บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

มะม่วง (Mango: *Mangifera indica* Linn) อยู่ในอันดับ Sapindales วงศ์ Anacardiaceae แบ่งมะม่วงออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่

1. มะม่วงกลุ่มอินเดีย (Indian type)

มีถิ่นกำเนิดทางตอนเหนือของประเทศอินเดีย ปากีสถาน มีสีสันสะดุดตา เช่น สีแดง สีม่วง สีส้ม มีกลิ่นฉุนได้แรง การเพาะเมล็ดจะได้ต้นกล้า 1 ต้นต่อเมล็ด และต้นกล้าที่ได้มักจะกลายพันธุ์

2. มะม่วงกลุ่มอินโดจีน (Indochinese type)

มีถิ่นกำเนิดอยู่บริเวณใกล้เส้นศูนย์สูตร แถบอินโดจีน เอเชียตะวันออกเฉียงใต้ เมื่อนำเมล็ดมาเพาะจะได้ต้นกล้ามากกว่า 1 ต้น ต่อเมล็ด และส่วนมากจะตรงกับพันธุ์เดิม ผิวผลมีสีเขียวหรือเหลือง เนื้อผลกลิ่นไม่แรง มะม่วงพันธุ์มหาชนกเกิดจากการผสมกันระหว่างมะม่วงกลุ่มอินเดียและมะม่วงกลุ่มอินโดจีน คือ ต้นแม่เป็นพันธุ์ซันเซต และต้นพ่อเป็นพันธุ์หนังกลางวัน หรือที่เรียกว่ามะม่วงงาช้าง (วิจิตร, 2533)

มะม่วงพันธุ์มหาชนกเป็นมะม่วงที่เหมาะสมกับการส่งออกเนื่องจากมีลักษณะคือ เปลือกหนา คงทน สามารถวางจำหน่ายในตลาดได้นาน มีผิวสีเหลืองเข้ม เมื่อสุกจะหอม ผลมีรูปร่างดี และสม่ำเสมอ เป็นมะม่วงพันธุ์เบาออกดอกติดและผลง่าย โตเร็วมีน้ำหนักดี เนื้อหนา เมล็ดลีบบาง มะม่วงพันธุ์มหาชนกจะมีสีแดงที่ผิวได้ตั้งแต่ผลยังไม่แก่ ขึ้นอยู่กับแสงและอุณหภูมิ (มนตรี, 2542; รวีและเปรมปรี, 2542)

การเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาและเคมีในระหว่างการเจริญเติบโตของมะม่วงพันธุ์มหาชนก

สรรพมงคล (2545) วัดและวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ เคมี และสรีรวิทยาของมะม่วงพันธุ์มหาชนกพบว่า ผลและเมล็ดมีการเจริญเป็นแบบ single sigmoid curve โดยผลเริ่มมีขนาดคงที่ และแก่เมื่อมีอายุได้ 93 วันหลังดอกบาน และเจริญพัฒนาจนกระทั่งผลมีอายุ 133 วันหลังดอกบาน เมล็ดเจริญเต็มที่ เมื่อผลมีอายุ 77 วันหลังดอกบาน เอ็นโดคาร์บเริ่มแข็งตัวเมื่อผลมีอายุ 77 วันหลังดอกบาน ผลมีค่าความถ่วงจำเพาะเท่ากับ 1.0 ที่ 98 วันหลังดอกบาน และมีค่ามากกว่า 1.0 เมื่อผลมีอายุเพิ่มขึ้น ผลมีความแน่นเนื้อลดลงตามระดับความแก่ที่เพิ่มขึ้น โดยลดลงอย่างรวดเร็ว

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

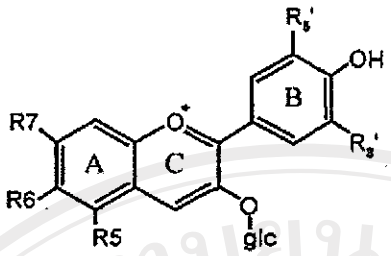
ในช่วง 98-133 วันหลังดอกบาน เปลือกผลมีการพัฒนาสีโดยเปลี่ยนเป็นสีเขียวอ่อนเมื่อผลแก่เพิ่มขึ้น รวมทั้งมีสีแดงที่เปลือกเพิ่มขึ้น ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์บี และคลอโรฟิลล์ทั้งหมดของผล มีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยตลอดการพัฒนาของผล ปริมาณแอนโทไซยานินลดลงเล็กน้อย ปริมาณเบตาแคโรทีนของเปลือกและเนื้อในช่วง 91-133 วันหลังดอกบานมีค่าเพิ่มขึ้น น้ำหนักแห้งของเนื้อผลเพิ่มขึ้น ในขณะที่ความชื้นลดลงเมื่อผลแก่เพิ่มขึ้น ปริมาณกรดที่ไตเตรทได้มีค่าสูงในช่วงแรกและลดลงอย่างรวดเร็วเมื่อผลอายุตั้งแต่ 98 ถึง 133 วันหลังดอกบาน ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ของเนื้อผลมีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยในช่วง 35-119 วันหลังดอกบาน แต่มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อผลมีอายุเพิ่มขึ้น อัตราส่วนของปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ต่อปริมาณกรดที่ไตเตรทได้มีค่าเพิ่มขึ้นมาก ตั้งแต่ผลอายุ 98 ถึง 133 วันหลังดอกบาน ปริมาณแป้งในเนื้อผลมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อผลแก่เพิ่มขึ้น ในขณะที่ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์มีค่าลดลงตามการพัฒนาของผล อัตราการหายใจและการผลิตเอทธิลีนจะมีสูงในช่วงผลอ่อนและลดลงเมื่อผลแก่เพิ่มขึ้น สรุปได้ว่าผลมะม่วงพันธุ์มหาชนกเข้าสู่ความแก่ทางสรีรวิทยาเมื่อผลมีอายุ 98 วันหลังดอกบานเป็นต้นไป

แอนโทไซยานิน (anthocyanin)

แอนโทไซยานิน (anthocyanin) เป็นสารฟลาโวนอยด์ (Flavonoid) ที่พบได้ทั่วไปในพืช มีสีชมพู แดง น้ำเงิน และม่วง ในผล ใบและก้านของพืชหลายชนิด มีสมบัติละลายน้ำได้ (water soluble pigment) อยู่ในวาสคิวลาร์ แซป (vascular sap) ของเซลล์ สามารถสกัดออกจากพืชด้วยการบดในน้ำ โครงสร้างของแอนโทไซยานิน (ภาพ 1) ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ anthocyanidin หรือ aglycone และ monosaccharide 1 หรือ 2 โมเลกุล แอนโทไซยานิน 1 โมเลกุลสามารถเปลี่ยนสีได้ตามโครงสร้างที่เปลี่ยนแปลงตามความเป็นกรด-เบส ในสภาพที่เป็นกรด จะมีสีแดงหรือชมพู ในสภาพที่เป็นเบสจะเป็นสีม่วงหรือน้ำเงิน

สีของแอนโทไซยานินที่สะสมในเปลือกผลมีตั้งแต่ สีแดง สีน้ำเงิน จนถึงสีม่วง ซึ่งเป็นดัชนีบอกระยะการสุกของผลไม้หลายชนิด เช่น แอปเปิล องุ่น เชอร์รี สตรอเบอร์รี ลิ้นจี่ และมังคุด นอกจากนี้สียังเป็นองค์ประกอบในการพิจารณาคุณภาพ โดยสีของผลมีส่วนดึงดูดความสนใจในการเลือกซื้อของผู้บริโภค ในแอปเปิลที่มีสีแดงมากกว่ามักจะหวานกว่า (Wang *et al.*, 2000)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพ 1 โครงสร้างพื้นฐานของแอนโทไซยานิดิน (Les, 2003)

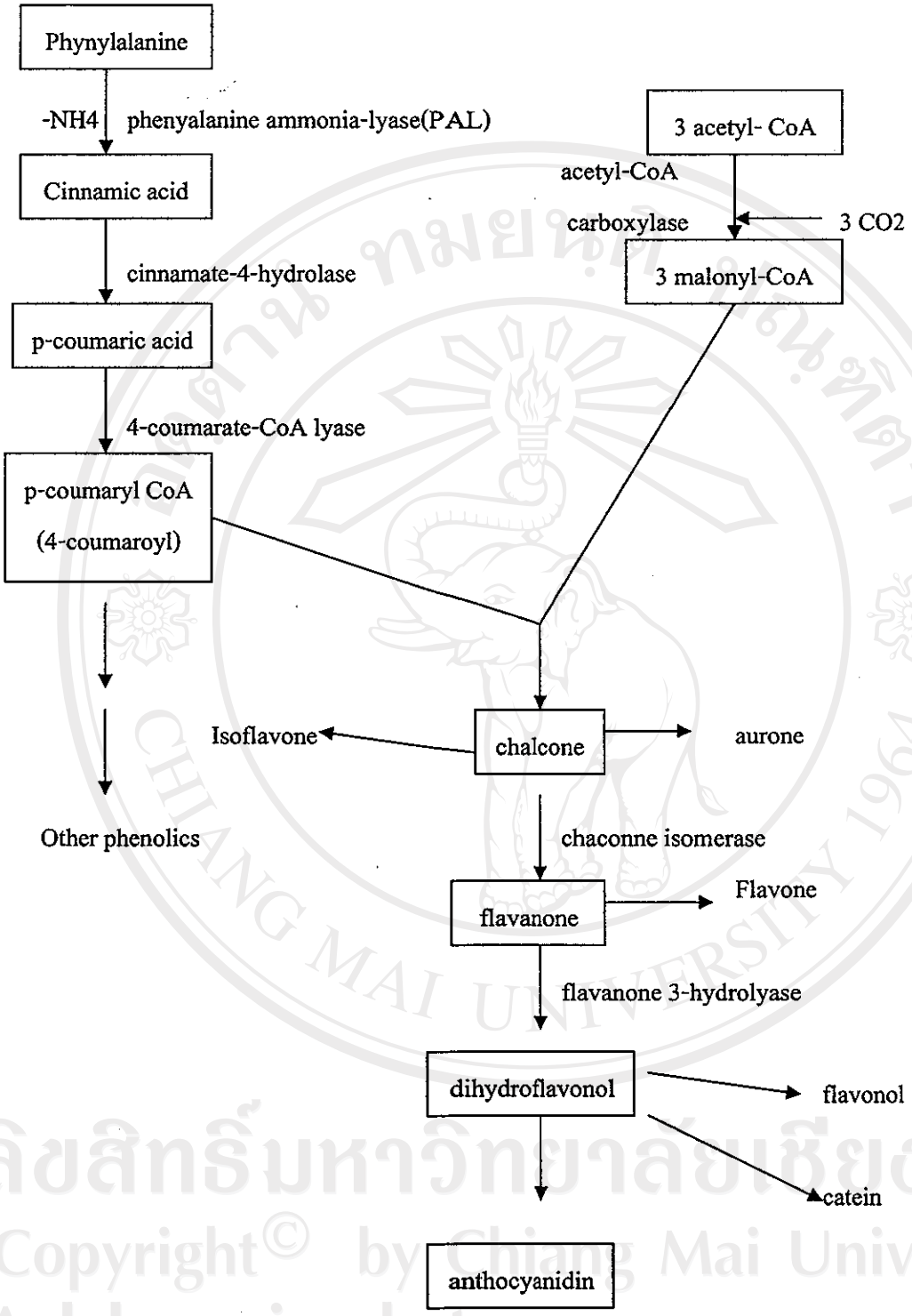
การสังเคราะห์แอนโทไซยานิน (anthocyanin biosynthesis)

การสังเคราะห์แอนโทไซยานิน (ภาพ 2) เริ่มต้นจากการดึงหมู่ NH_4ออกจาก ฟีนิลอะลานิน (phenylalanine) โดยอาศัยเอนไซม์ ฟีนิลอะลานินแอมโมเนียมไลเอส (phenylalanine ammonia-lyase: PAL) เพื่อเปลี่ยนไปเป็น cinnamic acid และจะเปลี่ยนแปลงไปเป็น p-coumaric acid และ p-coumaryl-CoA การเปลี่ยนแปลงจาก phenylalanine ไปเป็น p-coumaryl-CoA นั้น เป็นขั้นตอนของ general phenylpropanoid metabolism ซึ่งเป็นขั้นตอนการสังเคราะห์สารหลายอย่าง เช่น สารในกลุ่ม flavonoid สารประกอบ phenolics, benzoic acids และ lignin เป็นต้น โดยมีเอนไซม์ PAL ซึ่งมีการศึกษากันอย่างกว้างขวางว่าเป็นตัวเชื่อมระหว่าง primary metabolism และ phenylpropanoid pathway แต่ไม่ได้จัดว่าเป็น key enzyme แม้ว่าจะเกี่ยวข้องใน pathway ทั้งหมด (Gross, 1987)

ปฏิกิริยาที่เป็นศูนย์กลางของการสังเคราะห์ flavonoids (ภาพ 3) นั้นเริ่มจากการรวมตัวกันของ acyl residue จาก 1 โมเลกุลของ 4-coumaryl CoA และ 3 โมเลกุลของ malonyl CoA ได้ chalcone ซึ่งเป็นสารตัวแรกของ flavonoids ทั้งหมด มี chaclone synthase เป็นตัวเร่งและเป็น key enzyme ของการสังเคราะห์ flavonoids และเอนไซม์ chaclone isomerase (CHI) จะทำให้เกิดไอโซเมอร์เป็น narigenin ซึ่งเป็นสารไม่มีสี จากนั้น naringenin จะเปลี่ยนเป็น dihydrokeamferal (DHK) ซึ่งจะถูกนำหมู่ hydroxyl ออกด้วยเอนไซม์ flavone 3′–hydroxylase (F3′H) เพื่อจะได้เป็น dihydroquercetin (DHQ) หรือโดยเอนไซม์ flavonoid 3′5′-hydroxylase (F3′5′H) เพื่อจะได้เป็น dihydromyriecetin (DHM) และ F3′5′H สามารถเปลี่ยน DHQ ไปเป็น DHMได้

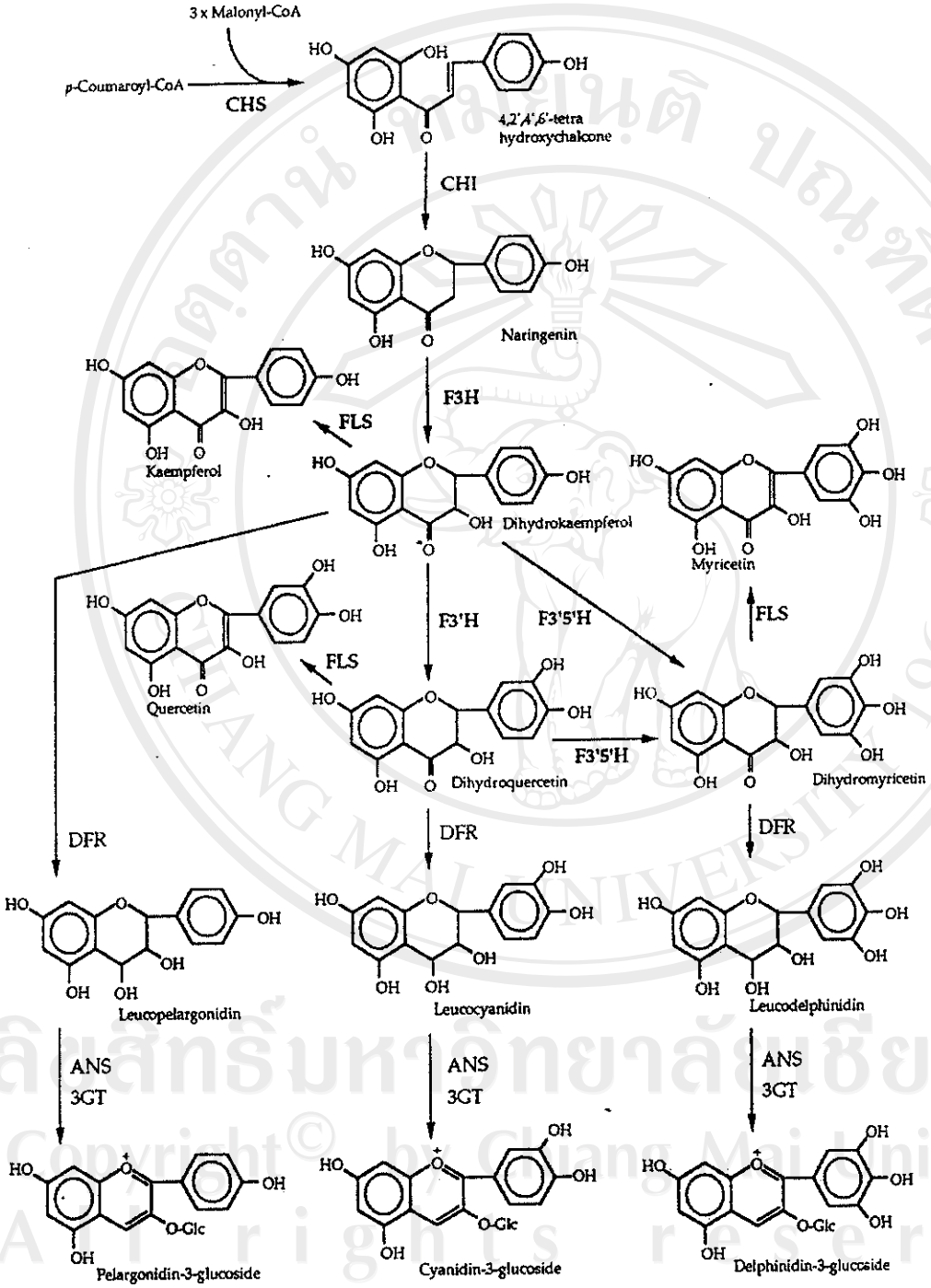
การเปลี่ยนแปลงขั้นแรกต้องการใช้เอนไซม์อย่างน้อย 3 ชนิด เพื่อจะเปลี่ยน dihydroflavonols (DHK, DHQ และDHM) ซึ่งไม่มีสีเป็นแอนโทไซยานิน คือต้องรีดิวซ์ dihydroflavonols ไปเป็น flavan-3,4-cis-dials (leucoanthocyanidins) ด้วยเอนไซม์ dihydroflavonol 4-reductase (DFR) ต่อมาการเกิด oxidation, dehydration และ glycosylation ของ leucoanthocyanidins ทำให้เกิดรงควัตถุ pelargonidin สีแดงอิฐ cyanidin และ delphinidin สีน้ำเงิน (Holton and Cornish, 1995)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาพ 2 แผนผังการสังเคราะห์แอนโทไซยานิน (สุจิตรา, 2541)



ภาพ 3 Anthocyanin and Flavonol Biosynthesis Pathway (Holton and Cornish, 1995)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ปัจจัยที่มีผลต่อการสร้างแอนโทไซยานิน

ผลไม้ชนิดต่างกันและพันธุ์ต่างกัน มีปัจจัยที่ส่งผลต่อการสังเคราะห์แอนโทไซยานินไม่เหมือนกันด้วย ปัจจัยที่ส่งผลต่อการผลิตแอนโทไซยานิน

Comm and Towers (1973) พบว่าแสงมีผลต่อการสังเคราะห์แอนโทไซยานิน และแสดงออกในรูปของแอคติวิตีของเอนไซม์ phenylalanine ammonia-lyase (PAL) การทดลองฉายแสง Ultraviolet (UV) ความยาวคลื่น 312 nm แก่ผลแอปเปิลพันธุ์ Starking, Delecious, Fuji (Arakawa *et al.*, 1986) และพันธุ์ Jonathan (Faragher and Chalmers, 1977) พบว่าแสงทำให้เอนไซม์ PAL ในผลแอปเปิลสูงขึ้นก่อน หลังจากนั้นผลจึงจะสะสมแอนโทไซยานิน ในขณะที่มีการสะสมแอนโทไซยานินสูงสุดจะเป็นระยะเดียวกันกับที่เอนไซม์ PAL มีแอคติวิตีต่ำที่สุด

Ju *et al.* (1995(1)) พบว่าการห่อผลยับยั้งแอคติวิตีของเอนไซม์ PAL และการสังเคราะห์แอนโทไซยานินอย่างมีนัยสำคัญในผลแอปเปิลพันธุ์ Delicious และเมื่อแกะถุงออก ทั้งแอคติวิตีของเอนไซม์ PAL และการสังเคราะห์แอนโทไซยานินจะเพิ่มขึ้นเมื่อทดลองห่อผลแอปเปิลพันธุ์เดียวกันด้วยถุงกระดาษ 1 ชั้น, 2 ชั้น หรือ 3 ชั้น ในระหว่างผลเจริญจนถึงระยะเก็บเกี่ยว ผลแอปเปิลที่ห่อผล 1 ชั้น หรือ 2 ชั้น มีการสะสมแอนโทไซยานินคงที่ แต่ในผลที่ห่อด้วยถุงกระดาษ 3 ชั้นไม่มีการสะสมแอนโทไซยานินแต่มีสารประกอบฟีนอลอื่นๆ สะสมอยู่เล็กน้อย เมื่อให้ผลแอปเปิลที่ถูกห่อ 3 ชั้นได้รับแสงผลจะเริ่มต้นสะสมแอนโทไซยานินอย่างรวดเร็วและจะมีมากที่สุดหลังจากได้รับแสงแล้ว 3 วัน (Ju, 1998) การเปรียบเทียบการสะสมแอนโทไซยานิน และแอคติวิตีของเอนไซม์ PAL ที่เกิดหลังได้รับแสงระหว่างผลแอปเปิลพันธุ์ Jonathan ที่ถูกห่อผลและไม่ถูกห่อผล พบว่าผลที่ห่อจะให้ค่าของแอคติวิตีของเอนไซม์ PAL และปริมาณแอนโทไซยานินสูงกว่า (Wang *et al.*, 2000)

ผลของแอปเปิลที่อยู่ในบริเวณร่มเงาของต้นที่ไม่โดนแสงหรือโดนแสงน้อยจะมีการพัฒนาสีแดงบนเปลือกน้อยกว่าผลที่ได้รับแสงเต็มที่ การสะสมของแอนโทไซยานินนี้เพิ่มขึ้นได้เมื่อผลแอปเปิลได้รับแสงที่มีความเข้มสูง (Siegelman and Hendricks, 1958) การสะสมแอนโทไซยานินมีความสัมพันธ์กับพลังงานแสงที่เพิ่มขึ้นในแอปเปิลพันธุ์ Delicious, Idared, Spartan และ Matsu พลังงานแสงที่ต่ำที่สุด ที่ต้องการในการสังเคราะห์แอนโทไซยานินต่างกันในแต่ละพันธุ์และฤดูกาล (Proctor, 1974)

visible light มีผลต่อการสร้างแอนโทไซยานินน้อยกว่า UV และ UV ที่มีความยาวคลื่นต่างกันก็มีผลต่อการสังเคราะห์แอนโทไซยานินต่างกัน (Magness, 1928 and Streeter and Pearce, 1931 อ้างโดย Saure, 1990) UV-B (emission peak ที่ 312 nm) จะกระตุ้นการสังเคราะห์แอนโทไซยานินในแอปเปิล และมีผลในการสังเคราะห์แอนโทไซยานินมากกว่า UV-A (emission peak ที่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

353 nm) (Arakawa *et al.*, 1985) การให้ UV-B ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส กับผลที่เด็ดจากต้นของแอปเปิลพันธุ์ Gala, Royal Gala, Braeburn, Pacific Rose และ Aurora ทั้งที่ได้รับแสงโดยตรงและในร่มเงา UV-B จะทำให้ระดับแอนโทไซยานินเพิ่มขึ้น (Lancascer *et al.*, 2000)

วารุณี (2543) พบว่าแสงมีผลส่งเสริมการสร้างแอนโทไซยานิน และแอคติวิตีของเอนไซม์ PAL ในเปลือกผลมะม่วงพันธุ์ Kent โดยมะม่วงที่ห่อผลมีแอคติวีตีของเอนไซม์ PAL และการสร้างแอนโทไซยานินคงที่ในขณะชุดควบคุม (ได้รับแสง) มีสูงกว่า เมื่อให้ผลมะม่วงได้รับแสงเพิ่มมากขึ้นโดยใช้แผ่นสะท้อนแสงทำให้ทั้งแอคติวิตีของเอนไซม์ PAL และปริมาณของแอนโทไซยานินเพิ่มสูงมากขึ้น การให้แสงกับมะม่วงพันธุ์ Kensigton pride และมะม่วง Tommy atkins เพื่อปรับปรุงสีผิวพบว่ามะม่วงทั้งสองพันธุ์ตอบสนองความเข้มแสง photon pluency 2 ระดับ คือ 135 $\mu mol/m^2.s$ และ 175 $\mu mol/m^2.s$ ได้ใกล้เคียงกันมะม่วงพันธุ์ Kensigton pride ถูกกระตุ้นได้ดีทั้งสองความเข้มแสงทั้งเวลา 5 และ 46 ชั่วโมง ส่วน Tommy atkins ตอบสนองความเข้มต่ำที่ 24 ชั่วโมงได้ดี (Sakes *et al.*, 1999) การให้แสงหลังการเก็บเกี่ยวไม่สามารถปรับปรุงสีเปลือกของมะม่วงพันธุ์มหาชนกได้ (นเรศ, 2545)

อุณหภูมิและแสงมีอิทธิพลร่วมกันต่อการสร้างแอนโทไซยานินในผลไม้ การใช้อุณหภูมิต่ำ (4 องศาเซลเซียส) พร้อมกับการไม่ให้แสง 16 ชั่วโมง ร่วมกับให้อุณหภูมิสูงในที่มีแสง UV-B 75 ชั่วโมง เป็นกรรมวิธีที่มีประสิทธิภาพที่ดีที่สุดในการกระตุ้นการสะสมแอนโทไซยานินในแอปเปิลพันธุ์ Granny Smith (Reay, 1999) การสร้างแอนโทไซยานินในอุณหภูมิที่ต่างกันในแอปเปิลพันธุ์ Braeburn และ Aurora สร้างแอนโทไซยานินเพิ่มขึ้นเมื่อได้รับ UV-B ทั้งอุณหภูมิ 10 และ 20 องศาเซลเซียส แต่แอปเปิลพันธุ์ Gala, Royal gala และ Pacific rose สร้างแอนโทไซยานินที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียสเท่านั้น (Loncascer, 2000)

การให้ ethephon (2 chloroethyl phosphonic acid) และ seniphos – like substance (SLS) (เป็นสารผสมของ P_2O_2 310 g/l, CaO 56 g/l และ N 30 g/l: NO_3 1% และ NH_3 2%) เป็นเวลา 4 สัปดาห์ก่อนการเก็บเกี่ยวจะเพิ่มสีแดงและความเข้มข้นของสารประกอบ flavonoid บนเปลือกของแอปเปิลพันธุ์ Fuji (Li *et al.*, 2002) Hitrasuka *et al.* (2001) เลี้ยงผลองุ่นที่ผ่าครึ่งผลในน้ำตาล และให้ abscisic acid (ABA) 1g/l ร่วมกับแสงสีขาว 68 $mol/m^2.s$ พบว่าสามารถเพิ่มการเกิดสีแดงแก่ผลเป็น 2.5 เท่าเมื่อเทียบกับชุดควบคุม(ใช้น้ำ) Ju *et al.* (1995(1)) พบว่า amino oxyphenyl – propionic acid (AOPP) ยับยั้งแอคติวิตีของเอนไซม์ PAL ประมาณ 45 เปอร์เซ็นต์ในผลแอปเปิลพันธุ์ Delicious ที่แก่ และประมาณ 80 เปอร์เซ็นต์ใน skin disks ของผลแอปเปิล แต่ไม่เปลี่ยนแปลงปริมาณแอนโทไซยานินอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อให้ AOPP แก่ผลแอปเปิลทันทีหลังจากเปิดถุง จะยับยั้ง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

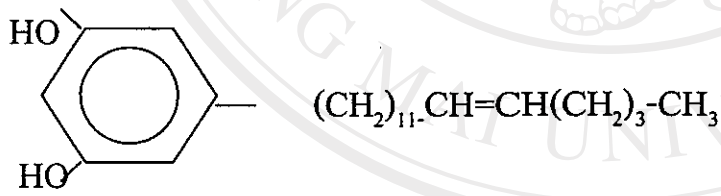
แอคติวีติของเอนไซม์ของ PAL และลดการสะสมแอนโทไซยานินในขณะที่การแกะถุงปกติจะเพิ่ม จะเพิ่มแอคติวิตีของเอนไซม์และแอนโทไซยานิน

Hitrasuka *et al.* (2001) พบว่าการให้น้ำตาลแรมโนส 10% ในการเลี้ยงผลองุ่นที่ผาครึ่งผล เร่งการเกิดสีแดงอย่างมีนัยสำคัญในขณะที่การให้ซูโครส 10 % ยับยั้งการเกิดสีแดงในองุ่น พบว่า การเพิ่มความเข้มสี (การดูดกลืน) จะลดลงเมื่อพบ amylose amylopectin cyclodextrins ในขณะที่ กลูโคส มอลโตส และซูโครส ทำให้มีสีเพิ่มขึ้น การเปลี่ยนแปลงสีเกิดเด่นชัดที่ pH 4 มากกว่า pH 2 (Lewis *et al.*, 1995)

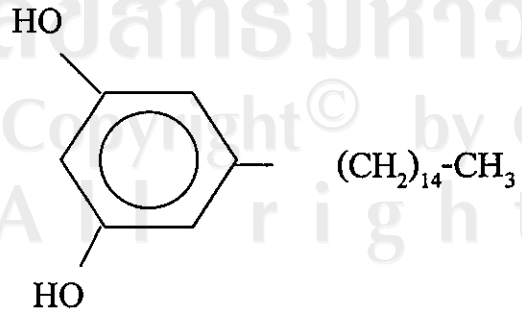
การให้รังสีแกรมมาแก่องุ่น (grape pomace) 6 kGy และบรรจุในสภาพที่มีความเข้มข้นของโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ต่ำ ให้แอนโทไซยานินที่สกัดได้สูงที่สุด (Ayed *et al.*, 2000)

สารต้านเชื้อรา (antifungal compounds)

จากการที่พบว่าเชื้อรา *Alternaria alternata* ซึ่งเป็นสาเหตุของโรคจุดดำบนผลมะม่วงมีระยะฟักตัวสัมพันธ์กับความต้านทานต่อเชื้อราของมะม่วง Cojocaru *et al.* (1986) ได้ทำการสกัดสารต้านเชื้อราดังกล่าว จากผิวมะม่วงสายพันธุ์ในประเทศอิสราเอลและพบว่าในส่วนสกัดที่ได้มีสารที่เป็นหลัก จำพวกเรซอร์ซินอล โดยพบสาร 5-(12-cis-heptadecenyl) resorcinol [I] 65% และสาร 5-pentadecyl resorcinol [II] อีก 15 % (ภาพ 4)



5-(12-cis-heptadecenyl) resorcinol [I]



5-pentadecyl resorcinol [II]

ภาพ 4 สารพวกเรซอร์ซินอลที่สามารถยับยั้งเชื้อรา *Alternaria alternata* (Cojocaru *et al.*, 1986)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Droby *et al.* (1986) ทำการศึกษาสารต้านเชื้อราที่ประกอบด้วย สาร 5-(12-cis-heptadecenyl) resorcinol และสาร 5-pentadecyl resorcinol จากเปลือกมะม่วงดิบพบว่ามีความสัมพันธ์กับการพักตัวของเชื้อรา *A. alternata* บนผิวมะม่วงดิบ โดยสารอนุพันธ์เรซอร์ซินอลทั้งสองตัวนี้จะมีความเข้มข้นประมาณ 200 ไมโครกรัมต่อหนึ่งกรัมของน้ำหนักผิวสดที่นำมาสกัด ปริมาณนี้จะลดลงเหลือประมาณ 100 ไมโครกรัมต่อกรัม เมื่อมะม่วงสุกปริมาณสารที่ลดลงก็จะทำให้เชื้อมีการพักตัวน้อยลง กล่าวคือ จะเข้าทำลายผลมะม่วงเร็วขึ้น นอกจากนี้ในการศึกษายังพบปัจจัยที่เกี่ยวข้องอื่นๆ ได้แก่ การบ่มผลมะม่วงด้วยก๊าซเอทธิลิน จะลดช่วงเวลาที่เชื้อพักตัวลงได้อีก และความเข้มข้นของสารต้านเชื้อรานี้ก็จะลดลงด้วย ในกรณีที่เก็บผลไม้ไว้ที่ความดัน 20 kPa (hypobaric pressure) จะทำให้การฟักตัวของเชื้อนานขึ้น และชะลอการลดลงของปริมาณของสารต้านเชื้อรา การลดลงที่แตกต่างกันของสารอนุพันธ์ในผิวมะม่วงที่ใช้ทดลองสองพันธุ์ก็ให้ผลการแสดงอาการของโรคจากเชื้อ *A. alternata* ที่แตกต่างเช่นเดียวกัน และในมะม่วงพันธุ์ที่มีการต้านทานโรค คือ พันธุ์เคียท พบว่าในระหว่างการสุกมีการลดลงของสารอนุพันธ์นี้แต่เป็นระดับที่ยังสามารถยับยั้งเชื้อราเจริญขึ้นได้อยู่จึงไม่มีการเกิดโรค สรุปได้ว่า สารอนุพันธ์เรซอร์ซินอลมีผลต่อการฟักตัวเพื่อเข้าทำลายของเชื้อรา *A. alternata* ในผลมะม่วงดิบ ในปี 1987 Droby *et al.* และคณะยังได้ศึกษาสารอนุพันธ์ชนิดเดิม พบว่าสารนี้ทำให้เปลือกมะม่วงสามารถต้านทานต่อ *A. alternata* เนื้อมะม่วงที่ปอกเปลือกออกแล้วจะไม่ต้านทานต่อเชื้อ แต่มะม่วงที่ปอกเปลือกออกจะสามารถต้านทานต่อการทำลายของ *A. alternata* ได้อีกภายใน 24 ชั่วโมง ในระยะเวลานี้ความเข้มข้นของสารอนุพันธ์พวกเรซอร์ซินอลได้เพิ่มขึ้นจาก 30 เป็น 80 ไมโครกรัมต่อกรัมของน้ำหนักสด และยังคงเพิ่มไปจนมีความเข้มข้น 160 ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักสด หลังจากปอกเปลือกแล้ว 96 ชั่วโมง ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลเกิดจากการทำงานของPAL บนเนื้อมะม่วงที่ถูกลอกเปลือกออก การให้สารยับยั้งการเกิดสีน้ำตาล และการทำงานของเอนไซม์ PAL ทำให้ไม่เกิดการสร้างสารอนุพันธ์ของเรซอร์ซินอลและไม่เกิดการต้านทานโรคด้วย และการเก็บในสภาพสุญญากาศป้องกันการเกิดสีน้ำตาลของเนื้อมะม่วง แต่ทำให้มะม่วงไม่มีการพัฒนาการต้านทานโรค และไม่มีการเพิ่มขึ้นของสารอนุพันธ์เรซอร์ซินอล

ระจิตร (2536) หาความสัมพันธ์ระหว่างความแก่ สายพันธุ์ กับปริมาณสารต้านทานโรคแอนแทรกโนสบนผิวมะม่วง ด้วยการปลูกเชื้อ *C. gloeosporioides* แล้วเปรียบเทียบอัตราการเกิดบาดแผลพบว่า มะม่วงพันธุ์เค้นท์ (Kent) มีความต้านทานโรคมากที่สุด และมะม่วงน้ำดอกไม้มีความต้านทานน้อยที่สุดเมื่อเทียบกับมะม่วงทองดำและแรด และมะม่วงที่อ่อนจะต้านทานการเกิดโรคมากกว่ามะม่วงที่แก่และสุก ซึ่งเป็นเช่นเดียวกันในมะม่วงทุกสายพันธุ์ สารสกัดที่ได้จากผิวมะม่วงทุกสายพันธุ์และทุกอายุมีแถบยังยั้งการเจริญคล้ายคลึงกัน และเมื่อตรวจสอบแถบสารด้วย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

UV-visible spectophotometer พบว่าที่ค่า Rf 0.48 ในสารที่ได้จากทุกสายพันธุ์และทุกอายุการเก็บเกี่ยวมีค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่นเดียวกับสารอนุพันธุ์เรซอร์ซินอล ในมะม่วงพันธุ์ทองดำและพันธุ์แรดจะมีปริมาณสารดังกล่าวนี้ลดลงเมื่อผลสุก ซึ่งสัมพันธ์กับการแสดงออกของโรค แต่ในมะม่วงน้ำดอกไม้กลับมีสารนี้เพิ่มขึ้นทั้งที่ผลอ่อนและแสดงอาการของโรคเพิ่มขึ้น ความเข้มข้นต่ำที่สุดที่ยับยั้งการเจริญของเชื้อ *C. gloeosporioides* คือ 30 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร

วิลาวัณย์ (2537) วิเคราะห์หาปริมาณสารอนุพันธ์เรซอร์ซินอล ในผิวมะม่วง 3 พันธุ์ คือ พันธุ์น้ำดอกไม้ พันธุ์แรด และพันธุ์ทองดำ พบว่ามะม่วงพันธุ์ทองดำมีปริมาณสารอนุพันธ์เรซอร์ซินอลมากที่สุด ที่ระยะความแก่ต่างกัน คือ เริ่มแก่ แก่จัด และสุก ในทุกระยะความแก่และปริมาณของสารนี้จะลดลงเมื่อผลแก่มากขึ้น

นีรนุช (2539) สกัดสารจากผิวมะม่วงพันธุ์โชคอนันต์ ด้วยตัวทำละลายอินทรีย์ ได้สารสกัดหยาบ นำมาทำโครมาโทกราฟีผิวบาง (thin layer chromatography: TLC) แล้วพ่นด้วยสารแขวนลอยสปอร์เชื้อรา มีบริเวณต้านเชื้อราเกิดขึ้นที่ Rf 0.10-0.23 นำไปวิเคราะห์ด้วยเทคนิคทางสเปกโตสโคปี พบว่าประกอบด้วย 2 ส่วนคือ di-2-ethylhexylphthalate เป็นหลัก และอีกส่วนเป็นสารในกลุ่ม alkyl phthalate โดยความเข้มข้นต่ำสุดในการต้านเชื้อราคือ 20 ไมโครกรัมต่อไมโครลิตร และไม่พบสารนี้ใน ใบ เนื้อและเมล็ด

ความสูญเสียที่เกิดกับผลมะม่วง

โรคมะม่วงและแมลงศัตรูที่สำคัญที่เกิดบนผลมะม่วง (สุชาติ และคณะ , 2532) มีหลายชนิด ดังนี้

1.โรคแอนแทรกโนส

เป็นโรคที่สำคัญของมะม่วง เพราะทำความเสียหายต่อทั้งปริมาณและคุณภาพ สาเหตุ เกิดจากเชื้อ *Colletotrichum gloeosporioides* ซึ่งสามารถเข้าทำลายได้เกือบทุกส่วนของมะม่วงไม่ว่าจะเป็นกล้ายอดอ่อน ใบอ่อน ช่อดอก ดอกผลอ่อน จนถึงผลแก่ และผลหลังการเก็บเกี่ยว อาการของโรคจะเป็นจุดสีดำ ลักษณะค่อนข้างกลม ขนาดไม่แน่นอน แล้วแต่สภาพแวดล้อม อาจจะเล็กเท่าหัวเข็มหมุด หรือขนาดใหญ่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 2-3 เซนติเมตร จุดเหล่านี้เกิดได้ตั้งแต่ผลอ่อนซึ่งอาจทำให้ผลร่วงหล่นหรือผลสุกแก่ที่เก็บเกี่ยวมาแล้ว จุดเหล่านี้จะมีลักษณะยุบตัวลงเล็กน้อย และจะเห็นเม็ดเล็กๆ สีดำปนส้มเรียงกันเป็นวงอยู่ในแผลนั้น การป้องกันเป็นวิธีการที่ดีที่สุด คือการใช้ยาเคมีฉีดพ่นในระยะที่มะม่วงแทงช่อดอกและติดผลเล็ก ๆหลังจากนั้นหากมีสภาพแวดล้อมอื่นที่ช่วยในการแพร่ระบาดของเชื้อ เช่นมีฝนตกชุกในช่วงที่เป็นผลอ่อน ก็ยังต้องมีการฉีดพ่นยาเคมีเพื่อป้องกันการระบาดอีก 1-2 ครั้ง ส่วนการป้องกันผลที่เก็บเกี่ยวแล้วให้ลดความเสียหายในขณะสุก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

อาจทำได้โดยการแช่ผลในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาทีหรือแช่ในน้ำร้อนผสมเบนโนมิล เป็นต้น

2. อาการผลเน่า

มักจะพบในระยะหลังจากเก็บเกี่ยวแล้ว ลักษณะอาการจะเกิดรวดเร็วมาก เริ่มแรกอาจจะเห็นเป็นจุด ไม่มีขอบเขตแน่นอน สีน้ำตาล และจะลุกลามอย่างรวดเร็วไปทั่วผล ภายใน 1-2 วัน ซึ่งขึ้นอยู่กับความสุกของมะม่วง บริเวณที่เป็นโรคจะนิ่ม อาการนี้เกิดจากเชื้อราพวก *Botryodiplodia theobromae* มีเส้นใยสีเทาซึ่งเมื่อแก่จะเป็นสีเขียวปนเทาหรือปนดำ โรคนี้ส่วนใหญ่จะพบที่บริเวณขั้วของผลซึ่งเชื้อสามารถเข้าทำลายทางขั้วหรือแผลต่างๆ ที่เกิดจากการกระทบ กระแทก การป้องกันและการกำจัด ควรเก็บมะม่วงอย่างระมัดระวังอย่าให้กระทบกระเทือน และอย่าเก็บในที่ที่มีความชื้นสูง เพราะจะทำให้โรคลุกลามได้รวดเร็ว หลังหักก้านมะม่วงควรวางคว่ำผลบนผ้ากระสอบที่สะอาด ไม่ควรวางกับดินหรือหญ้าโคนต้น อันจะทำให้เชื้อโรคสามารถเข้าทำลายผลได้ง่าย

3. อาการผลเน่าเป็นจุดสีน้ำตาล

ลักษณะอาการเป็นแผลเน่าสีน้ำตาลอ่อนบนผล ส่วนใหญ่พบบริเวณขั้วของผลหรือกลาง ๆ ผล ด้านที่หันออกจากนอกทรงพุ่ม เมื่อเฉือนดูบริเวณที่เน่า จะพบว่าข้างในเนื้อจะมีลักษณะคล้าย ๆ ผลถูกนึ่ง เนื้อของผลจะแยกชั้น เห็นช่องว่างในระหว่างเนื้อมะม่วง สาเหตุ เกิดจากลูกเห็บ ซึ่งมักจะตกในฤดูร้อนที่มีอากาศร้อนอบอ้าว ส่วนใหญ่พบกับมะม่วงทางภาคเหนือ เช่น ที่เชียงราย อาการจุดเน่าบนผลเกิดจากการกระทบของลูกเห็บที่ตกลงมากระทบผล ทำให้เกิดการช้ำและลูกเห็บมีความเย็นจนทำให้เกิดอาการคล้ายเป็นจุดเน่าในเวลาต่อมา

4. อาการยางกัดผล

ลักษณะอาการเป็นแผลตกสะเก็ดตื้นๆ บนผล แผลตกสะเก็ดเหล่านี้จะเกิดตามรอยน้ำยาง ที่ไหลซึมจากขั้วของผล ในขณะที่ผลยังอ่อน ซึ่งจะเกิดอาการยางกัดบริเวณผิวเปลือกของผลอาการยางกัดผลนี้ถ้าเกิดในขณะที่ผลอ่อนมาก จะทำให้ผลบิดเบี้ยวเนื่องจากแผลบริเวณที่ยางกัดไม่ขยายตัว อาการยางกัดนี้จะเกิดจากการเสียดสีของผลที่อยู่ติดๆ กัน หรือลมพัดจัดทำให้ใบขูดกับผล ซึ่งจะไปสะกิดให้ต่อมน้ำยางบนผิวเปลือกของผลเปิดหรือเป็นแผลมีน้ำยางไหลออกมา ซึ่งต่อมาก็จะเห็นอาการตกกระบนผลหรือเป็นแผลตกสะเก็ดตามรอยเสียดสี การที่ยางไหลออกมาจากขั้วผลอาจเกิดจากลมพัดทำให้ผลแกว่งไปมา ซึ่งทำให้บริเวณข้อต่อของก้านผลปริออกมีน้ำยางไหลซึมออกมา หรืออาจจะเกิดจากการรบกวนของแมลง ทำให้เกิดแผลและมียางไหล

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

5. อาการแผลตกสะเก็ดที่ขั้วผล

ลักษณะอาการเป็นแผลตกสะเก็ดบางๆ บริเวณรอบๆ ขั้วของผล อาการเริ่มเห็นได้เมื่อผลมีขนาดเท่าหัวแม่มือ ซึ่งแผลจะขยายใหญ่เมื่อผลโตขึ้นทำความเสียหายโดยทำให้ผลผลิตราคาตกต่ำ อาการดังกล่าวนี้เกิดจากการทำลายของแมลงพวกเพลี้ยไฟ ซึ่งจะพบปรากฏในระยะดอกบานและติดผลอ่อน โดยจะดูดกินที่ขั้วผลอ่อนๆ บริเวณขั้วของผล หรือในบางครั้งหากมีการระบาดรุนแรงจะพบผลอ่อน มะม่วงทั้งผลเป็นผลลักษณะคล้ายขี้กลาก และไม่เจริญเป็นผลที่สมบูรณ์ ป้องกันกำจัดโดยการพ่นยาป้องกันกำจัดแมลงพวกเพลี้ยไฟในระยะที่มีมะม่วงเริ่มติดผลใหม่ๆ ในแหล่งที่เคยมีโรคระบาด หรือพบเพลี้ยไฟดูดน้ำเลี้ยงในช่วงมะม่วงแทงช่อดอก จนกระทั่งติดผลอ่อน ซึ่งอาจตรวจได้โดย การเคาะช่อดอกมะม่วงกับกระดาษสีขาว หากมีเพลี้ยไฟจะพบแมลงตัวเล็กๆ ขนาดยาวประมาณ 1 มิลลิเมตร สีเหลืองเคลื่อนไหวอยู่บนกระดาษสีขาว หากพบในปริมาณมาก ก็ควรทำการพ่นสารเคมี หรือป้องกันกำจัดโดยด่วน สารเคมีที่ใช้ได้ผลดีคือ คาร์บาริล (Carbaryl) 85% WP

6. อาการผิดปกติอื่นๆ บนผล

การปลูกมะม่วงในบางท้องที่ ในฤดูแล้งซึ่งมะม่วงกำลังอยู่ในระยะติดผลอ่อนจนถึงใกล้แก่ มักจะมีพายุลมแรงและฝนตกเป็นครั้งคราว ทำให้ผลมะม่วงมีการเสียดสีกันเอง เสียดสีกับใบ หรือแกว่งกระทบกับกิ่ง ทำให้เกิดลักษณะผลเป็นลาย มีรอยขีดข่วน มีแผลตกสะเก็ดบนผิวของผล หรือผลเป็นจุดช้ำจากการกระแทกกับกิ่งซึ่งทำให้ผลผลิตไม่มีคุณภาพ การแก้ไขอาจจะมีการปลูกไม้บังลมเพื่อลดความรุนแรงของลมพายุ และการห่อผลเพื่อรักษาผิวของผลให้ปราศจากรอยขีดข่วน นอกจากนี้ยังช่วยป้องกันการเข้าทำลายของแมลงวันผลไม้ได้อีกด้วย และก่อนการห่อผลควรพ่นสารป้องกันโรคแอนแทรคโนสด้วย

การห่อผล

การห่อผลเป็นวิธีที่ให้ผลดีสำหรับเพิ่มการสังเคราะห์แอนโทไซยานินและการเพิ่มสีในแอปเปิลซึ่งใช้กันอย่างแพร่หลาย (Ritenour *et al.*, 1997) Ju *et al.* [1995(1), (2)] เชื่อว่าการห่อกระดาษทำให้ผลไม้มีความไวต่อแสงเพิ่มขึ้น และสามารถเพิ่มการสังเคราะห์แอนโทไซยานิน อย่างไรก็ตามผลโดยตรงที่ได้รับจากการห่อผลคือการยับยั้งการสังเคราะห์แอนโทไซยานินยังไม่มีการกล่าวถึงมากนัก การห่อผลในระหว่างเจริญของผลกระทำกันในญี่ปุ่นเพื่อให้ผลิตผลที่ได้มีคุณภาพสูงและปราศจากริ้วรอย (Kitagawa, 1992)

มยุรี (2539) ทำการห่อผลมะม่วงพันธุ์เคนท์ (Kent) ด้วยกระดาษพบว่ามีผลต่อการเกิดสีแดงที่มาจากแอนโทไซยานินและมีผลต่อสีเขียวจากคลอโรฟิลล์ที่ผิว โดยผลมะม่วงที่ห่อผลไม่มี

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การพัฒนาสีแดงเกิดขึ้นที่ผิว และมีความเข้มของสีเขียวน้อยกว่ามะม่วงกลุ่มที่ไม่ห่อผลและได้รับแสง การห่อผลไม่เปลี่ยนแปลงขนาดของผล ขนาดเมล็ด รวมทั้งการเปลี่ยนแปลงทางเคมีและปริมาณเบตาแคโรทีน (β-carotene) Hofman *et al* .(1997) พบว่าการห่อผลมะม่วงพันธุ์เคียท (Kiett) ด้วยถุงกระดาษจะให้พื้นที่สีเหลืองเมื่อมะม่วงสุก ลดพื้นที่และความเข้มของสีแดงในผิวมะม่วง การห่อผลจะลดการเกิดโรคแอนแทรกโนส โรคเน่าที่ขั้วผล และเวลาระหว่างเก็บเกี่ยวผลเมื่อแก่เต็มที่จนผลสุก เพิ่มเปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้ง ไม่ส่งผลต่อปริมาณกรด ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำ คุณภาพเมื่อทดสอบด้วยการชิม ดิศร (2541) พบว่าปริมาณรงควัตถุแอนโทไซยานินและเบตาแคโรทีนของมะม่วงพันธุ์เคนท์เพิ่มขึ้นตลอดการพัฒนาของผล ผลมะม่วงที่ไม่ห่อผลจะมีปริมาณรงควัตถุมากกว่า และเมื่อเพิ่มแสงให้กับผลมะม่วงด้านที่ไม่ได้รับแสงตามธรรมชาติ จะทำให้การพัฒนาแอนโทไซยานินและเบตาแคโรทีนเพิ่มขึ้น โกศล (2527) พบว่าการห่อผลมะม่วงน้ำดอกไม้ด้วยถุงพลาสติกต่างสีทำให้มะม่วงมีน้ำหนักและเปอร์เซ็นต์ความหวานต่างกัน การทดลองห่อผลมะม่วงพันธุ์มหาชนก ด้วยกระดาษหนังสือพิมพ์ กระดาษพลาสติก กระดาษสีน้ำตาล และกระดาษที่เคลือบด้วยพลาสติก 1 ด้าน พบว่ากระดาษที่เคลือบด้วยพลาสติก 1 ด้าน เป็นวัสดุที่มีคุณสมบัติเหมาะสมที่สุด เนื่องจากมีความทนทานและยังให้ผลมะม่วงที่มีคุณภาพดีคือมะม่วงมีผิวสวยและมีโรคจากเชื้อราและแมลงน้อยลง ผลมะม่วงที่ได้จะมีน้ำหนักและขนาดมากกว่า (มนตรี, 2542) พรชัยและธนะชัย (2545) สำรวจผู้ที่ปลูกมะม่วงในจังหวัดเชียงใหม่ ลำพูนและตากพบว่าเกษตรกรร้อยละ 45 ห่อผลมะม่วงเพื่อป้องกันแมลงวันทอง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved