บทที่ 5
วิจารณ์ผลการทดลอง

การทดลองที่ 1 การศึกษาหาความเข้มข้นและระยะเวลาที่เหมาะสมในการใช้สาร 1-MCP รมผลมะม่วงพันธุ์มหาชนก

การทดลองที่ 1.1 การศึกษาหาความเข้มข้นของสาร 1-MCP ที่เหมาะสมในการรมผลมะม่วงพันธุ์มหาชนก

การสูญเสียน้ำหนักผลมะม่วงพันธุ์มหาชนกที่วางไว้ให้สุกและรมด้วยสาร 1-MCP แต่ละความเข้มข้นที่อุณหภูมิห้อง (25 องศาเซลเซียส) มีการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มสูงขึ้นเมื่อเก็บรักษาไว้นานขึ้น โดยการสูญเสียน้ำหนักของผลทุกความเข้มข้นมีค่าไม่แตกต่างกัน ทั้งนี้อาจเนื่องจากผลมะม่วงพันธุ์มหาชนก เป็นผลมะม่วงที่มีความบริบูรณ์ทางสรีรวิทยา (physiological maturity) แล้วจึงทำให้มีการสูญเสียน้ำหนักใกล้เคียงกัน ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของวุฒิคุณ (2530) ที่พบว่า ผลมะม่วงพันธุ์หนังกลางวันที่ทำการเก็บเกี่ยวตั้งแต่อายุ 88-98 วันหลังติดผล มีการสูญเสียน้ำหนักใกล้เคียงกัน และเมื่อผลสุกก็จะเหี่ยวเพียงเล็กน้อย ผลที่อยู่ในระยะที่มีความบริบูรณ์ทางสรีรวิทยานั้นจะมีการสะสมของสารประเภทไข (wax) และมีซูเบอรินเพิ่มสูงขึ้น จึงช่วยป้องกันการสูญเสียน้ำออกจากผลได้ (สายชล, 2528) ซึ่ง Tamjinda *et al.* (1992) พบว่า ผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ที่อยู่ในระยะที่มีความบริบูรณ์ทางสรีรวิทยาแล้วจะมีชั้นของ cuticle ที่หนาปกคลุมบริเวณรูเปิดของ lenticel ซึ่งโครงสร้างเหล่านี้จะมีผลในการลดการสูญเสียน้ำของผลมะม่วงได้

สีเปลือกและสีเนื้อของผลจะเปลี่ยนเป็นสีเหลืองมากขึ้นเมื่อเก็บรักษาผลมะม่วงไว้นานขึ้น ทั้งนี้เพราะในระหว่างการสุกของผลมีการสังเคราะห์แคโรทีนอยด์เพิ่มขึ้น และเกิดการสลายตัวของคลอโรฟีลล์เพิ่มขึ้น (Tucker, 1993) โดย Ketsa *et al.* (1999) พบว่า ในระหว่างการสุกของผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้แอคติวิตีของเอนไซม์คลอโรฟิลเลส (chlorophyllase) จะเพิ่มสูงขึ้น นอกจากนี้ยังมีการสังเคราะห์เบตา-แคโรทีนเพิ่มขึ้นอีกด้วย จึงมีผลทำให้เปลือกและเนื้อเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีเหลืองเพิ่มมากขึ้น สำหรับการเปลี่ยนแปลงค่า L* พบว่าการรมด้วย 1-MCP ความเข้มข้นระดับ 1,000 ppb มีแนวโน้มที่จะชะลอการเปลี่ยนแปลงของค่า L* ได้ดีกว่าการรมด้วย 1-MCP ความเข้มข้นระดับต่าง ๆ และเงาะที่ไม่ผ่านการรมด้วย 1-MCP โดยทั่วไปการเปลี่ยนแปลงค่า L* ของผลิตผลเป็นดัชนีที่บ่งบอกถึงการเสื่อมสภาพ (สมภพและคณะ, 2545) จากการทดลองพบว่า ผลมะม่วงที่ผ่านการรมด้วย 1-MCP มีการเปลี่ยนแปลงสีเขียวช้ากว่าผลที่ไม่ได้รมด้วย 1-MCP ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Fan and Matthesis (2000b) ที่พบว่าบร็อคโคลี่ที่รมด้วย 1-MCP ร่วมกับเอทธิลีนจะ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

มีการเหลืองช้ากว่าบร๊อคโคลี่ที่ไม่ได้รมด้วย 1-MCP นอกจากนี้ยังพบว่า 1-MCP สามารถยับยั้งกระบวนการ degreening ของแอปเปิลพันธุ์ Fuji ได้ (Fan and Matthesis, 1999) และในการทดลองกับแอปเปิลพันธุ์ Red Chief พบว่าแอปเปิลที่รมด้วย 1-MCP มีผิวส่วนที่เป็นสีเขียวมากกว่าผลที่ไม่ได้รมด้วย 1-MCP ทั้งนี้อาจเนื่องจาก 1-MCP เข้าไปยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ phenylalanine ammonia lyase และยังชะลอการสร้างแอนโทไซยานินอีกด้วย (Jiang *et al.*, 2001)

ความแน่นเนื้อของผลมะม่วงพันธุ์มหาชนกมีค่าลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่นานขึ้น สอดคล้องกับการทดลองของสายชลและสุนทร (2535) และ Ueda *et al.* (2000) ที่สนับสนุนว่าความแน่นเนื้อมีค่าลดลง เมื่อผลมีอายุมากขึ้นภายหลังจากเก็บเกี่ยว โดยผลมะม่วงที่มีอายุมากมีค่าความแน่นเนื้อน้อยกว่าในผลที่มีอายุน้อย จากการทดลองนี้หลังจากให้ผลมะม่วงสุกที่อุณหภูมิห้องพบว่าผลมะม่วงมีความแน่นเนื้อลดลงมากกว่าในผลขณะเก็บเกี่ยว ทั้งนี้เพราะผลที่ปล่อยให้สุกนั้นมีอายุมากขึ้น ทำให้มีปริมาณเพคตินน้อยกว่าผลที่มีอายุน้อย (Subramanyam *et al.*, 1976) pectin เป็นองค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญของ primary cell wall และ middle lamella ซึ่งในผลไม้ดิบจะพบสารประกอบเพคตินที่มีโมเลกุลขนาดใหญ่และไม่ละลายน้ำ จึงมีผลทำให้เซลล์ยึดเกาะกันแน่นระหว่างที่ผลยังดิบอยู่ แต่เมื่อผลสุกมีความแน่นเนื้อลดลงเพราะเพคตินมีการเปลี่ยนแปลงขนาดของโมเลกุลให้เล็กลงและมีการละลายน้ำเพิ่มขึ้น ทำให้เซลล์ยึดเกาะกันอย่างหลวม ๆ (สายชล, 2528) การอ่อนตัวของเนื้อจึงเกิดขึ้น รวมทั้งมีเอนไซม์ pectinesterase (PE), polygalacturonase (PG) และ cellulase ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่มีบทบาทสำคัญในการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของ cell wall และ middle lamella ในผลไม้ ซึ่งนำไปสู่การอ่อนนุ่มของเนื้อเยื่อขณะสุก (Selvaraj and Kumar, 1989) แต่บทบาทของเอนไซม์เหล่านี้จะแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับพันธุ์ เช่น ในมะม่วงพันธุ์ Chiin Hwang No. 1 พบว่า เอนไซม์ PG ไม่สัมพันธ์กับการลดลงของค่าความแน่นเนื้อของผล (Ueda *et al.*, 2001) ส่วนในผลมะม่วงพันธุ์ Keitt พบว่า เอนไซม์ PG และ cellulase มีความสัมพันธ์กับการอ่อนนิ่มของผลในขณะที่ผลสุก (Roe and Bruemmer, 1981) จากการทดลองจะเห็นได้ว่าผลที่ไม่ผ่านการรมด้วย 1-MCP ผลจะเกิดการนิ่มเร็วกว่าผลที่ผ่านการรมด้วย 1-MCP ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Harima *et al.* (2003) ที่พบว่าผลพลัมพันธุ์ Tonewase และ Saijo ที่ไม่ผ่านการมด้วย 1-MCP ผลจะนิ่มภายใน 5 วันทั้งสองพันธุ์ และคุณภาพไม่เป็นที่ยอมรับ ส่วนผลที่ผ่านการรมด้วยสาร 1-MCP ที่ความเข้มข้นมากกว่า 100 nl/l เป็นเวลา 16-48 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิห้อง ผลจะเกิดการนิ่มภายใน 12 และ 16 วัน ตามลำดับ

สำหรับจำนวนวันที่ใช้ในการสุก จากการทดลองจะเห็นได้ว่าผลมะม่วงที่ไม่ผ่านการรมด้วย 1-MCP ในผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ จะใช้เวลาในการสุก 7 วัน และผลที่ผ่านการรมด้วย 1-MCP ใช้เวลาในการสุก 6-9 วัน ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ จารุวัฒน์และศิริชัย (2545) โดยการให้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

1-MCP ที่ระดับความเข้มข้น 0, 100, 500 และ 1,000 ppb เป็นเวลา 6 12 และ 24 ชั่วโมง และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส พบว่าการใช้ 1-MCP สามารถชะลอการสุกของผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ได้

ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ (TSS) ของผลมะม่วงพันธุ์มหาชนกทุกกรรมวิธีเพิ่มสูงขึ้นตามอายุการเก็บรักษาของผลที่นานขึ้น เช่นเดียวกับผลมะม่วงพันธุ์อื่น ๆ เช่น พันธุ์น้ำดอกไม้ (ดวงตราและคณะ, 2527) พันธุ์หนังกลางวัน (วุฒิคุณ, 2530) และพันธุ์ Dashehari (Kalra and Tandon, 1983) ซึ่งหลังจากปล่อยให้ผลมะม่วงสุกที่อุณหภูมิห้องพบว่า ปริมาณ TSS เพิ่มสูงขึ้นตามอายุการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้นและผลที่มีอายุมากมีการเพิ่มขึ้นของ TSS มากกว่าผลที่มีอายุน้อย (Medlicott *et al.*, 1988 ; Medlicott *et al.*, 1990) ซึ่ง Vazquez – Salinas and Lakshminarayana (1985) พบว่าการเพิ่มขึ้นของปริมาณ TSS ในผลสุกจะมีความสัมพันธ์โดยตรงกับการสลายตัวของแป้ง ผลมะม่วงมีการสะสมอาหารไว้ในรูปสารประกอบคาร์โบไฮเดรต หลังการเก็บเกี่ยวแป้งจะเกิดการสลายตัวเป็นน้ำตาล ซึ่งเป็นองค์ประกอบส่วนใหญ่ของ TSS (Kapse and Katrodia, 1996) การเปลี่ยนแปลงปริมาณ TSS ในผลมะม่วง พบว่า ผลมะม่วงที่ไม่ผ่านและผ่านการรมด้วย 1-MCP ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง พบว่า ปริมาณ TSS เพิ่มสูงขึ้นตามอายุการเก็บรักษา ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Vazquez-Salinas and Lakshminarayana (1985) ที่พบว่าการเพิ่มขึ้นของปริมาณ TSS ในผลสุกจะมีความสัมพันธ์โดยตรงกับการสลายตัวของแป้ง ผลมะม่วงมีการสะสมอาหารไว้ในรูปสารประกอบคาร์โบไฮเดรต หลังการเก็บเกี่ยวแป้งจะเกิดการสลายตัวเป็นน้ำตาล ซึ่งเป็นองค์ประกอบส่วนใหญ่ของ TSS (Kapse and Katrodia, 1996) น้ำตาลที่พบมากในผลมะม่วงคือ กลูโคส ฟรุกโตส และซูโครส (Lizada, 1993) ซึ่ง Vazquez-Salinas and Lakshminarayana (1985) พบว่าในผลมะม่วงพันธุ์ Haden, Irwin, Kent และ Keitt เมื่อสุกพบว่ามีปริมาณน้ำตาลซูโครสมากกว่า 75% ของน้ำตาลทั้งหมด

ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ของผลมะม่วงพันธุ์มหาชนกทุกกรรมวิธีมีค่าลดลงตามอายุการเก็บรักษาที่นานขึ้น เช่นเดียวกับที่รายงานไว้ในผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ (สายชลและสุนทร, 2535) และผลมะม่วงพันธุ์ Dashehari (Kalra and Tandon, 1983) ที่พบว่า มีปริมาณกรดลดลงตามอายุของผลที่เพิ่มมากขึ้น จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าผลมะม่วงที่ไม่ผ่านและผ่านการรมด้วย 1-MCP เมื่อผลสุกจะมีปริมาณกรดลดลง ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองที่พบว่า ผลมะม่วงพันธุ์หนังกลางวัน (วุฒิคุณ, 2530) และผลมะม่วงพันธุ์ทองคำ (สายชลและคณะ, 2534) เมื่อผลที่มีอายุมากเวลาสุกจะมีปริมาณกรดลดลงมากกว่าผลที่มีอายุน้อย ทั้งนี้อาจเนื่องจากกรดถูกนำไปใช้เป็นสับสเตรท (substrate) สำหรับการหายใจมากขึ้น (Tucker, 1993) เพราะในระหว่างที่ผลสุกจะมีการหายใจเพิ่มขึ้นและกรดบางส่วนอาจถูกนำไปใช้ในการสังเคราะห์น้ำตาล (Wills *et al.*, 1981)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนของ TSS: TA ของผลมะม่วงเมื่อผลดิบมีค่าอัตราส่วนของ TSS: TA เท่ากับ 3.55 แต่เมื่อผลสุกพบว่าทั้งผลมะม่วงที่ไม่ผ่านและผ่านการรมด้วย 1-MCP มีค่าอัตราส่วนของ TSS: TA เพิ่มขึ้น เมื่อเก็บรักษานานขึ้น ทั้งนี้เป็นเพราะการที่มีปริมาณ TSS เพิ่มขึ้น เนื่องมาจากการสลายตัวของแป้งเมื่อเข้าสู่ระยะการสุก (Subramanyam *et al*., 1976) ในขณะที่ปริมาณ TA ลดลงอย่างรวดเร็วและลดลงเรื่อย ๆ ตามระดับความแก่ที่เพิ่มขึ้น การเปลี่ยนแปลง TA ในลักษณะนี้พบในมะม่วงพันธุ์ทองดำ (สายชลและคณะ, 2534) พันธุ์หนังกลางวัน (วุฒิคุณ, 2530) และพันธุ์น้ำดอกไม้ (ดวงตราและคณะ, 2527)

การเกิดโรคของผลมะม่วงพันธุ์มหาชนกของทุกกรรมวิธีในระหว่างการเก็บรักษาปรากฏอาการเพิ่มขึ้นเมื่อเก็บรักษานานขึ้น คาดว่าเนื่องจากผลมะม่วงเมื่อเก็บเกี่ยวมาแล้วอยู่ในช่วงของการเสื่อมสภาพในหลาย ๆ ด้าน และนำไปสู่ความตาย จึงเป็นการง่ายที่เชื้อจุลินทรีย์ต่าง ๆ จะเข้าทำลาย เมื่อเกิดการสุกขึ้นความต้านทานต่อโรคต่าง ๆ ลดลง เชื้อจุลินทรีย์ที่แอบแฝงอยู่ก่อนแล้วก็จะเจริญเติบโตและก่อให้เกิดความเสียหายได้อย่างรวดเร็ว ซึ่งเมื่อกระบวนการสุกเกิดขึ้น แป้งเปลี่ยนเป็นน้ำตาล กรดอินทรีย์อาจเปลี่ยนไปเป็นน้ำตาล หรือถูกใช้ไปในการหายใจ ทำให้ความเป็นกรดลดลง ปริมาณสารประกอบฟีนอลลดลง ส่งผลให้เชื้อจุลินทรีย์สามารถเจริญเติบโตได้ดี เชื้อจุลินทรีย์สามารถเข้าสู่ภายในผลิตผลได้ตามช่องเปิดต่าง ๆ ตามธรรมชาติหรือตามบาดแผลที่อาจมีอยู่ แต่เชื้อจุลินทรีย์เหล่านี้อาจจะพักตัวและไม่สามารถเจริญเติบโตต่อไปได้เนื่องจากสภาพแวดล้อมภายในเนื้อเยื่อพืชยังไม่เหมาะสม เช่น เชื้อ *Lasiodiplodia theobromae* ที่ก่อให้เกิดโรค stem end rot ในมะม่วง และเชื้อ *Alternaria* sp. ในผลส้มชนิดต่าง ๆ เข้าสู่ผลทางรอยแผลที่เกิดจากการปลิดผลออกจากต้น เชื้อเหล่านี้จะไม่เจริญเติบโตในช่วงแรก จนกระทั่งผลเริ่มสุกหรือเมื่อเก็บรักษาไว้เป็นเวลานานอาการของโรคจึงค่อย ๆ ปรากฏขึ้นเพราะพืชอาศัยอ่อนแอลงเช่นที่พบในผลส้ม การเข้าทำลายเนื้อเยื่อผลิตผลโดยเชื้อจุลินทรีย์มักเกิดขึ้นโดยการทำลายของเอนไซม์ ซึ่งเชื้อจุลินทรีย์สร้างออกมา เช่น endopolygalacturonase, endopectic lyase, endopectate lyase, cellulase และ hemicellulase ช่วยย่อยสลายผนังเซลล์ของพืชทำให้เชื้อราเจริญเติบโตได้ ส่วนเชื้อแบคทีเรียมีเอนไซม์ได้แก่ pectin esterase, endopectate lyase เป็นต้น การต้านทานโรคของผลิตผลอาจเกิดขึ้นได้จากการสร้างสารมายับยั้งการทำงานของเอนไซม์เหล่านี้ ลักษณะอาการของโรคแตกต่างกัน บางชนิดแผลแห้ง บางชนิดเน่าเละ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับเอนไซม์ที่เชื้อจุลินทรีย์สร้างขึ้นแล้วปลดปล่อยเข้าไปในพืช เพื่อย่อยสลายโมเลกุลต่าง ๆ เพื่อประโยชน์ในการใช้เป็นอาหารและการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ (จริงแท้, 2542) จากการทดลองนี้พบว่าผลมะม่วงที่ได้รับสาร 1-MCP ความเข้มข้น 875, 1,000 และ 1,250 ppb เกิดโรคช้ากว่าที่ระดับความเข้มข้นอื่น ๆ และชุดที่ไม่ได้รับสาร 1-MCP ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากผลมะม่วงที่ได้รับสาร 1-MCP จะสุกช้ากว่า จึงทำให้แสดงอาการของโรคช้ากว่ากรรมวิธีอื่น ๆ (อังคณา, 2545)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การประเมินคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสเมื่อผลสุกพบว่า ผลมะม่วงพันธุ์มหาชนกทุกกรรมวิธี มีคะแนนในการประเมินคุณภาพในด้านสีเนื้อ รสชาติ กลิ่น เนื้อสัมผัส และคุณภาพการยอมรับโดยรวมใกล้เคียงกัน แสดงว่าสาร 1-MCP ที่ใช้ไม่มีผลต่อคุณภาพของผลเมื่อสุก อย่างไรก็ดี สาร 1-MCP ที่ใช้จะมีผลต่อระยะเวลาที่ใช้ในการสุกของผล สอดคล้องกับรายงานการวิจัยของ Lelievre *et al.* (1997) ที่พบว่า 1-MCP สามารถทำให้เกิดการสุกช้าลงและมีคุณภาพในการเก็บรักษาที่ดีของ climacteric fruit เช่น ผลสาลี่ กล้วย (Golding *et al.*, 1998; Sisler and Serek, 1997), แอปเปิล (Fan and Mattheis, 1999; Watkins *et al.*, 1999) และอะโวกาโด (Feng *et al.*, 2000)

จากผลการทดลองข้างต้น เมื่อพิจารณาถึงความเข้มข้นของสาร 1-MCP ที่เหมาะสม เพื่อนำไปศึกษาหาระยะเวลาที่เหมาะสมในการรมผลมะม่วงพันธุ์มหาชนก สรุปได้ว่าควรเลือกใช้ 1-MCP ความเข้มข้น 1,000 ppb เนื่องจากสามารถชะลอการสุกของผลได้ โดยผลจะใช้เวลาในการสุกนาน 9 วัน โดยไม่มีผลกระทบต่อคุณภาพของผลเมื่อสุก

การทดลองที่ 1.2 การศึกษาหาระยะเวลาที่เหมาะสมในการใช้สาร 1-MCP รมผลมะม่วงพันธุ์มหาชนก

ผลมะม่วงพันธุ์มหาชนกที่ไม่ผ่านและผ่านการรมด้วยสาร 1-MCP ที่อุณหภูมิห้อง (25 องศาเซลเซียส) เป็นเวลาต่าง ๆ เมื่อนำมาเก็บรักษานานขึ้นเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักก็เพิ่มขึ้นใกล้เคียงกัน ซึ่งการสูญเสียน้ำในผลไม้ นอกจากมีผลโดยตรงต่อการสูญเสียน้ำหนักแล้ว ยังทำให้ลักษณะปรากฏภายนอกของผลไม้เหี่ยว ไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค สำหรับมะม่วงที่ทดลองนี้ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาจนกระทั่งผลสุก หรือสิ้นสุดการเก็บรักษา แม้จะมีการสูญเสียน้ำหนักไปบ้าง แต่ก็ยังคงสภาพของผลที่ดีอยู่ คาดว่าเนื่องจากผลมะม่วงมีชั้นของ cuticle ป้องกันอยู่ (Tamjinda *et al.*, 1992) โดยทั่วไปผลไม้จะสูญเสียน้ำหนักในรูปของไอน้ำ โดยการแพร่ออกทางช่องเปิดธรรมชาติ เช่น stomata, lenticels, trichrome และขั้วของผลไม้ หรือบาดแผลที่เกิดขึ้น (จริงแท้, 2542) ทั้งนี้ปริมาณการสูญเสียน้ำออกจากผลจะขึ้นอยู่กับชนิดและโครงสร้างของพืช รวมทั้งสภาพแวดล้อมที่เกี่ยวข้อง (ดนัย, 2540)

การเปลี่ยนแปลงสีเปลือกและสีเนื้อของผลมะม่วงพันธุ์มหาชนก มีการเปลี่ยนแปลงสีเปลือกจากสีเขียวไปเป็นสีเหลืองมากขึ้นตามระยะเวลาที่เก็บรักษา การเปลี่ยนสีของผลไม้เป็นการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในระหว่างการสุกที่เห็นได้อย่างชัดเจน ในผลไม้ส่วนใหญ่การเปลี่ยนสีจะเริ่มจากการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ ทำให้สีเขียวหายไป เช่นเดียวกับที่พบในการทดลองนี้ ต่อจากนั้นจะเกิดสีเหลือง ส้ม แดง น้ำเงิน หรือสีอื่น ๆ ขึ้น เนื้อของผลไม้ก็เกิดการเปลี่ยนแปลงของสีเช่นกัน สีของผักและผลไม้เป็นสีที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติและสีอาจเปลี่ยนแปลงไป เนื่องจาก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การสุกและการเสื่อมสภาพ การที่ผักและผลไม้มีสีเนื่องจากมีสารที่เรียกว่ารงควัตถุอยู่ภายในเนื้อเยื่อหรือบริเวณผิวนอก รงควัตถุที่พบในผักและผลไม้แบ่งออกเป็นกลุ่มใหญ่ ๆ ได้เป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ คลอโรฟิลล์ แคโรทีนอยด์ และฟลาโวนอยด์ หรือแอนโทไซยานิน (ดนัย, 2540) การเปลี่ยนแปลงสีนี้เป็นการบ่งชี้การเปลี่ยนแปลงของผลมะม่วงเมื่อเข้าสู่กระบวนการสุกและการเสื่อมสภาพ โดยสาเหตุหลักคือ การทำงานของเอทธิลีนไปกระตุ้นการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ (Blankenship and Dole, 2003) และการทำงานของเอนไซม์ chlorophyllase Golding *et al.* (1998) กล่าวว่าการสลายตัวของสีเขียวที่เปลือกกล้วยมีอิทธิพลจากการผลิตเอทธิลีนภายในโดยผ่านตัวกลางในระบบ multienzymes ของเอนไซม์ chlorophyllase การเพิ่มขึ้นของค่า yellow index จะบ่งบอกถึงค่าของสีเหลืองที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ ทำให้สีเหลืองของแคโรทีนอยด์สามารถปรากฏให้เห็นได้อย่างเด่นชัด จากผลการทดลองจะพบว่าผลมะม่วงที่ผ่านการรมด้วย 1-MCP จะเปลี่ยนสีช้ากว่าผลที่ไม่ผ่านการรมด้วย 1-MCP ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Porat *et al.* (1999) ที่พบว่า 1-MCP สามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงสีผิวของส้มพันธุ์ Shamouti ได้ โดยที่ระดับความเข้มข้นสูงสามารถชะลอการเปลี่ยนสีผิวได้นานขึ้น และ Jiang *et al.* (1999a) พบว่าการรม 1-MCP กับผลกล้วยในช่วง 0.01-0.1 ppm จะสามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงสีผิวของผลกล้วยได้

ความแน่นเนื้อของผลมะม่วงพันธุ์มหาชนกมีค่าลดลงเมื่อเก็บรักษานานขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากเอทธิลีนสามารถกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการสลายตัวของผนังเซลล์ภายใน (Blankenship and Dole, 2003) ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ อังคณา (2545) ที่พบว่ามีการเพิ่มขึ้นของเอนไซม์ polygalacturonase และ เอนไซม์ cellulase ซึ่งจะไปย่อยสลายเซลลูโลส และสาย pectin ที่เป็นส่วนประกอบสำคัญของผนังเซลล์ในระหว่างที่ผลไม้มีการสุก จึงทำให้กล้วยหอมทองมีการอ่อนตัวและมีการลดลงของค่าความแน่นเนื้ออย่างรวดเร็วอย่างเห็นได้ชัดในช่วงที่ผลสุก ในผลไม้ส่วนใหญ่เมื่อยังอ่อนเนื้อแข็งมาก แต่เมื่อใกล้ความบริบูรณ์ เนื้อเริ่มอ่อนตัวลง และอ่อนตัวลงมากเมื่อผลสุก และเมื่อเกิดกระบวนการแก่และสุก โครงสร้างของผักและผลไม้จะเปลี่ยนแปลงไป เช่น สารประกอบ pectin จะเปลี่ยนจากรูปที่ละลายน้ำไม่ได้เป็นรูปที่ละลายน้ำได้ ทำให้ผลไม้มีผิวที่อ่อนตัวลง เมื่อเกิดกระบวนการแก่และสุก โครงสร้างของผักและผลไม้จะเปลี่ยนแปลงไป เช่น สารประกอบ pectin จะเปลี่ยนจากรูปที่ละลายน้ำไม่ได้เป็นรูปที่ละลายน้ำได้ (ดนัย, 2540) ผลมะม่วงที่ไม่ผ่านและผ่านการรมด้วย 1-MCP พบว่า เมื่อผลสุกจะมีความแน่นเนื้อลดลง อาจเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของโมเลกุลต่าง ๆ ภายในผนังเซลล์ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง pectin และเอนไซม์ polygalacturonase และ เอนไซม์ cellulase ซึ่งจะไปย่อยสลายเซลลูโลส ซึ่งเป็นองค์ประกอบสำคัญของผนังเซลล์ จึงทำให้ผลมะม่วงเกิดการนิ่มลง (จริงแท้, 2542)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ผลมะม่วงที่ไม่ผ่านการรมด้วย 1-MCP พบว่าใช้เวลาในการสุก 8 วัน ส่วนผลมะม่วงที่ผ่านการรมด้วย 1-MCP ส่วนใหญ่จะใช้เวลาในการสุกตั้งแต่ 8 วันขึ้นไป อาจเนื่องจาก 1-MCP สามารถจับกับตัวรับของเอทธิลีนเป็นเวลานานมากกว่าเอทธิลีน (Blankenship and Dole, 2003) ทำให้ผลมะม่วงมีการเปลี่ยนแปลงของกระบวนการสุกช้าลง

การเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ (TSS) ของผลมะม่วงพันธุ์มหาชนกทุกกรรมวิธี พบว่า ปริมาณ TSS มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นตามอายุการเก็บรักษา เนื่องจากแป้งถูกเปลี่ยนเป็นน้ำตาล (McGlasson, 1985) ทำให้ผลมะม่วงพันธุ์มหาชนกมีรสหวานมากขึ้น น้ำตาลที่พบมากในผลมะม่วง คือ กลูโคส ฟรุกโตส และซูโครส (Lizada, 1993) ซึ่ง Vazquez–Salinas and Lakshminavayana (1985) รายงานว่าในผลมะม่วงพันธุ์ Haden, Irwin, Kent และ Keitt เมื่อสุกจะมีปริมาณน้ำตาลซูโครสมากกว่า 75% ของน้ำตาลทั้งหมด

การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ พบว่า ทุกกรรมวิธีมีค่า TA ลดลงตามระยะเวลาเก็บรักษา ผลไม้ส่วนใหญ่เมื่อยังอ่อนมักมีรสเปรี้ยวเนื่องจากการสะสมกรดอินทรีย์ชนิดต่าง ๆ ในแวคิวโอล (vacuole) เมื่อผลพัฒนาเข้าสู่ความบริบูรณ์ปริมาณกรดจะลดลง (จริงแท้, 2542) ปริมาณกรดอินทรีย์ในผลไม้จะผันแปรขึ้นอยู่กับระยะความแก่อ่อน ผลไม้ที่มีรสเปรี้ยวจะมีกรดอยู่หลายเปอร์เซ็นต์ ในระหว่างการสุกปริมาณกรดในผลไม้จะลดลง เนื่องจากมีการใช้ไปในการหายใจ (ดนัย, 2540) ปริมาณของกรดทั้งหมดลดลงระหว่างช่วงเวลาของการสุก การลดลงของกรดพร้อมกับการลดลงของแป้งและมีการเพิ่มน้ำตาลจะทำให้ผลไม้มีรสหวานเพิ่มขึ้น (สายชล, 2528)

การเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนของ TSS: TA ของผลมะม่วงเมื่อผลดิบมีค่าอัตราส่วนของ TSS: TA เท่ากับ 3.48 แต่เมื่อผลสุกพบว่าทั้งผลมะม่วงที่ไม่ผ่านและผ่านการรมด้วย 1-MCP มีค่าอัตราส่วนของ TSS: TA เพิ่มขึ้นใกล้เคียงกันเมื่อเก็บรักษานานขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ สายชลและคณะ (2534) ที่พบว่ามะม่วงพันธุ์ทองดำมีอัตราส่วนของ TSS: TA เพิ่มขึ้นระหว่างการสุก

การประเมินคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสพบว่า ผลมะม่วงพันธุ์มหาชนกทุกกรรมวิธีมีค่าไม่แตกต่างกัน ในผลไม้เอทธิลีนช่วยกระตุ้นให้มีการเปลี่ยนแป้งเป็นน้ำตาล การลดลงของปริมาณกรดทำให้รสของผลไม้ดีขึ้น ส่วนลักษณะเนื้อนั้นเป็นความรู้สึกของประสาทสัมผัสในปากที่ได้รับจากอาหาร โดยทั่วไปเป็นความรู้สึกของปาก ลิ้น ฟัน รวมทั้งหูด้วย เช่น ริมฝีปากจะรับความรู้สึกว่าอาหารมีลักษณะผิวที่เรียบ ขรุขระ หรือมีขน ฟันจะรับความรู้สึกว่าอาหารนั้นแข็งหรืออ่อนนิ่ม ลิ้นจะรับความรู้สึกว่าอาหารมีหน่วยเล็ก ๆ (particles) ชนิดใด เช่นนิ่ม เป็นก้อนแข็ง หรือเละ และหูรับความรู้สึกในด้านเสียงขณะเคี้ยว ซึ่งมีความสำคัญต่อผักและผลไม้ที่มีความกรอบ เช่น เซลารี่ แอปเปิล และผักกาดหอมห่อเป็นต้น ผักและผลไม้แต่ละชนิดจะมีกลิ่นแตกต่างกัน โดยเฉพาะผลไม้ขณะสุกจะมีกลิ่นเฉพาะ สารที่ให้กลิ่นจะเป็นสารที่ระเหยได้ง่าย ที่พบในผลไม้ส่วนใหญ่เป็น oxygenated compounds เช่น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เอสเทอร์ แอลกอฮอล์ กรด อัลดีไฮด์ และคีโตน มีหลายชนิดที่เป็นอนุพันธ์ของ terpenoid hydrocarbons สารที่ให้กลิ่นเป็นองค์ประกอบทางเคมีซึ่งทำให้เกิดรสชาติ ซึ่งรับรู้โดยการดม สารที่ทำให้เกิดเป็นสารที่ระเหยได้ ซึ่งโดยทั่วไปผักและผลไม้จะสังเคราะห์หลายชนิด แต่ละชนิดจะมีปริมาณไม่มากนัก โดยทั่วไปจะอยู่ในปริมาณ 100 ppm ซึ่งจะแตกต่างกันไปตามชนิดของผักและผลไม้ สารให้กลิ่นที่พืชผลิตออกมานี้อาจจะประกอบด้วยสารประกอบมากถึง 200 ชนิด บางชนิดอาจจะมีปริมาณต่ำกว่า 1 ppm ลักษณะเนื้อจะเป็นตัวบ่งชี้คุณภาพของผักและผลไม้ด้วย เช่น ผักบางชนิดจะมีคุณภาพดีเมื่อมีลักษณะเนื้อกรอบ หรือผลไม้ บางชนิดจะมีคุณภาพดีเมื่อมีลักษณะเนื้อนิ่ม เป็นต้น ส่วนรสชาตินั้นเป็นรสและกลิ่นรวมกันของผักและผลไม้แต่ละชนิด ซึ่งลิ้นจะเป็นอวัยวะที่รับความรู้สึกได้มากที่สุด

เมื่อพิจารณาถึงระยะเวลาที่เหมาะสมในการใช้สาร 1-MCP พบว่าที่ระยะเวลา 12 และ 18 ชั่วโมง ผลใช้เวลาในการสุกนาน 9 และ 10 วันตามลำดับ ซึ่งใช้เวลาในการสุกไม่แตกต่างกันนัก ดังนั้นจึงเลือกใช้ระยะเวลาในการรมที่ 12 ชั่วโมง เพราะจะทำให้ใช้เวลาในการรมสั้นลง รวมทั้งคุณภาพของผลเมื่อสุกไม่แตกต่างจากกรรมวิธีอื่น ๆ อีกด้วย ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Jiang *et al.* (1999b) ที่พบว่าในการรมกล้วยด้วย 1-MCP นั้นหากใช้ความเข้มข้นของ 1-MCP ที่สูงขึ้นจะใช้ระยะเวลาการรมที่น้อยกว่าความเข้มข้นที่ต่ำ

การทดลองที่ 2 ศึกษาผลของการใช้สาร 1-MCP ในการชะลอการสุกของผลมะม่วงพันธุ์มหาชนกที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 และ 13 องศาเซลเซียส

ผลมะม่วงพันธุ์มหาชนกที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (25 องศาเซลเซียส) มีการสูญเสียน้ำหนักสูงกว่าผลมะม่วงที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส คาดว่าเนื่องจากการเก็บรักษาที่ 13 องศาเซลเซียส อุณหภูมิต่ำกว่าที่ 25 องศาเซลเซียสมีผลในการชะลอการสูญเสียน้ำหนักของผลมะม่วง เพราะอุณหภูมิต่ำจะช่วยชะลอกิจกรรมต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในผลิตผลสดได้ (สายชล, 2528) สอดคล้องกับผลการทดลองในผลมะม่วงพันธุ์ Julie (Sankat *et al.*, 1993) และผลมะม่วงพันธุ์ Manila (Hidalgo *et al.*, 1996) การที่ผลมะม่วงสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิและอายุการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากอุณหภูมิสูงทำให้เกิดการเคลื่อนไหวของโมเลกุลของน้ำมากกว่าที่อุณหภูมิต่ำ ดังนั้นโอกาสที่น้ำจะหลุดออกจากสถานะของเหลวไปอยู่ในสถานะก๊าซจึงเกิดขึ้นได้มากกว่า ทำให้ผลมะม่วงที่ทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิสูงมีการสูญเสียน้ำหนักมากกว่าผลที่ทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ (จริงแท้, 2538; ดนัย, 2540) เช่นเดียวกับที่มีรายงานในผลมะม่วงพันธุ์ Irwin (Ueda *et al.*, 1999) พันธุ์ Haden, Kent และ Keitt (Vezquez–Salinas and Lakshminarayana, 1985) ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำแล้วนำออกมาวางไว้ให้สุกที่อุณหภูมิห้อง ผลมะม่วงจะสูญเสียน้ำหนักมากกว่าเก็บไว้ในสภาพอุณหภูมิต่ำ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ทั้งนี้เพราะการนำผลมะม่วงออกจากสภาพอุณหภูมิต่ำมาวางไว้ให้สุกในสภาพที่อุณหภูมิสูงขึ้นจะเร่งให้ผลผลิตมีอัตราการหายใจสูงและส่งผลให้การสลายสารอาหารที่สะสมอยู่เพื่อเป็นสับสเตรทของการหายใจรวดเร็วขึ้น จึงทำให้มีการสูญเสียน้ำหนักของผลเพิ่มมากขึ้น (จริงแท้, 2538)

การเปลี่ยนแปลงสีเปลือกของผลมะม่วงพันธุ์มหาชนกซึ่งดูจากการเปลี่ยนแปลงค่า a*, b* และ C* ที่เพิ่มสูงขึ้น และค่า h° ที่ลดลง พบว่า ผลที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องมีการเปลี่ยนแปลงสีเปลือกและสีเนื้อรวดเร็วกว่าผลที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส โดยผลที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องมีการเปลี่ยนแปลงสีเปลือกและสีเนื้อจากสีเขียวเป็นสีเหลืองเพิ่มมากขึ้นตามอายุการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้น ในขณะที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส มีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยตลอดอายุการเก็บรักษา สอดคล้องกับการทดลองของ Charles and Tung (1973) ที่พบว่า ผลกล้วยพันธุ์ Valery ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ มีการพัฒนาของสีเปลือกเป็นสีเหลืองได้น้อยกว่าผลที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิสูง ทั้งนี้เพราะอุณหภูมิจะมีผลทำให้คลอโรฟิลล์เกิดการสลายตัวอย่างรวดเร็ว นอกจากนี้ยังมีผลทำให้การสังเคราะห์แคโรทีนอยด์เพิ่มสูงขึ้น (Gross, 1987) โดยอุณหภูมิจะมีผลในการกระตุ้นแอคติวิตีของเอนไซม์ phosphatase ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่สำคัญในการสังเคราะห์แคโรทีนอยด์ให้มีแอคติวิตีสูงขึ้น ดังนั้นจึงมีการสังเคราะห์แคโรทีนอยด์เพิ่มขึ้น (Vazquez-Salinas and Lakshminarayana, 1985) ซึ่งมีรายงานว่า พบลักษณะเช่นนี้ในผลมะม่วงพันธุ์ Kensington (Chaplin *et al.*, 1991) พันธุ์ Manila (Hidalgo *et al.*, 1996) และพันธุ์ Julie (Sankat *et al.*, 1993) โดยพบว่า เมื่อเก็บรักษาในสภาพที่มีอุณหภูมิต่ำเป็นระยะเวลานาน เมื่อผลสุกจะมีการพัฒนาของสีเปลือกเป็นสีเหลืองได้น้อย ทั้งนี้อาจเป็นเพราะไม่สามารถสังเคราะห์แคโรทีนอยด์ได้ (Chaplin *et al.*, 1991) หรืออาจเนื่องมาจากในช่วงที่ผลเกิดกระบวนการสุกมีอัตราการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ลดลงและมีการชะลอการสังเคราะห์รงควัตถุแคโรทีนอยด์ (Hidalgo *et al.*, 1996) การเปลี่ยนสีเหล่านี้ส่วนใหญ่เกิดขึ้นทันทีหลังจากเกิด climacteric peak ของการหายใจในระหว่างการสุกของผลไม้และติดตามด้วยการเปลี่ยนแปลงเกี่ยวกับเนื้อเยื่อของผลไม้ การเกิดสีเหลืองเป็นปรากฏการณ์ธรรมดาในผักที่เก็บรักษาไว้ เช่น ถั่ว คะน้า กะหล่ำดาว และบร็อคโคลี่ เป็นต้น การคงสภาพของสีเขียวและอัตราการเกิดสีเหลืองมีความสัมพันธ์กันอย่างใกล้ชิดเกี่ยวกับปัจจัยหลายอย่าง เช่น อุณหภูมิ ระยะเวลาของการเก็บรักษา และส่วนประกอบของบรรยากาศในห้องเก็บรักษา (สายชล, 2528) ในการทดลองพบว่า ผลมะม่วงที่ผ่านการรมด้วย 1-MCP ที่ความเข้มข้น 1,000 ppb นาน 12 ชั่วโมง ร่วมกับการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส มีการเปลี่ยนแปลงสีช้ากว่าผลมะม่วงที่ไม่ผ่านการรมด้วย 1-MCP แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Fan and Mattheis (2000b) ที่พบว่าการรมบร็อคโคลี่ (*Brassica oleracea* L. var. *italica* Plen) พันธุ์ Windsor ด้วย 1-MCP ที่ความเข้มข้น 1,000 ppb เป็นเวลา 12 ชั่วโมง แล้วนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส พบว่า จะยับยั้งการเกิดสีเหลืองได้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ผลมะม่วงที่เก็บรักษาเป็นเวลา 4 วัน ที่อุณหภูมิห้องมีค่าความแน่นเนื้อลดลงอย่างรวดเร็วกว่าผลที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส ที่ค่าความแน่นเนื้อเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของจำนงค์และคณะ (2547) ที่พบว่า ผลมะม่วงที่เก็บรักษาเป็นเวลา 7 วัน ที่อุณหภูมิห้องมีค่าความแน่นเนื้อลดลงอย่างรวดเร็วกว่าผลที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 และ 10 องศาเซลเซียส ที่ค่าความแน่นเนื้อเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย แต่ผลมะม่วงที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 21-28 วัน พบว่าความแน่นเนื้อมีค่าลดลงอย่างรวดเร็ว ในขณะผลที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส มีการเปลี่ยนแปลงความแน่นเนื้อเพียงเล็กน้อยตลอดอายุการเก็บรักษา และสอดคล้องกับการทดลองของ Chaplin *et al.* (1991) ที่พบว่าผลมะม่วงพันธุ์ Kensington ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน ผลจะเกิดการสุกและทำให้ความแน่นเนื้อของผลลดลง และผลที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส ผลมะม่วงเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 21 วันเริ่มมีความแน่นเนื้อลดลง ในขณะที่ผลที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 1, 5 และ 10 องศาเซลเซียส มีค่าความแน่นเนื้อเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย การเปลี่ยนแปลงของผนังเซลล์เป็นสาเหตุสำคัญ ทำให้เกิดการอ่อนตัวของผักและผลไม้ ผนังเซลล์ของพืชประกอบด้วยส่วนที่สำคัญ 3 ส่วน คือ ส่วนที่ทำหน้าที่เชื่อมผนังเซลล์ด้านนอกให้ติดกัน (intercellular cement) ผนังเซลล์ชั้นที่หนึ่ง (primary cell wall) และผนังเซลล์ชั้นที่สอง (secondary cell wall) ส่วนที่เชื่อมให้ผนังเซลล์ติดกันมีลักษณะเป็นวุ้น (jelly) และถูกสร้างขึ้นขณะที่มีการแบ่งตัวของเซลล์ ทั้งส่วนที่เชื่อมผนังเซลล์ติดกันและผนังเซลล์ชั้นที่หนึ่งประกอบด้วย pectin ที่มีสาร rhamnogalacturonan ซึ่งเป็นโพลีเมอร์ที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูง pectin ที่พบจะอยู่ในรูปที่ไม่ละลายน้ำ (protopectin) และในรูปของสารที่ละลายน้ำคือ pectinic acid และ pectic acid กลุ่มของ –COOH ใน rhamnogalacturonan จะทำปฏิกิริยากับแคลเซียม (Ca) เกิด Ca-pectate ซึ่งไม่ละลายน้ำและอยู่ในชั้นที่เชื่อมผนังเซลล์ให้ติดกันและยังมีอยู่ในรอบนอกของผนังเซลล์ด้วย

pectin ที่ไม่ละลายน้ำมีอยู่ในผลไม้ที่ยังไม่สุก เมื่อผลไม้เริ่มสุก pectin ที่ไม่ละลายน้ำจะลดลง และ pectin ที่ละลายน้ำจะเพิ่มขึ้น การเปลี่ยนแปลงนี้เกิดขึ้นโดยกระบวนการเอนไซม์ 2 ชนิดคือ pcetin methylesterase (pectinesterase) และ polygalacturonase การเพิ่มกิจกรรมของเอนไซม์เหล่านี้เกิดขึ้นระหว่างที่เริ่มกระบวนการสุก ขั้นตอนของปฏิกิริยาทั้งหมดของเอนไซม์ทั้ง 2 ชนิดนี้ที่ทำให้ผักและผลไม้อ่อนตัวประกอบด้วย (Chaplin *et al.*, 1991)

1. deesterification เป็นกระบวนการแยกตัวของกลุ่ม $-CH_3$ ออกจากโพลีเมอร์
2. depolymerization เป็นกระบวนการที่ทำให้ความยาวของโพลีเมอร์สั้นลง

การเปลี่ยนแปลงโมเลกุลของ pectin ที่ไม่ละลายน้ำให้เป็น galacturonic acid ซึ่งละลายน้ำ ทำให้เซลล์ซึ่งเคยยึดเกาะกันแน่นในผลไม้ดิบกลับมาอยู่ในสภาพที่เกาะกันหลวม ๆ ในผลไม้สุก ดังนั้นผลไม้สุกจึงอ่อนตัว (สายชล, 2528) การรมแอปริคอท โดยใช้ 1-MCP ที่ความเข้มข้น 1000 ppb

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เป็นเวลา 4 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส แล้วนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 0, 10 และ 20 องศาเซลเซียส สามารถลดการสูญเสียความแน่นเนื้อได้ (Fan *et al.*, 2000) จากการทดลองพบว่าผลมะม่วงที่ไม่ผ่านการรมด้วย 1-MCP มีความแน่นเนื้อลดลงมากกว่าผลมะม่วงที่ผ่านการรมด้วย 1-MCP ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Watskin *et al.* (1999) พบว่า 1-MCP สามารถช่วยชะลอการอ่อนตัวของผลแอปเปิลได้ เนื่องจากเอทธิลีนไม่สามารถไปกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการสุกได้

จำนวนวันที่ใช้ในการสุกของผลมะม่วงที่ผ่านการรมด้วย 1-MCP จะใช้เวลาในการสุกนานกว่าผลที่ไม่ผ่านการรมด้วย 1-MCP ทั้งที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 และ 13 องศาเซลเซียส ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของอังคณา (2545) ที่พบว่าการใช้ 1-MCP กับผลกล้วยหอมทอง โดยเก็บรักษาผลกล้วยหอมทองที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส จะมีการเปลี่ยนแปลงคุณภาพภายหลังการเก็บรักษาช้ากว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส ทั้งนี้เนื่องจากอุณหภูมิต่ำที่เหมาะสม สามารถชะลอปฏิกิริยาเคมีต่าง ๆ หรือเมตาบอลิซึมภายในเซลล์พืชทำให้เกิดขึ้นช้าลง โดยที่สามารถลดอัตราการหายใจและการผลิตเอทธิลีน ส่งผลให้สามารถชะลอเมตาบอลิซึมต่าง ๆ ได้ ตลอดจนสามารถชะลอการสุกของผลกล้วยหอมทองได้

ผลมะม่วงที่ไม่ผ่านการรมด้วย 1-MCP แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง ในวันที่ 4 ของการเก็บรักษา จะเริ่มมีคะแนนการสุกมากกว่าผลที่ผ่านการรมด้วย 1-MCP เนื่องจาก 1-MCP ยับยั้งการทำงานของเอทธิลีน โดยเข้าจับกับ receptor ของเอทธิลีน ซึ่งเป็นไปในลักษณะที่ไม่อาจผันกลับได้ (irreversible) (Blankenship and Dole, 2003) จึงทำให้มีการเปลี่ยนแปลงของกระบวนการสุกช้าลง

ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ (TSS) ของผลที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องมีค่าเพิ่มสูงขึ้นระหว่างการเก็บรักษาน้ำตาลสามารถถูกนำไปใช้เพื่อเป็นสารตั้งต้นในกระบวนการหายใจได้ (สายชล, 2528; อรรณพ, 2532) ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของอังคณา (2545) ที่พบว่า การรม 1-MCP และเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศปกติ ปริมาณน้ำตาลซูโครส ปริมาณน้ำตาลกลูโคส และน้ำตาลฟรุกโตสมีค่าเพิ่มขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากกล้วยในระยะสุก (mature) มีอัตราการหายใจสูง จึงเกิดการเปลี่ยนแปลงน้ำตาล เนื่องจากซูโครสเป็น substrate ที่สำคัญของกระบวนการหายใจ เพื่อเปลี่ยนเป็นน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว คือกลูโคสและฟรุกโตส เข้าสู่กระบวนการหายใจ การที่น้ำตาลซูโครสเกิดขึ้นมาก ขณะที่กลูโคสและฟรุกโตสมีปริมาณเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยเพราะถูกใช้ไปในกระบวนการหายใจของกล้วย

ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ของผลที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องลดลงอย่างรวดเร็วและผลที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส มีค่าลดลงเมื่ออายุการเก็บรักษาเพิ่มมากขึ้น สอดคล้องกับการทดลองของ Vazquez–Salinas and Lakshminarayana (1985) ที่พบว่าผลมะม่วงพันธุ์ Haden, Irwin, Kent, Keitt and Julie (Sankat *et al.*, 1993) เมื่อทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำผลมะม่วงแต่ละพันธุ์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

มีปริมาณกรดที่ลดลงเพียงเล็กน้อย เมื่อเทียบกับผลที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิสูง โดยการลดลงของปริมาณกรดนั้นจะแตกต่างกันขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและระยะเวลาในการเก็บรักษา เนื่องจากอุณหภูมิต่ำชะลอการหายใจของพืช (จริงแท้, 2538) ดังนั้นการสลายของกรดซึ่งเป็นสับสเตรทของการหายใจในสภาพอุณหภูมิต่ำจึงลดลงด้วย (Tucker, 1993) ในการใช้ 1-MCP ที่ระดับความเข้มข้น 0, 100, 500 และ 1,000 ppb ต่อการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาของผลเงาะพันธุ์โรงเรียน โดยการนำผลเงาะพันธุ์โรงเรียนมารมด้วย 1-MCP ตามความเข้มข้นที่กำหนด เป็นเวลา 12 ชั่วโมง แล้วนำเงาะไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส จากการทดลองพบว่า การรมด้วย 1-MCP สามารถลดการเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ (TA) (สมภพและคณะ, 2545)

การเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนของ TSS: TA ของผลที่ไม่ผ่านและผ่านการรมด้วย 1-MCP ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องพบว่า มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 8 วัน ซึ่งมีค่าเพิ่มขึ้นสูงกว่าผลที่ไม่ผ่านและผ่านการรมด้วย 1-MCP ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส มีค่าอัตราส่วนของ TSS: TA ทั้งนี้เพราะอุณหภูมิต่ำทำให้การสลายตัวของกรดและน้ำตาลเกิดช้ากว่าในสภาพอุณหภูมิสูง (Tucker, 1993; Wills *et al*., 1981) มีผลทำให้ผลที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำมีอัตราส่วนของ TSS: TA ต่ำกว่าผลที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิสูง เมื่อพิจารณาผลมะม่วงที่ไม่ผ่านและผ่านการรม พบว่า จะมีค่าอัตราส่วนของ TSS: TA เพิ่มขึ้นใกล้เคียงกัน เมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษานานขึ้น ทั้งนี้เป็นเพราะเมื่ออายุการเก็บรักษานานขึ้น TSS จะเพิ่มขึ้น ส่วนปริมาณ TA จะลดลงจึงทำให้อัตราส่วนระหว่าง TSS: TA เพิ่มขึ้น (สายชล และคณะ, 2534)

ผลที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องมีอัตราการหายใจสูงสุด รองลงมาคือผลที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส ทั้งนี้อาจเพราะอุณหภูมิต่ำที่ใช้ในการเก็บรักษาจะชะลอแอคติวิตีของเอนไซม์ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการหายใจจึงทำให้อัตราการหายใจของผลิตผลต่ำลง (จริงแท้, 2538) อัตราการหายใจของสิ่งมีชีวิตทุกชนิดจะเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น และจะเพิ่มขึ้นจนถึงจุดสูงสุด เรียกว่า optimum temperature หลังจากจุดนี้ถ้าเพิ่มอุณหภูมิให้สูงขึ้นอีก อัตราการหายใจจะลดลงอย่างรวดเร็วจนถึงจุดที่การหายใจหยุด เรียกอุณหภูมิที่ทำให้ผักและผลไม้หยุดการหายใจว่า thermal death point การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิมีผลต่ออัตราการหายใจของผักและผลไม้หลังการเก็บเกี่ยว (ดนัย, 2540) ผลมะม่วงมีอัตราการหายใจเพิ่มสูงขึ้นเมื่ออายุการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น เพราะผลมะม่วงเป็นผลไม้ประเภท climacteric fruit ที่มีอัตราการหายใจสูงขึ้นเมื่อผลสุก (Akamine and Goo, 1973) การหายใจของผลไม้เป็นกระบวนการที่ควบคุมโดยเอนไซม์หลายชนิด และอุณหภูมิก็มีส่วนในการควบคุมการทำงานของเอนไซม์ด้วย การเก็บรักษาผลไม้ประเภท climacteric fruit ไว้ที่อุณหภูมิต่ำจะชะลอการสุกได้ อุณหภูมิต่ำไม่เพียงแต่จะลดการสร้างเอทธิลีนของผลไม้เท่านั้น แต่ยังลดการตอบสนองต่อเอทธิลีนอีกด้วย ยิ่งอุณหภูมิยิ่งต่ำมากการตอบสนองต่อเอทธิลีน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เพื่อกระตุ้นให้เกิดการสุกจะต้องใช้เวลานานขึ้น การเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำเป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพวิธีหนึ่งในการทำให้กระบวนการต่าง ๆ ทางชีวเคมีให้เกิดช้าลงและยืดอายุการเก็บรักษาของผลไม้ (สายชล, 2528) จากผลการทดลองพบว่าอัตราการหายใจของผลมะม่วงที่ไม่ได้รมสาร 1-MCP มากกว่าผลที่รมสาร 1-MCP อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งนี้เป็นเพราะเอทธิลีนสามารถกระตุ้นเนื้อเยื่อทุกชนิดให้มีอัตราการหายใจสูงขึ้นได้ (จริงแท้, 2542) เมื่อ 1-MCP สามารถเข้าทำการจับกับตัวรับของเอทธิลีน ซึ่งมีผลในการจำกัดหรือขัดขวางการทำงานของเอทธิลีนได้ทั้งจากแหล่งภายในและภายนอก จึงทำให้เอทธิลีนไม่สามารถทำงานได้ (Rohm and Haas Co.Ltd, 1999) ในการใช้ 1-MCP ที่ระดับความเข้มข้น 0, 100, 500 และ 1000 ppb ต่อการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาของผลเงาะพันธุ์โรงเรียน โดยการนำผลเงาะพันธุ์โรงเรียนมารมด้วย 1-MCP ตามความเข้มข้นที่กำหนด เป็นเวลา 12 ชั่วโมง แล้วนำเงาะไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส จากการทดลองพบว่า การรมด้วย 1-MCP สามารถลดอัตราการหายใจได้ (สมภพและคณะ, 2545)

สำหรับการประเมินคุณภาพการบริโภคทางด้านเนื้อสัมผัสพบว่า เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น เนื้อของผลมะม่วงพันธุ์มหาชนก เริ่มเปลี่ยนสภาพจากเนื้อแน่นกรอบไปเป็นเนื้อนิ่มซึ่งสัมพันธ์กับค่าความแน่นเนื้อที่วัดได้เช่นกัน โดยคะแนนความชอบยังคงอยู่ในระดับที่ยอมรับได้อยู่ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา แม้มีคะแนนการลดลงเล็กน้อยก็ตาม โดยที่ 1-MCP ไม่มีผลกระทบต่อคุณภาพของผลเมื่อสุก เช่นเดียวกับการรายงานของ Thomas and Oke (1983) ที่พบว่า ผลมะม่วงพันธุ์ Alphonso ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลามากกว่า 21 วัน เมื่อผลสุกจะมีรสชาติและกลิ่นที่ด้อยลง โดยผลมะม่วงที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำเป็นเวลานานจะมีการพัฒนาของกลิ่น รสชาติและคุณภาพด้านต่าง ๆ ลดลง (Medlicott *et al*., 1990; Thomas, 1975; Sankat *et al*., 1993) การประเมินคุณภาพการบริโภคด้านรสชาติพบว่าในช่วงต้นของการเก็บรักษาผลมะม่วงพันธุ์มหาชนกมีคะแนนด้านรสตั้งแต่เปรี้ยวไปจนถึงหวานขึ้นอยู่กับสัดส่วนของปริมาณกรดและน้ำตาลในแต่ละผล เมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษานานขึ้นจะพบว่าเกิดรสชาติที่ดีสำหรับผลไม้บางชนิดเป็นผลเนื่องมาจากการลดความเป็นกรดพร้อมกับเพิ่มปริมาณของน้ำตาล (สายชล, 2528)

ในส่วนของปริมาณคลอโรฟิลล์ที่พบว่า มีปริมาณลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษานั้น สายชล (2528) กล่าวว่า การสลายตัวของคลอโรฟิลล์เกิดขึ้นระหว่างเกิดการชราภาพหรือการเก็บรักษาผักและผลไม้ ทำให้สีเหลือง (caroteniods) ปรากฏให้เห็น ในการสลายตัวของคลอโรฟิลล์นั้นมีเอนไซม์ chlorophyllase ทำหน้าที่เป็น catalyst ของปฏิกิริยาการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ดังสมการ

$$\text{Chlorophyll} + H_2O \xrightarrow{\text{chlorophyllase}} \text{Phytol} + \text{Chorophyllide}$$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การสลายตัวของคลอโรฟิลล์สามารถเร่งให้เกิดเร็วขึ้นได้โดยเอทธิลีน จากการทดลองของ Ku and Wills (1999) พบว่า บร็อคโคลี่ที่รมด้วย 1-MCP 1 10 และ 50 $\mu l.l^{-1}$ สามารถชะลอการสูญเสียสีเขียว และการเกิดสีเหลืองบนช่อดอกบร็อคโคลี่ได้ เนื่องจาก 1-MCP ไปจับกับตัวรับเอทธิลีนไม่ให้ไปกระตุ้นการสลายตัวของคลอโรฟีลล์

คลอโรฟีลล์มีหลายชนิดเช่น chlorophyll a, b, c และ d เป็นต้น แต่ที่สำคัญคือ chlorophyll a และ b ซึ่งจะปรากฏในผักและผลไม้ในอัตราส่วน 3: 1 โครงสร้างของคลอโรฟีลล์ประกอบด้วย Porphyrin ซึ่งประกอบด้วย pyrrole ring 4 วง เรียงตัวกันเป็นวง และ phytol ซึ่งประกอบด้วยคาร์บอน 20 อะตอม มีลักษณะโครงสร้างแบบ isoprenoid ส่วนตรงกลางของโมเลกุลของคลอโรฟีลล์มีธาตุแมกนีเซียมอยู่ ส่วนของคลอโรฟีลล์ซึ่งไม่มี phytol เรียกว่า chlorophyllide ซึ่งเป็นสารที่มีสีเขียวเหมือนคลอโรฟีลล์ แต่ถ้าหากว่าคลอโรฟีลล์สูญเสียแมกนีเซียมออกไปจะเกิดเป็นสาร pheophytin ซึ่งมีสีเขียวคล้ำ (ดนัย, 2540) การสลายตัวของคลอโรฟีลล์สามารถเร่งให้เกิดขึ้นเร็วได้โดยเอทธิลีน lipo-protein ที่คลอโรฟีลล์เกาะติดอยู่นี้จะทำหน้าที่ป้องกันคลอโรฟีลล์จากกรดซึ่งมีอยู่โดยธรรมชาติในเนื้อเยื่อของพืช อย่างไรก็ตามกลไกสำคัญในการทำลายคลอโรฟีลล์ คือ photochemical oxidation ซึ่งควบคุมโดย pH และอุณหภูมิ (สายชล, 2528) ซึ่งจากการทดลองพบว่าผลมะม่วงที่ไม่ผ่านการรมด้วย 1-MCP แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง จะมีการเปลี่ยนแปลงเป็นสีเหลืองอย่างรวดเร็ว เนื่องจากการลดลงของปริมาณคลอโรฟีลล์เป็นผลเนื่องจากเข้าสู่ระยะการสุกโดยการทำงานของเอทธิลีนไปกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ chlorophyllase ซึ่งสามารถแยกส่วนหัวและหางของโมเลกุลของคลอโรฟีลล์ ทำให้เกิดอนุพันธ์อิสระของ chlorophyllide และ phytol ส่งผลทำให้เกิดการสูญเสียแมกนีเซียมจากโครงสร้างของวงแหวน การสลายตัวของคลอโรฟีลล์โดยเอนไซม์ chlorophyllase เป็นปฏิกิริยาขั้นตอนแรกที่คลอโรฟีลล์สลายตัวระหว่างการสุกและการเสื่อมสภาพ ส่วนผลมะม่วงที่ผ่านการรมด้วย 1-MCP ความเข้มข้น 1,000 ppb นาน 12 ชั่วโมง จะมีการเสื่อมสภาพของคลอโรฟีลล์ช้ากว่าผลที่ไม่ผ่านการรม เนื่องจาก 1-MCP สามารถจับกับตัวรับเอทธิลีน โดยมีผลในการขัดขวางการทำงานของเอทธิลีน ทำให้เอทธิลีนไม่สามารถทำงานได้ (Blankenship and Dole, 2003)

ผลที่เก็บรักษาที่ไม่ผ่านและผ่านการรมด้วย 1-MCP ที่อุณหภูมิห้อง (25 องศาเซลเซียส) สามารถเก็บรักษาได้เพียง 12 และ 16 วัน ตามลำดับ ส่วนผลที่ไม่ผ่านและผ่านการรมด้วย 1-MCP แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส สามารถเก็บรักษาได้นาน 30 และ 32 วัน ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นได้ว่าผลมะม่วงที่ผ่านการรมด้วย 1-MCP มีอายุการเก็บรักษานานกว่าผลที่ไม่ผ่านการรมด้วย 1-MCP ทั้งนี้เพราะผลที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 12 วัน ผลเริ่มเกิดการสุกในระหว่างการเก็บรักษาและเริ่มมีการเข้าทำลายของโรค สอดคล้องกับการทดลองของ Medlicott *et al.*, (1990)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ที่รายงานผลมะม่วงพันธุ์ Amelie, Tommy Atkins และ Keitt ที่ทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส เป็นเวลามากกว่า 21 วัน ผลเริ่มเกิดการสุกและมีการเปลี่ยนแปลงคุณภาพในด้านต่าง ๆ เช่น สีเปลือก และสีเนื้อ ปริมาณ TSS ค่า pH และความแน่นเนื้อ ส่วนผลที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 28 วัน เมื่อวางไว้ให้สุกที่อุณหภูมิห้องพบว่า เมื่อผลสุกจะมี คุณภาพในด้านต่าง ๆ ลดลง เช่น ผลมีการพัฒนาสีเปลือกและสีเนื้อเป็นสีเหลืองได้น้อย มีคุณภาพในด้านรสชาติลดลงและมีเปอร์เซ็นต์การเข้าทำลายของโรคเพิ่มมากขึ้น เป็นต้น ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากผลเกิดการสะท้านหนาว (สายชล, 2528) เช่นเดียวกับในผลมะม่วงพันธุ์ Alphonso (Thomas and Oke, 1983) และพันธุ์ Julie (Sankat *et al.*, 1993) ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วันเมื่อนำมาปล่อยให้ผลสุกที่อุณหภูมิห้องพบว่า ผลมีคุณภาพในด้านต่าง ๆ ลดลงเพราะผลเกิดอาการสะท้านหนาว และนอกจากนี้ยังมีเปอร์เซ็นต์การเข้าทำลายของโรคสูง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved