มที่หนึ่ง UV-A (320-380 นาโนเมตร) กลุ่มที่สอง UV-B (280-320 นาโนเมตร) และกลุ่มที่สาม UV-C (200-280 นาโนเมตร) พบว่าการใช้แสงอัลตราไวโอเลต ช่วงความยาวคลื่น 250-270 นาโนเมตร(UV-C) มีประสิทธิภาพในการทำลายแบคทีเรียทั้งเซลล์และสปอร์ของแบคทีเรีย สำหรับเชื้อ *E. coli* ความยาวคลื่นที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดคือ 265 นาโนเมตร ส่วนกลไกของการเสียหายทางชีววิทยาจากแสงอัลตราไวโอเลต-ซีนั้นขึ้นอยู่กับการดูดคลื่นพลังงานซึ่งก่อให้เกิดอุณหภูมิสูงขึ้น และปฏิกิริยาทางเคมีที่เกิดจากแสง (photochemical reactions) นอกจากนี้ขึ้นอยู่กับความยาวคลื่นของแสง และเนื้อเยื่อที่ถูกฉายแสง สำหรับมนุษย์แล้วแสงอัลตราไวโอเลต ในช่วงความยาวคลื่น 290–320 นาโนเมตร เป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดมะเร็งที่ผิวหนัง

แสงอัลตราไวโอเลตที่ความยาวคลื่น 254 นาโนเมตร ลดการเกิดโรคหลังการเก็บเกี่ยวในผักผลไม้ได้ (Lu *et al.*, 1991; Mercier *et al.*, 1993; Wilson *et al.*, 1994; Stevens *et al.*, 1996) มีผลงานการทดลองที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมโรคหลังการเก็บเกี่ยวหลายเรื่อง เช่นการฉายแสงอัลตราไวโอเลต-ซี เพื่อลดการเน่าจากราสีเขียว (*P. digitatum*) ของผล grapefruits (Porat *et al.*, 1999) การเน่าของขั้วผล ( Stem-end rot , *Alternaria citri* Ellis) และ การเน่าที่มีกลิ่นเปรี้ยว (Sour rot , *G. candidum*) ของส้ม Dancy tangerine ( Stevens *et al.*, 1990) Ben-Yehoshua *et al* . (1992)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

รายงานว่าการฉายแสงอัลตราไวโอเลต-ซี ทำให้เกิดอาการผิดปรกติที่ผิวของผลส้มในส่วน flavedo มีสี น้ำตาลหรือสีบรอนซ์ปนสีน้ำตาล เนื่องมาจากการดูดคลื่นพลังงานทำให้อุณหภูมิสูงขึ้นและจากปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นจากการฉายแสง (Liu *et al.*, 1993) ในผลส้ม (Ben-Yehoshua *et al.*, 1992) องุ่น (Nigro *et al.*,1998) และท้อ (Crisosto *et al.*, 1998) นอกจากนี้แสงอัลตราไวโอเลตยังชักนำให้เกิดลักษณะเลื่อมมันของผิวส้มและเนื้อมีลักษณะที่แน่นขึ้น ซึ่งอาจเกี่ยวข้องกับการชักนำการสร้างสารคล้ายลิคนินในบริเวณดังกล่าว อาการผิดปรกติปรากฏชัดเจน ในวันที่ 10-14 ของการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 17 องศาเซลเซียส ภายหลังการฉายแสงอัลตราไวโอเลต ส่วนความรุนแรงของอาการเสียหาย ขึ้นอยู่กับสภาพความแก่หรือสีของส่วน flavedo ในพืชแต่ละชนิด (Droby *et al.*, 1993; Stevens *et al.*, 1996; Nigro *et al.*, 1998) และช่วงเวลาการเก็บเกี่ยวผลิตผล เช่น ส้มเกรพฟรุต (Schirra *et al.*, 1998) ผล desert lemon [ *Citrus limon* (L.) Burm] (Houck *et al.*, 1990) และในผล blood orange ( Schirr *et al.*, 1997; Schirr and D' hallewin, unpublished data) ที่เก็บต้นและปลายฤดูกาล จะแสดงอาการไหม้ของชั้น flavedo มาก

การฉายแสงอัลตราไวโอเลต ช่วงความยาวคลื่น 200 นาโนเมตร ถึง 280 นาโนเมตร มีปริมาณของแสง $3.8X10^4$ ถึง $7.3X10^4$ erg/ $nm^2$ สามารถลดการเน่าเสียของหัวหอมเนื่องจากจุลินทรีย์ได้ และมีเปอร์เซ็นต์ของหัวหอมที่สามารถจำหน่ายได้เพิ่มขึ้น (Lu *et al.*, 1991) เช่นเดียวกับการทดลองฉายแสงอัลตราไวโอเลต (254 นาโนเมตร) ให้กับ มันเทศโดย Steven *et al.* (1990) พบว่ามันเทศที่เก็บรักษามีเปอร์เซ็นต์การเน่าเนื่องจากจุลินทรีย์ลดลง ซึ่งปริมาณแสงที่ฉายมีค่า $3.6X10^4$ ถึง $4.8X10^4$erg/$mm^2$ นอกจากนี้แป้งของมันเทศที่ผ่านการฉายแสงอัลตราไวโอเลต-ซี มีปริมาณสูงกว่ามันเทศที่ไม่ผ่านการฉายแสง และมีผู้พบว่าแสงอัลตราไวโอเลต-ซี ที่ความยาวคลื่น 220-280 นาโนเมตร สามารถยับยั้งการเจริญของเส้นใย *Momilina* spp. ซึ่งเป็นสาเหตุของโรคหลังการเก็บเกี่ยวที่สำคัญของสตรอเบอรี่และเชอรี่ได้ (De Cal and Melgarejo, 1999) Steven *et al.* (1990) ทดลองที่ปริมาณแสงเดียวกันนี้กับสาลีและแอปเปิล สรุปว่าภายหลังการฉายแสงอัลตราไวโอเลต-ซีให้กับผลิตผล การเน่าเสียเนื่องจากเชื้อราในระหว่างเก็บรักษา มีเปอร์เซ็นต์ลดลง นอกจากนี้การเพิ่มปริมาณของแสงอัลตราไวโอเลต-ซี มีผลต่อการเพิ่มความแน่นเนื้อและกรดมีค่าสูงขึ้น ส่วนค่าความเป็นกรดต่อปริมาณของแข็งที่สามารถละลายน้ำได้มีค่าลดลง เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุมที่ไม่ผ่านการไม่ฉายแสง โดยปรกติกระบวนการสุกของผลไม้มีความเกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยา เช่น การสังเคราะห์รงควัตถุน้ำตาล ความเป็นกรด-ด่าง และปริมาณเอทธีลีน เพิ่มขึ้น ความแน่นเนื้อ ปริมาณแป้ง และวิตามินซี ลดลง (Steven *et al.*, 1996)

Chalutz *et al.* (1992) ทดลองให้แสงที่ค่าพลังงาน 8.0 $kJ.m^{-2}$ กับผล เกรพฟรุต สามารถเปอร์เซนต์การโรคลงได้มากกว่า 30 % ซึ่ง เมื่อฉายแสงผ่านไป 5 , 30 และ 48 ชั่วโมง ลดเปอร์เซ็นต์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การเกิดโรคได้เท่ากับ 95, 30 และ25 ตามลำดับ เมื่อเทียบกับชุดควบคุม แสงอัลตราไวโอเลต–ซี นั้นจะทำลายเส้นใยบริเวณผิว และลดการสร้างสปอร์ได้ 24-48 ชั่วโมง หลังจาก 48 ชั่วโมงการเจริญก็จะเป็นปรกติ แสงอัลตราไวโอเลต-ซี ปริมาณ 0.5 kJ/m$^2$ (D' hallewin *et al.*, 2000) และ 1.5 kJ/m$^2$ (D' hallewin *et al.*,1999) สามารถควบคุมโรคเน่าภายในโรงเก็บของผลเกรพฟรุต พันธุ์ Star Ruby ได้โดยไม่ก่อความเสียหายภายนอกโดยที่การเปลี่ยนแปลงของสีเป็นปรกติค่า L* ค่า Hue angle ($h^0$) และค่า chroma (C*) และคุณภาพภายในผล คือ ปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ (titratable acidity :TA) ปริมาณความเข้มข้นของของแข็งที่ละลายน้ำได้ (soluble solid concentration : SSC) และ SSC/TA ไม่แตกต่างกับชุดที่ไม่ได้ฉายแสง

การใช้แสงอัลตราไวโอเลตร่วมกับวิธีการอื่นๆเพื่อลดการเกิดโรคหลังการเก็บเกี่ยว เช่น การใช้ร่วมกับความร้อน กับผลสตรอเบอรี่ สรุปผลได้ว่าจะช่วยชะลอการเจริญของเชื้อได้เพียงช่วงแรกของการเก็บรักษาเท่านั้น หลังจากนั้นเชื้อราก็จะเจริญอย่างรวดเร็ว (Marquenie *et al.*, 2003)

การใช้แสงอัลตราไวโอเลตไม่เพียงแต่กำจัดเชื้อสาเหตุเท่านั้น ยังสามารถทำให้จุลินทรีย์ปฏิปักษ์ที่อาศัยอยู่ที่ผิวของผลผลิตเจริญได้ดี เช่นการทดลองของ Stevens *et al.* (1998) แสดงให้เห็นว่า แสงอัลตราไวโอเลตสามารถฆ่าเชื้อ *Monilinia fructicola* ที่เป็นสาเหตุของโรค brown rot ในผลท้อ และยังทำให้เชื้อ *Debaryomyces hansenii* ซึ่งเป็น antagonist ของเชื้อ *M. fructicola* มีจำนวนมากขึ้น Stevens *et al.* (1998) และ Chalutz *et al.* (1992) พบว่าการให้แสงอัลตราไวโอเลตระดับต่ำช่วยให้ ท้อ เกรพฟรุต (Stevens *et al.*, 1991) และ มันเทศมีความต้านทานต่อโรคได้ดีขึ้น ช่วยกระตุ้นการทำงานและเพิ่มปริมาณเอนไซม์ phenylalanine ammonia-lyase (PAL) แต่ถ้าหากปริมาณแสงอัลตราไวโอเลต-ซี สูงเกินกว่าปริมาณที่เหมาะสมก็จะลดความต้านทานต่อโรคลง (Stevens *et al.*, 1991; 1996)

**การศึกษาสารต้านการเจริญเติบโตของเชื้อรา ในผลไม้ตระกูลส้ม**

ในธรรมชาติพบว่าผลไม้แทบทุกชนิดสามารถสร้างสารต้านเชื้อรา หรือเชื้อจุลินทรีย์ ต่างๆ ที่เข้าทำลายได้ (Jong *et al.*, 1992) เมื่อศึกษากลไกทางเคมีในการสร้างสารต้านเชื้อรา ของผลไม้เหล่านี้พบว่า อาจเป็นกลไกที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ หรือเกิดจากการถูกกระตุ้นโดยเชื้อราปริมาณเล็กน้อยที่เข้ามาทำลายทางบาดแผลบริเวณผิวของผลไม้นั้นๆ (Stange *et al.*, 2001) จากการศึกษาพบว่า ผลไม้สร้างสารต้านเชื้อราและเก็บสะสมไว้ในขณะที่ยังเป็นผลอ่อน และจะลดลงเมื่อผลไม้นั้นเริ่มสุก (Prusky *et al.*, 1996) จึงมีผู้พยายามหาวิธีเพิ่มปริมาณสารดังกล่าว

จากการศึกษาพบว่าสารสกัดหยาบของพืช สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา (Arimoto *et al.*, 1995) โดยจะถูกสร้างขึ้นเมื่อมีบาดแผลหรือมีเชื้อราเข้าทำลายบริเวณเนื้อเยื่อของ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
(copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

พืช (Stange *et al.*, 2001) ปริมาณและความเข้มข้นของสารยับยั้งที่พืชสร้างขึ้น จะแปรผันตรงกับปริมาณของเชื้อราที่เข้าทำลาย (Bell *et al.*, 1981)

มีการศึกษาสารต้านทานการเจริญเติบโตของเชื้อรา ในสารสกัดหยาบจากเปลือกผลไม้ตระกูลส้มกันอย่างมากมาย (Rodov *et al.*, 1992; Stange *et al.*, 1993; Ortuno *et al.*, 1997; Angioni *et al.*, 1998; Caccioni *et al.*, 1998; Del *et al.*, 1998; Afek *et al.*, 1999) พบว่าสามารถต้านการเจริญเติบโตของเชื้อรา *Penicillium* sp. โดยพบสารดังกล่าวบริเวณเนื้อเยื่อเปลือกของผลส้มลึกจากผิวประมาณ 1-2 มิลลิเมตร (Stange *et al.*, 2001) ชั้น flavedo (เนื้อเยื่อภายนอกที่มีสี) เป็นชั้นที่มีการศึกษากลไกการป้องกันตัวเองของผลส้มมากที่สุด อย่างไรก็ตาม Rodove *et al.* (1996) พบสาร phytoalexin (scoparone และ scopoletin) ทั้งในส่วนของ flavedo และ albedo (เนื้อเยื่อที่มีสีขาว)

เป็นที่ทราบกันดีว่า ดอก ผล ใบ และราก ของพืชหลายชนิดจะมีสารระเหย และสารที่ให้กลิ่น ซึ่งรวมเรียกว่าน้ำมันหอมระเหย (Gunther, 1948) ในผลส้มนั้นน้ำมันหอมระเหย จะรวมตัวอยู่ในต่อมน้ำมัน ที่อยู่ในชั้นของเนื้อเยื่อที่เรียกว่า parenchymatous tissue ซึ่งอยู่ในชั้นที่ต่ำกว่าชั้น flavedo ของเปลือก (Arras, 1988) ได้มีการตั้งสมมุติฐานว่าอาจจะมีสารบางชนิดในน้ำมันหอมระเหยที่มีความสามารถในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราที่เป็นเชื้อราสาเหตุของโรคพืชได้ จากการนำน้ำมันหอมระเหยที่สกัดได้จากผิวส้มและน้ำมันหอมระเหยที่สกัดได้จากใบมะนาว (Arras, 1988) ทดลองหาสารที่มีฤทธิ์ยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา พบว่าสามารถต้านการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรียบางชนิดได้ (Jain and Jain, 1973)

**Phytoalexin**

Phytoalexin คือสารที่มีมวลโมเลกุลต่ำ ที่พืชสร้างขึ้นเมื่อถูกรุกรานจากสิ่งมีชีวิตชนิดอื่น เช่น เชื้อรา แบคทีเรีย ยีสต์ หรือจากสิ่งไม่มีชีวิต เช่น แสงอัลตราไวโอเลต สารเคมี โลหะหนักชนิดต่างๆ บาดแผลบริเวณที่พืชถูกรุกราน พบว่ามี phytoalexin อยู่เป็นจำนวนมาก ปริมาณ phytoalexin ที่พืชสร้าง จะขึ้นกับปัจจัยหลายอย่างเช่น ชนิด และประสิทธิภาพของเชื้อโรคที่เข้ามาทำลาย ส่วนของพืชที่ใช้ในการสร้าง phytoalexin และสภาวะแวดล้อมทางกายภาพ ชีวภาพ เป็นต้น สารสกัดที่พบในเปลือกผลไม้จำพวก เกรพฟรุต สามารถในการยับยั้งการงอกของสปอร์และการเจริญเติบโตของเชื้อรา *P. digitatum* ได้ดี (Kim, Ben-Yehoshua, Shapiro, Henis, & Cameli, 1991;Rodov, Ben-Yehoshua, Kim, Shapiro, and Ittah, 1992) และเมื่อมีสารต้านเชื้อรารวมตัวกับสาร phenylpropanoids จะเสริมฤทธิ์ต้านเชื้อราที่เป็นสาเหตุของโรคหลังการเก็บเกี่ยว ช่วยชะลอการเน่าเปื่อยของผลไม้ที่เป็นแผล การที่ส้มมีสารต้านเชื้อราอยู่จึงช่วยให้ไม่เกิดโรคตอนที่ผลยังอ่อน เมื่อผล

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เริ่มแก่สารต้านเชื้อราจะลดลงทำให้เชื้อราเข้าทำลายได้ง่ายขึ้น (Ben-Yehoshua *et al.*, 1995; Mari and Guizzardi, 1998)

สารประกอบ cumarins อีกชนิดหนึ่งคือ scoparone ได้จากสารสกัดหยาบจากเปลือกส้ม สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *Guignardia citricarpa* (Fisher and Trama, 1979) ซึ่งเป็นเชื้อราสาเหตุของโรคจุดดำ ในต้นส้ม นอกจากนี้ยังพบ scoparone บริเวณ ผล ใบ และ กิ่ง ของต้นส้มแมนดาริน สายพันธุ์ Satsuma mandarin ยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *D. citri* (Macheix *et al.*, 1991) และพบว่ามีการสะสมของ scoparone เป็นปริมาณมากบริเวณบาดแผลที่มีการรุกรานของเชื้อรา *Phytopthora citrophthora* ของส้มหลายๆสายพันธุ์โดยที่ความยาวของบาดแผลไม่มีส่วนในการกระตุ้นให้ต้นส้มมีการสร้าง scoparone มากขึ้น ปริมาณของ scoparone ที่ถูกสร้างเพิ่มมากขึ้นอย่างรวดเร็ว ขึ้นอยู่กับความสามารถในการต้านทานโรคของต้นส้มแต่ละสายพันธุ์ (Prusky *et al.*,1996)

มีการศึกษา phytoalexin ที่พืชสร้างขึ้น เมื่อถูกรุกรานจากสิ่งไม่มีชีวิต เช่นการทดลองใช้แสง เพื่อไปกระตุ้นให้มีการสร้าง phytoalexin โดยได้พบ scoparone และ scopoletin ในสารสกัดหยาบจากผิวของเกรพฟรุต ที่ถูกกระตุ้นโดยแสงแกมม่า (Miller and McDonald, 1996)

เมื่อส้มมีบาดแผล และถูกเชื้อรา *P. digitatum* เข้าทำลาย จะมีการสะสมของลิกนิน และปริมาณของสารประกอบฟีโนลิกอิสระเพิ่มขึ้น ที่บริเวณผนังของเซลล์ผิวของผลส้มนั้นๆ ปริมาณของสารประกอบทั้งสองชนิดจะเพิ่มขึ้น เมื่อผลส้มถูกทำลายโดยเชื้อรา สารประกอบนี้จะแพร่จากบริเวณผิวของผลส้มไปสู่เนื้อเยื่ออื่นๆเล็กน้อย ส่วนกระบวนการสร้างลิกนิน จะเกิดได้อย่างรวดเร็วเมื่อผลไม้ มีอุณหภูมิ และความชื้นสูง ( Droby *et al.*, 1993; Stevens *et al.*, 1996; Nigro *et al.*, 1998)

**การใช้แสงอัลตราไวโอเลตชักนำให้พืชสร้างสารต้านเชื้อรา**

แสงอัลตราไวโอเลต มีผลกระทบต่อกระบวนการทางสรีรวิทยามากมายในพืช (Andebrhan and wood, 1980) ตัวอย่างเช่นการสังเคราะห์สาร phytoalexin ซึ่งเป็นสารที่มีบทบาทเกี่ยวข้องกับความต้านทานโรคของผลิตผล มีผลงานการวิจัยหลายฉบับที่กล่าวถึงการชักนำให้เกิดสาร phytoalexin โดยการฉายแสงอัลตราไวโอเลต เช่น การศึกษาใน ถั่ว (Andebrhan and wood, 1980) องุ่น (Nigro *et al.*, 1998) ถั่วลิสง (Fritzemeier *et al.*, 1983) และถั่วเหลือง (Bridge and Klarman,1973) สาร phytoalexin จะเพิ่มความต้านทานต่อเชื้อโรคของพืชที่ไวต่อการติดเชื้อ (Andebrhan and wood, 1980; Bridge and Klarman, 1973) จากรายงานวิจัยดังกล่าวให้ข้อสรุปที่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สอดคล้องกันคือ แสงอัลตราไวโอเลต-ซีชักนำให้พืชสังเคราะห์สาร phytoalexin และปริมาณของสารดังกล่าวเพิ่มขึ้น ความต้านทานต่อเชื้อโรคในพืชก็เพิ่มขึ้นด้วย

การศึกษาแสงอัลตราไวโอเลต-ซีต่อเนื้อเยื่อถั่ว (Alaska pea ; *Pisum sativum* L.) พบว่าเอนไซม์ phenylalanine ammonialyase (PAL) และ peroxidase เพิ่มขึ้น (Droby *et al.*, 1993) ในเนื้อเยื่อที่ยังไม่โตเต็มที่ (immature tissue) การเพิ่มปริมาณ PAL ขึ้นกับการสังเคราะห์ RNA ตัวใหม่ และโปรตีน (Hadwiger and Schwochau , 1971) Stevens *et al.* (1998, 1999) และ Chalutz *et al.* (1992) พบว่า มันเทศ ท้อ เกรพฟรุต และแครอท (Mercier *et al.*, 2000) ที่ได้รับแสงอัลตราไวโอเลต-ซีแล้ว ช่วยกระตุ้นการทำงานและเพิ่มปริมาณของเอนไซม์ PAL มากขึ้น

สารต้านเชื้อราในผลิตผล มีบทบาทในการต้านทานโรค (Kuc, 1991) สารสกัดจากผลส้ม ที่ผ่านความร้อน หรือแสงอัลตราไวโอเลต-ซีหลังการเก็บเกี่ยว มีสาร Preformed antifungal compound ที่มีคุณสมบัติต่อต้านเชื้อรา (Ben-Yehosua *et al.*,1988; Kim *et al.*,1991) สารสกัดที่ได้จากเปลือกส้มแมนดารินพันธุ์ Satsuma มีสารต้านเชื้อรา เช่น Citrinol, Naringin และ Heperridin (Arimoto *et al.*, 1986) สารต้านเชื้อราจากส่วน flavedo ของส้มโอ มีสารอนุพันธุ์ performed antifungal compound สารกลุ่ม coumrin หลายตัว เช่น Osthol, Auraptene, Coumarin และ 7-coumarin (Ben-Yehoshua *et al.*, 1988)

กิจกรรมของสารต่อต้านเชื้อราในส่วน flavedo ของมะนาว โดยปรกติจะลดลงอย่างสม่ำเสมอระว่างการเก็บรักษา (Kim *et al.*, 1991) ความสัมพันธ์ระหว่างการลดลงของความต้านทานโรค (Ben-Yehoshua *et al.*, 1988) การใช้ความร้อนเช่นการฉายแสงอัลตราไวโอเลต-ซีสามารถยับยั้งการลดลงของสารต้านเชื้อรา ซึ่งวิธีนี้น่าจะได้รับการพัฒนาเพื่อนำมาปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยวเพื่อ ลดการเน่าเสียของผลส้มภายหลังการเก็บเกี่ยว (Ben-Yehoshua *et al.*, 1987) ผลส้มที่ผ่านการห่อหุ้มผลด้วยฟิล์มพลาสติกแล้วผ่านความร้อน ยังคงมีการดำเนินของกิจกรรมของสารต้านเชื้อราอยู่ ระหว่างรักษา 70 วัน สารสกัดเนื้อเยื่อส่วน flavedo ของ lemon ที่ผ่านความร้อน แล้วการปลูกเชื้อ *P. digitatum* พบสารต้านเชื้อราเพิ่มขึ้นมาก (Kim *et al.*, 1991) การใช้ความร้อนและแสงอัลตราไวโอเลต-ซี หลังการเก็บเกี่ยว ชักนำให้พืชสร้างสาร scoparone เช่น lemon ผล kumquat (Ben-yehoshua *et al.*, 1991; Kim *et al.*, 1991) และ เกรพฟรุต (Adrian *et al.*, 2000) ซึ่งสามารถเพิ่มความต้านทานต่อโรคเน่าในโรงเก็บได้ (Rodov *et al.*, 1992) แสงอัลตราไวโอเลต-ซี ที่ปริมาณต่ำๆ(0.125-0.5 $kJ.m^{-2}$) ชักนำให้ผลองุ่นมีความต้านทานต่อโรคราสีเทาที่มีสาเหตุจากเชื้อ *Botrytis cinerea* ได้ และเมื่อให้แสงอัลตราไวโอเลตก่อนการปลูกเชื้อ *B. cinerea* จะให้ผลในการต้านทานโรคได้ดีกว่าเมื่อให้แสงอัลตราไวโอเลตภายหลังการปลูกเชื้อ (Nigro *et al.*, 1998)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved