บทที่ 2

ตรวจเอกสาร

มะม่วง (mango) จัดเป็นพืชอยู่ในชั้น (class) Dicotyledonae ชั้นย่อย (subclass) Archichlamydeae อันดับ (order) Sapindales และวงศ์ (family) Anacardiaceae มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Mangifera indica* L. (วิจิตร, 2529) เป็นผลไม้เขตร้อนชนิดหนึ่ง มีถิ่นกำเนิดอยู่ในแถบอินเดียถึงพม่า โดยมีศูนย์กระจายพันธุ์อยู่ในอินโดจีน มาเลเซีย และอินโดนีเซีย และมีการกระจายพันธุ์อย่างช้าๆ ไปยังส่วนต่างๆ ของโลก (เฉลิมชัย, 2539) สำหรับประเทศไทยนั้นมะม่วงเป็นผลไม้ชนิดหนึ่งที่ได้รับการส่งเสริมให้มีการผลิตเพื่อการส่งออก ซึ่งสามารถปลูกได้ทุกภาคของประเทศไทย โดยฤดูกาลเก็บเกี่ยวอาจจะแตกต่างกันไปตามแหล่งปลูกต่างๆ มะม่วงที่ปลูกในภาคกลาง ของประเทศไทยจะมีการเก็บเกี่ยวผลผลิตในช่วงเดือนมีนาคมถึงเมษายน ส่วนมะม่วงที่ปลูกในภาคเหนือ และตะวันออกเฉียงเหนือจะเก็บเกี่ยวในช่วงเดือนพฤษภาคมถึงมิถุนายน (รวยริน, 2547) ประเทศที่นำเข้ามะม่วงจากไทยแบ่งเป็นกลุ่มๆ ดังนี้คือ กลุ่มประชาคมยุโรป ได้แก่ เนเธอร์แลนด์ ฝรั่งเศส สวีเดน อิตาลี เยอรมัน อังกฤษ และสวิสเซอร์แลนด์ กลุ่มประเทศเอเชีย ได้แก่ ฮ่องกง จีน สิงคโปร์ ไต้หวัน มาเลเซีย และประเทศอื่นๆ เช่น ญี่ปุ่นและสหรัฐอเมริกาเป็นต้น จะเห็นได้ว่ามะม่วงเป็นหนึ่งในผลไม้ที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ มีพื้นที่เพาะปลูกทั่วประเทศ ในปี พ.ศ. 2549 จำนวน 1.9 ล้านไร่ สามารถให้ผลิตผลรวม 1-1.9 ล้านตันต่อปี (กรมวิชาการเกษตร, 2550) ด้านการส่งออกประเทศไทยส่งออกมะม่วงในรูปต่างๆ ได้แก่ มะม่วงบรรจุภาชนะอัดลม มะม่วงสดหรือแห้ง และมะม่วงแช่แข็ง รวมทั้งหมดเป็นปริมาณ 24,513,440 กิโลกรัม คิดเป็นมูลค่า 815,552,159 บาท (สถาบันอาหาร, 2549)

ในประเทศไทยมีพันธุ์มะม่วงอยู่เป็นจำนวนมาก ซึ่งแต่ละพันธุ์มีลักษณะของต้น ทรงพุ่ม ใบ ผล และรสชาติแตกต่างกันออกไป มะม่วงที่นิยมบริโภคกันในปัจจุบันนี้สามารถจำแนกออกเป็น 4 ประเภทใหญ่ๆ ตามลักษณะการใช้ประโยชน์ ดังนี้

1. มะม่วงบริโภคผลดิบ มะม่วงประเภทนี้จะมีรสหวานเมื่อผลแก่ (mature) แม้ยังไม่สุก เช่น มะม่วงพันธุ์เขียวเสวย แรด และพิมเสนมัน เป็นต้น อีกพวกหนึ่งมีรสมัน ไม่เปรี้ยวแม้ผลยังไม่แก่ (immature) เช่น มะม่วงพันธุ์สายฝน ฟ้าลั่น และหนองแซง เป็นต้น

2. มะม่วงบริโภคผลสุก มะม่วงประเภทนี้เมื่อผลยังดิบอยู่จะมีรสเปรี้ยว ดังนั้นจึงนิยมเก็บเกี่ยว เมื่อผลแก่เต็มที่แล้วนำไปบ่มให้สุกก่อนจึงบริโภค ซึ่งเมื่อผลสุกแล้วจะมีรสหวานและหอม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เช่น มะม่วงพันธุ์อกร่องทอง อกร่องเขียว น้ำดอกไม้ หนังกลางวัน และลิ้นงูเห่า เป็นต้น

3. มะม่วงที่ใช้แปรรูป เป็นมะม่วงที่มีผลดก ขนาดเล็กถึงปานกลาง เมื่อแก่จัดจะมีรสมันอมเปรี้ยว เมื่อสุกจะมีรสหวานอมเปรี้ยวหรือรสหวานชืด ผลดิบนิยมแปรรูปเป็นมะม่วงตากแห้งหรือมะม่วงดอง ผลสุกใช้ทำมะม่วงกวนหรือมะม่วงแผ่น พันธุ์มะม่วงที่ใช้แปรรูปอย่างแพร่หลายในปัจจุบันนี้ได้แก่ มะม่วงพันธุ์แก้ว พิมเสนเปรี้ยว และพันธุ์อื่นๆ ที่ไม่นิยมรับประทานสุกกัน (เกศิณี, 2530; ภูวนาท, 2543)

4. มะม่วงที่ใช้ประโยชน์เฉพาะด้าน เช่นใช้ประกอบอาหารโดยใช้ช่วยเพิ่มรสเปรี้ยวในอาหารต่างๆให้กลมกล่อมขึ้น ได้แก่ มะม่วงพันธุ์เบาปักษ์ใต้และแก้ว (พานิชย์, 2544; อุไร, 2547)

สำหรับมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เป็นมะม่วงประเภทรับประทานสุกที่มีผู้นิยมปลูกกันมาก ต้นมะม่วงมีการเจริญเติบโตรวดเร็ว ใบใหญ่เป็นคลื่น ทรงพุ่มโปร่ง ส่วนมากมีนิสัยในการออกดอกทะวาย ออกดอกดก ติดผลปานกลาง ให้ผลทุกปี ผลมีขนาดใหญ่ และหนักประมาณ 400 กรัม ผลอ้วนเกือบกลม หัวใหญ่ ปลายแหลม ผลค่อนข้างยาว เนื้อมาก เมล็ดเล็ก มีผิวบาง เมื่อดิบมีรสเปรี้ยว ผิวสีเขียวนวล เนื้อแน่น เมื่อผลสุกผิวสีเหลือง กลิ่นหอม เนื้อละเอียดมีเสี้ยนน้อย รสหวานไม่จัด ซึ่งความหวานประมาณ 19 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งอรรณพและคณะ (2532) พบว่า มะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้อายุ 13-16 สัปดาห์หลังดอกบาน เมื่อบ่มให้ผลสุกจะเป็นที่ยอมรับจากผู้ประเมินสูงสุด และใช้เวลาในการสุก 9 วัน มะม่วงน้ำดอกไม้มีเปลือกบางจึงช้ำได้ง่าย และไม่ค่อยต้านทานต่อโรคแอนแทรคโนส อายุตั้งแต่ออกดอกจนถึงผลแก่ประมาณ 115 วัน มะม่วงน้ำดอกไม้เป็นมะม่วงที่ได้รับความนิยมมาก เนื่องจากเป็นพันธุ์ที่ออกดอกง่าย สามารถตอบสนองต่อการบังคับให้ออกก่อนฤดูได้เป็นอย่างดี และเป็นพันธุ์ที่มีลักษณะตรงกับความต้องการของตลาดต่างประเทศ (วิจิตร, 2529; ภูวนาท, 2543)

มะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทอง ผลดิบจะมีสีผิวเป็นสีเหลืองอ่อนคล้ายมะม่วงสุกทั้งที่ผลยังอ่อนอยู่ (2-3 เดือนหลังดอกบาน) ซึ่งผลมะม่วงทั่วไปจะมีผิวสีเขียว ผลมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองมีผิวที่หนากว่าผิวผลมะม่วงน้ำดอกไม้ ส่งผลให้ป้องกันการช้ำและต้านทานโรคแอนแทรคโนสได้ดีกว่าผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4 ผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองเมื่อผลอ่อนมีรสเปรี้ยว ผลแก่มีรสมัน เนื้อกรอบ มีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ (total soluble solids; TSS) 17-18 เปอร์เซ็นต์ เนื้อไม่มีเสี้ยน เนื้อมีสีเหลือง เมล็ดบาง น้ำหนักต่อผลประมาณ 300-400 กรัม ซึ่งเป็นที่ต้องการของตลาดโดยเฉพาะประเทศญี่ปุ่น (นิทยา, 2548) แต่ข้อด้อยของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองคือจะมีรสชาติที่เข้มข้นน้อยกว่ามะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ทั่วไป (พานิชย์, 2544)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและชีวเคมีหลังการเก็บเกี่ยว

มะม่วงจัดเป็นผลไม้ประเภท climacteric fruit ซึ่งสามารถสุกได้เอง (Lizada, 1991) กระบวนการสุกของผลไม้เป็นกระบวนการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยา กายภาพ และชีวเคมีซึ่งมีปฏิกิริยาต่างๆ ทั้งที่เป็นการสังเคราะห์และการสลายเกิดขึ้นมากภายในเซลล์และเนื้อเยื่อของผลไม้ ซึ่งการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นระหว่างการสุกของผลไม้ประเภทนี้ พอสรุปได้ดังนี้

1. การเปลี่ยนแปลงส่วนประกอบของผนังเซลล์

การเปลี่ยนแปลงของลักษณะเนื้อ เมื่อผลไม้ดิบเนื้อผลจะแข็ง เมื่อผลไม้สุกเนื้อผลจะอ่อนนิ่มลง เนื่องจากมีการเปลี่ยนแปลงของสารประกอบเพคติน (pectin) โดยสารประกอบเพคตินเป็นส่วนประกอบที่สำคัญของผนังเซลล์โดยอยู่ในส่วนที่เรียกว่า มิลเดิลลาเมลลา (middle lamella) ทำหน้าที่เชื่อมเซลล์หนึ่งกับอีกเซลล์หนึ่งให้ติดกัน สารเพคตินที่อยู่ในผนังเซลล์ของผลไม้ดิบจะอยู่ในรูปของโปรโตเพคติน (protopectin) ซึ่งละลายน้ำไม่ได้ เมื่อผลไม้สุกโปรโตเพคตินจะสลายตัวจนกระทั่งไปอยู่ในรูปที่สามารถละลายน้ำได้ โดยกระบวนการสลายสารประกอบเพคตินจะอาศัยกระบวนการ depolymerization และ de-esterification ซึ่งมีเอนไซม์พอลิกาแลกโตโรเนส (polygalacturonase; PG) และ เพคติน เอสเทอเรส (pectin esterase; PE) ช่วยในการเร่งปฏิกิริยาการสลายพอลิเมอร์ของโปรโตเพคตินและไฮโดรไลซ์เอาหมู่เมทิลิกจากโมเลกุลของเพคตินได้เป็นกรดเพคติก (ดนัย, 2540) และมีการเปลี่ยนแปลงของสารเซลลูโลสอันเนื่องมาจากการทำงานของเอนไซม์เซลลูเลส (cellulase) ซึ่งสามารถย่อยเซลลูโลสได้ ในขณะที่ผลไม้สุก (จริงแท้, 2542) บทบาทของเอนไซม์เหล่านี้จะแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับพันธุ์ เช่น ในผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ที่วางให้สุกที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 95 เปอร์เซ็นต์ พบว่า กิจกรรมของเอนไซม์ PG และ เบต้า- กาแลกโตสิเดส (β- galactosidase) เพิ่มสูงขึ้นในระหว่างการสุกของผล ในขณะที่เอนไซม์ PE มีกิจกรรมต่ำลง (Ketsa *et al*., 1999a) แต่ในผลมะม่วงพันธุ์ Alphonso, Banganapalli, Dashehari, Fazl, Langra, Savarnarekha และพันธุ์ Totapuri เมื่อปล่อยให้สุกที่อุณหภูมิ 25 ± 2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 70 ± 5 เปอร์เซ็นต์ พบว่ากิจกรรมของเอนไซม์ PG และ cellulase มีค่าเพิ่มสูงขึ้นในระหว่างการสุกของผล (Selvaraj and Kumar, 1989) ส่วนผลมะม่วงพันธุ์ Keitt ที่ปล่อยให้สุกที่อุณหภูมิ 21 องศาเซลเซียส พบว่ากิจกรรมของเอนไซม์ PG และ cellulase เพิ่มสูงพร้อมกับการลดลงของค่าความแน่นเนื้อ ทั้งนี้จะสัมพันธ์กับระยะของการสุกและการลดลงของค่าความแน่นเนื้อ แต่เอนไซม์ PE พบว่ามีกิจกรรมต่ำลง สำหรับผลที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิต่ำ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 2, 4 และ 6 สัปดาห์ แล้วปล่อยให้สุกที่อุณหภูมิห้องก็มีการเปลี่ยนแปลงกิจกรรมของเอนไซม์เป็นไปในทำนองเดียวกับผลปกติที่ไม่ได้เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ (Roe and Bruemmer,

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

1981) Ueda *et al.* (2001) พบว่าปริมาณเพคตินในผลขึ้นอยู่กับระยะความแก่และระยะการสุกของผล โดยผลมะม่วงพันธุ์ Chiin Hwang No.1 ที่มีอายุมากจะมีปริมาณเพคตินน้อยกว่าผลที่มีอายุน้อยกว่า

2. การเปลี่ยนแปลงรงควัตถุ

การเปลี่ยนแปลงรงควัตถุของผลมะม่วงที่เกิดขึ้นในระหว่างการสุก โดยการเปลี่ยนสีของเปลือกผลเริ่มจากการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ (chlorophyll) (ดนัย, 2540) โดยเยื่อหุ้มคลอโรพลาสต์ (chloroplast membrane) เริ่มเสื่อมเมื่อผลมีอายุมากขึ้นหรือคลอโรพลาสต์จะเปลี่ยนไปเป็นโครโมพลาสต์ (chromoplasts) ซึ่งการเปลี่ยนแปลงนี้จะเกิดในระดับโครงสร้างของเม็ดสีในเซลล์ การเปลี่ยนแปลงข้างต้นนี้เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงของเยื่อหุ้มไทลาคอยด์ (thylakoid membrane) มีผลทำให้คลอโรฟิลล์สลายตัว ในขณะเดียวกัน osmiophilic globules จะมีขนาดใหญ่และเพิ่มจำนวนมากขึ้น มีผลทำให้ระดับของคาโรทีนอยด์เพิ่มสูงขึ้น (Gross, 1989) ในส่วนของเนื้อผลเมื่อผลสุกปริมาณของคาโรทีนอยด์มีเพิ่มขึ้น ซึ่งอาจมีค่าแตกต่างกันขึ้นอยู่กับพันธุ์ Ketsa *et al.* (1999b) รายงานว่าในระหว่างการสุกของผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้กิจกรรมของเอนไซม์คลอโรฟิลล์เลส (chlorophyllase) เพิ่มสูงขึ้น มีผลทำให้คลอโรฟิลล์สลายตัวและมีการสังเคราะห์เบตา-แคโรทีนเพิ่มสูงขึ้น ทำให้เมื่อผลสุกเปลือกของผลจึงเปลี่ยนเป็นสีเหลืองเพิ่มขึ้น Kalra and Tandon (1983) พบว่า มะม่วงพันธุ์ Dashehari มีการสังเคราะห์เบตา-แคโรทีนเพิ่มสูงขึ้นในระหว่างการเจริญเติบโตของผล โดยผลที่มีอายุ 85, 90 และ 95 วันหลังการติดผล เมื่อนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง พบว่าผลมะม่วงทุกอายุมีปริมาณเบตา-แคโรทีนเพิ่มสูงขึ้นเมื่อเก็บรักษาไว้นานขึ้น

3. การเปลี่ยนแปลงปริมาณคาร์โบไฮเดรต

สารประกอบคาร์โบไฮเดรตเป็นสารประกอบที่สำคัญในผลไม้ โดยอยู่ในรูปของอาหารสะสม เช่น แป้ง และน้ำตาลชนิดต่างๆ (จริงแท้, 2542) ในผลมะม่วงดิบ (ไม่ระบุพันธุ์) จะมีคาร์โบไฮเดรตเป็นองค์ประกอบประมาณ 17.6 กรัมต่อเนื้อมะม่วง 100 กรัม และในผลมะม่วงสุก จะมีคาร์โบไฮเดรตเป็นองค์ประกอบประมาณ 21.7 กรัมต่อเนื้อมะม่วง 100 กรัม (พานิชย์, 2544)

แป้งสะสมอยู่ในผลิตผลภายในส่วนที่เรียกว่า อะไมโลพลาสต์ (amyloplast) เมื่อผลไม้สุก แป้งจะเปลี่ยนไปอยู่ในรูปของน้ำตาลต่างๆ เช่น ซูโครส กลูโคส และ ฟรักโทส เป็นต้น ทำให้ผลไม้มีรสชาติหวาน การเปลี่ยนแปลงนี้ขึ้นอยู่กับความแก่ของผลไม้ อุณหภูมิและระยะเวลาในการเก็บรักษา (จริงแท้, 2542) Eskin *et al.* (1971) อธิบายว่าในผลไม้แก่แป้งจะเปลี่ยนไปเป็นน้ำตาลซูโครสโดยเอนไซม์ฟอสฟอริเลส (phosphorylase) ไปเร่งปฏิกิริยาทำให้โมเลกุลของแป้งแยกตัวออกตรง α -1,4 glucosidic bonds หลังจากนั้นซูโครสจะถูกไฮโดรไลซ์ไปเป็นน้ำตาลกลูโคสและ ฟรักโทส โดยมีเอนไซม์อินเวอร์เทส (invertase) เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา นอกจากนี้ยังพบว่าแป้งบางส่วนอาจถูกเปลี่ยนไปอยู่ในรูปของน้ำตาลกลูโคสโดยเอนไซม์อะไมเลส (amylase) ได้น้ำตาลกลูโคสและ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ฟรักโทสเป็นน้ำตาลโมโนแซคคาไรด์ที่มีการสะสมไว้ในเซลล์ ซึ่งจะพบที่บริเวณแวคิโอล นอกจากนี้ในผลไม้ยังมีน้ำตาลชนิดอื่นๆ อีก แต่มีปริมาณเพียงเล็กน้อยซึ่งได้แก่ ไซเลส อะรามิโนส กาแลคโทส แมนโนสและมอลโทส ส่วนคาร์โบไฮเดรตรูปอื่นๆ ที่พบคือ เซลลูโลส เซมิเซลลูโลส ลิกนิน และเพคติน ซึ่งเป็นองค์ประกอบของผนังเซลล์ (จริงแท้, 2542)

การสลายตัวของแป้งมีผลทำให้ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ (total soluble solids; TSS) และปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์เพิ่มสูงขึ้น แล้วทำให้ผลมะม่วงเมื่อสุกมีรสหวาน (Vazquez - Salinas and Lakshminarayana, 1985) แต่ทั้งนี้การเพิ่มขึ้นของ TSS ของผลมะม่วงขึ้นอยู่กับระยะความแก่ของผลและระยะเวลาการเก็บเกี่ยว (Medlicott *et al*., 1990) โดยผลมะม่วงที่มีอายุน้อยมีการสะสมแป้งน้อยกว่าผลที่มีอายุมาก ทำให้เมื่อผลสุกแป้งจึงเปลี่ยนเป็นน้ำตาลได้น้อยกว่าผลที่มีอายุมาก ทั้งนี้เพราะในช่วงที่ผลมีการเจริญเติบโตแป้งบางส่วนถูกนำไปใช้ในการเจริญเติบโตของผล แต่เมื่อผลมีการเจริญเติบโตช้าลงหรือผลแก่ ปริมาณแป้งจึงถูกใช้น้อยลงและมีการสะสมเพิ่มมากขึ้น (สายชลและคณะ, 2534)

4. การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดอินทรีย์

ในพืชส่วนใหญ่จะพบกรดอินทรีย์ที่เกี่ยวข้องกับกรดที่อยู่ในวัฏจักรเครปส์ (Kerbs' cycle) ซึ่งถูกสร้างขึ้นในระหว่างการเกิดกระบวนการหายใจภายในเซลล์ โดยกรดที่พบในผลไม้ส่วนใหญ่จะเป็นกรดซิตริกและกรดมาลิก ซึ่งพบว่าปริมาณกรดในผลไม้จะผันแปรขึ้นอยู่กับอายุของผล โดยผลอ่อนจะมีปริมาณกรดมากกว่าผลที่แก่ (สายชล, 2528) ปริมาณกรดทั้งหมดในผลมะม่วงจะอยู่ในรูปของกรดซิตริกและกรดมาลิก สำหรับผลมะม่วงดิบมีปริมาณกรดทั้งหมด ประมาณ 4-5 เปอร์เซ็นต์ และลดลงเหลือ 0.5-1 เปอร์เซ็นต์ ในผลมะม่วงสุก การเพิ่มขึ้นหรือลดลงของกรดมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้และของแข็งที่ไม่ละลายในแอลกอฮอล์ ผลมะม่วงพันธุ์ Alphonso (Lakshminarayana, 1973) และพันธุ์ Banganapalli (Selvaraj *et al.,* 1989) และ Krishnamurthy and Subramanyam (1970) พบว่า ปริมาณของ α - oxaloacetate, aspartate, glutamate และ pyruvate มีค่าเพิ่มสูงขึ้นก่อนที่มะม่วงจะเข้าสู่ climacteric peak แต่ในช่วงที่ผลเกิดการสุกกลับไม่มีการสะสมของ oxaloacetate จะเห็นได้ว่าปริมาณกรดในเนื้อผลจะลดลงตามอายุการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้น ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากกรดบางส่วนถูกใช้เป็นสับสเตรท (substrate) ของการหายใจที่เพิ่มสูงขึ้นในขณะที่ผลสุก (Tucker, 1993)

5. การเปลี่ยนแปลงอัตราการหายใจ

ผลไม้โดยทั่วๆ ไปจะมีอัตราการหายใจสูงที่สุดในขณะที่ผลยังอ่อนอยู่ซึ่งเป็นช่วงที่มีการแบ่งเซลล์มาก หลังจากนั้นอัตราการหายใจจะค่อยๆ ลดลงตามอายุที่มากขึ้น ผลไม้ประเภท

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

climacteric จะมีอัตราการหายใจเพิ่มสูงขึ้นอีกครั้งเมื่อผลเข้าสู่การสุก (Akamine and Goo, 1973) โดยการหายใจของผลไม้ประเภท climacteric แบ่งออกได้เป็น 4 ขั้นตอน คือ

1) pre-climacteric เป็นช่วงที่มีอัตราการหายใจต่ำ
2) climacteric เป็นช่วงที่มีอัตราการหายใจเพิ่มขึ้นมาก
3) climacteric peak เป็นช่วงที่มีอัตราการหายใจสูงสุด
4) post-climacteric เป็นช่วงที่มีอัตราการหายใจลดลง โดยเกิดขึ้นหลังจากที่มีอัตราการหายใจเพิ่มสูงขึ้น

มะม่วงจัดเป็นผลไม้ประเภท climacteric fruit (Lizada, 1991) ซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงอัตราการหายใจเช่นเดียวกับที่กล่าวข้างต้น การที่ผลไม้มีอัตราการหายใจเพิ่มสูงขึ้นระหว่างการสุก เนื่องจากระหว่างการสุกมีการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว เช่น การเปลี่ยนสี การอ่อนนุ่ม และการสร้างกลิ่น เป็นต้น (Kader, 1985) การเปลี่ยนแปลงเหล่านี้ต้องใช้พลังงานจำนวนหนึ่งทำให้ผลไม้จำพวก climacteric จึงมีอัตราการหายใจเพิ่มสูงขึ้นในระหว่างการเก็บรักษาจนถึงช่วง climacteric peak ซึ่งจะใช้เวลาน้อยหรือมากขึ้นกับความแก่ของผลไม้นั้นๆ และสภาพแวดล้อมของห้องที่เก็บรักษาผลไม้ เช่น อุณหภูมิและการหมุนเวียนของอากาศ (ดนัย, 2540) Kishnamurithy and Subermanyam (1970) พบว่า ผลมะม่วงพันธุ์ Pairi ที่มีอายุผลน้อย จะเกิด climacteric peak ในวันที่ 12 หลังจากการเก็บเกี่ยว ส่วนผลที่แก่มีการเกิด climacteric peak ในวันที่ 9 หลังจากเก็บเกี่ยว ซึ่งในมะม่วงต่างพันธุ์กันระยะเวลาที่ใช้ในการเกิด climacteric peak ก็ต่างกัน เช่น มะม่วงพันธุ์ Kent และ Haden มีการเกิด climacteric peak ในวันที่ 9 และ 11 ของการเก็บรักษาตามลำดับ (Mitra and Baldwin, 1997)

6. การเปลี่ยนแปลงการผลิตเอทิลีน

ในช่วงการเจริญและการพัฒนาของผลอัตราการผลิตเอทิลีนจะต่ำมาก จนกระทั่งเมื่อผลไม้เริ่มสุกการผลิตเอทิลีนจึงเพิ่มขึ้นหลายเท่าตัว ความเข้มข้นภายในก็สูงขึ้นด้วย การเพิ่มขึ้นของปริมาณเอทิลีนอาจเกิดขึ้นก่อนหรือหลังการเพิ่มขึ้นของอัตราการหายใจก็ได้ โดยผลไม้ประเภท climacteric มีการผลิตเอทิลีนอยู่ 2 ระบบ คือ ระบบที่1 เป็นการสร้างเอทิลีนตามปกติที่มีอยู่ในเนื้อเยื่อทั่วๆ ไป และระบบนี้ทำให้ความเข้มข้นของเอทิลีนถึงระดับสูงพอที่จะชักนำให้เกิดการหายใจเพิ่มขึ้น (ระบบที่ 2) และเกิดการเปลี่ยนแปลงเกี่ยวกับการสุก กลไกที่เอทิลีนเร่งการสุกของผลไม้เกิดขึ้นโดยเอทิลีนช่วยเลื่อนจุดเริ่มต้นของการสุกและเลื่อน climacteric peak ให้เกิดเร็วขึ้น (Lieberman, 1979; Yang, 1985)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การชะลอการสูญเสียหลังการเก็บเกี่ยวของผลมะม่วง

1. การเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ

การเปลี่ยนแปลงต่างๆ ภายในผลิตผล และการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ต่างๆ มีความผันแปรตามอุณหภูมิของการเก็บรักษา โดยอัตราการเกิดของปฏิกิริยาต่างๆ และการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์จะเกิดขึ้นมากเมื่อเก็บรักษาผลิตผลไว้ที่อุณหภูมิสูง ส่งผลให้อายุการเก็บรักษาสั้นลง อุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับผักและผลไม้แต่ละชนิดอาจแตกต่างกันมาก โดยอุณหภูมิที่ใช้ในการเก็บรักษาผักและผลไม้ที่มีถิ่นกำเนิดในเขตร้อนมักมีอุณหภูมิสูงกว่าผักและผลไม้ที่มีถิ่นกำเนิดในเขตกึ่งร้อนและเขตหนาว ตามลำดับ อย่างไรก็ดีถ้าใช้อุณหภูมิในการเก็บรักษาต่ำเกินไปอาจทำให้เกิดอันตรายแก่ผลิตผลได้ (Wills *et al*., 1998) กานดาและคณะ (2546) รายงานว่ามะม่วงพันธุ์มหาชนกที่มีอายุ 112 วันหลังดอกบาน เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10, 13 และ 27 องศาเซลเซียส (อุณหภูมิห้อง) พบว่าผลที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องสามารถเก็บรักษาได้เพียง 7 วัน ผลที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส สามารถเก็บรักษาได้นาน 28 วัน โดยมีคุณภาพใกล้เคียงกับชุดควบคุม ในขณะที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 28 วันจะเกิดอาการสะท้านหนาว (chilling injury) ซึ่งไม่พบในผลมะม่วงที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส

2. การเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศดัดแปลง

ปริมาณออกซิเจนในอากาศมีผลต่ออัตราการหายใจ การสร้างเอทิลีน และกระบวนการออกซิเดชันอื่นๆ ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดจากการหายใจสามารถลดอัตราการหายใจได้ นอกจากนี้ยังมีคุณสมบัติขัดขวางการทำงานของเอทิลีนด้วย โดยเชื่อกันว่าคาร์บอนไดออกไซด์จับกับ active site ของเอทิลีน ดังนั้นการลดปริมาณออกซิเจน และเพิ่มคาร์บอนไดออกไซด์ จึงช่วยยืดอายุการเก็บรักษาของผลิตผลหลังการเก็บเกี่ยวได้ การเก็บรักษาในสภาพที่มีปริมาณออกซิเจนน้อยและมีคาร์บอนไดออกไซด์สูงเรียกว่า การเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศดัดแปลง (modified atmosphere; MA) มะม่วงพันธุ์ Tommy Atkin และ Keitt เมื่อเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศดัดแปลงโดยใช้ฟิล์ม LDPE และ Xtend Film (XF) หุ้ม แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส สามารถชะลอการอ่อนนิ่ม การเปลี่ยนแปลงสี และการเน่าเสียของผลได้ดีกว่าชุดควบคุม (Ben-Arie *et al*., 2001; Pesis *et al*., 2000)

3. การเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศควบคุม

การเก็บรักษาผักและผลไม้ในสภาพของบรรยากาศที่ควบคุมให้แตกต่างไปจากบรรยากาศปกติในแง่ของสัดส่วนของไนโตรเจน ออกซิเจน หรือคาร์บอนไดออกไซด์ เรียกว่า การเก็บรักษาในสภาพควบคุมบรรยากาศ (controlled atmosphere; CA) สิ่งสำคัญที่สุดคือ ห้องเก็บรักษาหรือสถานที่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

เก็บรักษาต้องสามารถปิดได้สนิทมีการรั่วไหลของก๊าซน้อยมากหรือไม่มีเลย (จริงแท้, 2542) มะม่วงพันธุ์ Tommy Atkin และ Kent เมื่อนำไปเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศควบคุมโดยมีองค์ประกอบของก๊าซ คือ 5% O_2 กับ 5% CO_2 และ 10% O_2 กับ 5% CO_2 ที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส สามารถยืดอายุการเก็บรักษาได้นานกว่าชุดควบคุม 8-9 วัน (Lizana and Ochagavia, 1997) มะม่วงพันธุ์ Kensington เก็บรักษาในสภาพ 2% O_2 - 5% CO_2 อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส สามารถลดการเน่าเสียและยืดอายุการเก็บรักษาของมะม่วงได้โดยคุณภาพด้านกลิ่นรสของผลไม่แตกต่างจากชุดควบคุม (Lalet *et al*., 2001)

4. การเก็บรักษาภายใต้สภาพความดันต่ำ

การเก็บรักษาในสภาพที่มีความดันต่ำกว่าความดันบรรยากาศปกติ (hypobaric storage) เป็นการเก็บรักษาผักและผลไม้ในสภาพบรรยากาศดัดแปลงอีกรูปแบบหนึ่ง การเก็บรักษาแบบนี้ผักและผลไม้จะถูกเก็บไว้ในห้องเย็นที่มีโครงสร้างแข็งแรง แล้วดูดอากาศออกจากห้องจนมีความดันลดลงเหลือเพียงประมาณหนึ่งในสิบของความดันบรรยากาศ ในสภาพเช่นนี้ partial pressure ของออกซิเจนจะมีค่าลดลงตามสัดส่วนของความดันที่ลดลง นอกจากนี้ก๊าซเอทิลีนที่ผลิตผลสร้างขึ้นก็ถูกดูดออกไปพร้อมกัน การลดความดันจึงเป็นการลดอัตราการหายใจ ลดการสร้างเอทิลีนและการเปลี่ยนแปลงต่างๆ ที่เกิดจากเอทิลีน ทำให้สามารถยืดอายุการเก็บรักษาของผลิตผลได้เช่นเดียวกับการปรับสภาพบรรยากาศ การเก็บรักษาแบบนี้มักเป็นระบบเปิด เพราะถ้าเป็นระบบปิดเมื่อเก็บรักษาผลิตผลไว้ระยะหนึ่งออกซิเจนจะถูกใช้ไปทำให้มีปริมาณออกซิเจนต่ำลงจนเป็นอันตรายกับผลิตผลได้ ดังนั้นห้องเก็บรักษาความดันต่ำจึงต้องมีช่องทางให้อากาศผ่านเข้าได้เล็กน้อย เพื่อรักษาระบบความเข้มข้นของออกซิเจนให้อยู่ในระดับที่เพียงพอต่อการหายใจแบบใช้ออกซิเจนตลอดเวลา อย่างไรก็ตามการเก็บรักษาแบบสภาพความดันต่ำจะมีผลทำให้การระเหยน้ำเกิดได้เร็วขึ้น ดังนั้นในสภาพเช่นนี้ผลิตผลจะสูญเสียน้ำมากกว่าปกติ จำเป็นต้องเพิ่มความชื้นเข้าไปในห้องที่ใช้ในการเก็บรักษา (จริงแท้, 2542)

5. การใช้สารเคลือบผิว

การใช้สารเคลือบผิวเป็นวิธีหนึ่งซึ่งจะช่วยลดการสูญเสียน้ำและลดการแลกเปลี่ยนก๊าซทำให้ออกซิเจนภายในผลลดต่ำลงและมีการสะสมของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มมากขึ้นเนื่องจากการหายใจของผลิตผล นอกจากนี้ยังมีผลยับยั้งการทำงานและการผลิตเอทิลีนด้วย (ดนัย, 2540) อย่างไรก็ตามสารเคลือบผิวแต่ละชนิดมีคุณสมบัติในการป้องกันการสูญเสียน้ำและควบคุมการผ่านเข้าออกของก๊าซได้ไม่เท่ากัน การเลือกใช้ต้องคำนึงถึงความเข้มข้น หากใช้ความเข้มข้นสูงหรือเคลือบหนาเกินไปอาจทำให้เกิดการหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจนส่งผลให้เกิดการสะสมแอลกอฮอล์และอะเซทัลดีไฮด์ (acetaldehyde) ทำให้ผลิตผลมีกลิ่นและรสชาติผิดปกติด้วย (จริงแท้, 2542)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

การเก็บรักษาผลมะม่วงในสภาพอุณหภูมิต่ำ

ปัญหาที่สำคัญในระหว่างการเก็บรักษาผลมะม่วง คือ การเสื่อมสภาพอย่างรวดเร็ว เมื่อผลมะม่วงแก่จัดหรือเริ่มสุกจะมีอัตราการหายใจสูงขึ้น (สายชล, 2530) แต่มีอายุการเก็บรักษาสั้นลง จึงจำเป็นต้องเก็บรักษาผลมะม่วงที่อุณหภูมิต่ำเพื่อชะลอกระบวนการเมแทบอลิซึมที่จะนำไปสู่การเสื่อมสภาพ ตลอดจนอัตราการเจริญของจุลินทรีย์ แต่อย่างไรก็ตามผลมะม่วงจะเก็บรักษาได้นานหรือไม่ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง เช่น ขึ้นอยู่กับพันธุ์ ระยะความแก่ วิธีการเก็บรักษาที่ใช้ วิธีการบรรจุ วัสดุที่ใช้ในการบรรจุ และระยะเวลาที่เก็บรักษา ผลมะม่วงแต่ละพันธุ์มีอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการเก็บรักษา และอายุการเก็บรักษาที่แตกต่างกัน

โดยทั่วไปมะม่วงที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 12-13 องศาเซลเซียส จะมีอายุการเก็บรักษาประมาณ 2-4 สัปดาห์ แต่มีมะม่วงบางพันธุ์สามารถเก็บรักษาได้ที่อุณหภูมิต่ำกว่านี้ เช่นมะม่วงพันธุ์เขียวเสวยมีอายุการเก็บรักษานาน 20 วัน ที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส พันธุ์หนังกลางวันมีอายุการเก็บรักษานาน 28 วัน ที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส พันธุ์อกร่องเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียสได้นาน 20 วัน พันธุ์พิมเสนมัน และพันธุ์แรดสามารถเก็บรักษาได้นาน 28 วัน ที่อุณหภูมิ 9-10 องศาเซลเซียส (สายชล, 2530) และดารา (2539) พบว่า มะม่วงพันธุ์ทองดำ และพันธุ์หนังกลางวันสามารถเก็บรักษาได้ 3 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส กานดาและคณะ (2546) พบว่ามะม่วงพันธุ์มหาชนกสามารถเก็บรักษาได้เป็นเวลา 21 และ 28 วันที่อุณหภูมิ 10 และ 13 องศาเซลเซียส ตามลำดับ แต่ในขณะที่การเก็บรักษาผลมะม่วงน้ำดอกไม้ที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 วัน จะไม่แสดงอาการสะท้านหนาวและยังมีการพัฒนาการสุกเมื่อย้ายผลมะม่วงมาเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง (Tungtirmthong *et al*., 2001)

แต่การเก็บรักษาผลมะม่วงที่อุณหภูมิต่ำเกินไปอาจทำให้เกิดความเสียหายและความผิดปกติ ซึ่งอาการผิดปกติที่เกิดขึ้นกับเซลล์ที่ได้รับอุณหภูมิต่ำเหนือจุดเยือกแข็งเป็นเวลานาน ๆ เรียกว่า อาการสะท้านหนาว (chilling injury) อาการดังกล่าวเป็นข้อจำกัดในการเก็บรักษาผลไม้ที่อุณหภูมิต่ำ (Kader, 2000) โดยระยะเวลาเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลต่อความรุนแรงของอาการ ลักษณะอาการที่พบเมื่อผลมะม่วงเกิดอาการสะท้านหนาว คือ มีการสุกไม่สม่ำเสมอ ผิวมีรอยช้ำ จุดคล้ำ มีกลิ่นและรสชาติผิดปกติ (Kalra and Tandon, 1983) ดังนั้นในการยืดอายุการเก็บรักษามะม่วงในสภาพอุณหภูมิต่ำต้องระมัดระวังเพื่อไม่ให้เกิดความสูญเสีย เนื่องจากมะม่วงเป็นผลไม้เขตร้อนซึ่งจะเกิดการสูญเสียได้เมื่ออยู่ในสภาพอุณหภูมิที่ต่ำเกินไป โดยพบว่ามะม่วงส่วนใหญ่จะแสดงอาการสะท้านหนาวเมื่อเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิต่ำกว่า 13 องศาเซลเซียสทั้งนี้ก็ขึ้นอยู่กับปัจจัยอื่นด้วย เช่น พันธุ์ อายุการเก็บเกี่ยว และลักษณะทางพันธุกรรม (Thompson, 1971; Mitra and Baldwin, 1997; Acosta *et al*., 2000) ซึ่งพืชชนิดเดียวกันแต่พันธุ์ต่างกันจะเกิดอาการได้ต่างกัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

(จริงแท้, 2542) เช่น ผลมะม่วงพันธุ์ Alphonso เกิดอาการสะท้านหนาวเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำกว่า 7 องศาเซลเซียส ในขณะที่ผลมะม่วงพันธุ์ Kent เกิดอาการสะท้านหนาวเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำกว่า 13 องศาเซลเซียส (Morton, 1987) และจากรายงานของ Pesis *et al.* (2000) พบว่ามะม่วงพันธุ์ Tommy Atkins และ Keitt จะเกิดอาการสะท้านหนาวเมื่อเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส โดยลักษณะอาการที่เกิดขึ้นจะเกิดจุดสีแดงบริเวณรอบๆ เลนติเซล เช่นเดียวกับ Ben-Arie *et al.* (2001) พบว่ามะม่วงถ้าเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำกว่า 10-12 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน จะทำให้เกิดอาการสะท้านหนาวขึ้นได้ ซึ่งอาการที่พบจะเกิดจุดสีแดงหรือสีเขียวรอบๆ เลนติเซล สำหรับผลมะม่วงที่สุกจะเกิดอาการสะท้านหนาวเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำกว่า 10 องศาเซลเซียส เป็นส่วนใหญ่ (Kader and Mitcham, 2008) ผลมะม่วงพันธุ์แก้ว ทองดำ น้ำดอกไม้ และหนังกลางวัน ไม่สามารถเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส เป็นเวลานานกว่า 5 วันได้ เนื่องจากย้ายมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (ประมาณ 30 องศาเซลเซียส) จะมีการแสดงอาการสะท้านหนาวเกิดขึ้นที่ผิว (Phakawatmongkol *et al.*, 2004) และผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส จะแสดงอาการสะท้านหนาวภายหลังการเก็บรักษาเป็นเวลา 10 วัน โดยที่เปลือกมีลักษณะอาการเนื้อเยื่อยุบตัวเป็นจุดๆ และมีการรั่วไหลของสารอิเล็กโตรไลต์ที่บริเวณเปลือกและเนื้อ (ศศธร, 2549) และพบว่าผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ในระยะผลดิบเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 วัน หลังจากนั้นนำมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส กระทั่งผลสุก พบว่าแสดงอาการสะท้านหนาว (Whangchai *et al*., 1999) กานดาและคณะ (2546) พบว่าเมื่อเก็บรักษามะม่วงพันธุ์มหาชนกที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส จะเกิดอาการสะท้านหนาวในวันที่ 28 ของการเก็บรักษา ผลมะม่วงพันธุ์โชคอนันต์ และพันธุ์ Kensington ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เกิดอาการสะท้านหนาวที่ผิวผล โดยมีสีคล้ำกว่าปกติและเกิดจุดสีม่วงที่เปลือก (Herianus *et al.,* 2003; จิรภรณ์และคณะ, 2545) ผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้จะอ่อนแอต่อการเกิดอาการสะท้านหนาวมากกว่าผลมะม่วงพันธุ์อกร่อง (Phakawatmongkol *et al*., 2004) และพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4 เนื่องจากพบสารประกอบฟีนอลที่เปลือกของผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองมากกว่า (เสาวภาและจริงแท้, 2546) เบญจมาสและคณะ (2547) พบว่า มะม่วงน้ำดอกไม้สีทองจะแสดงอาการสะท้านหนาว เมื่อเก็บรักษาอุณหภูมิที่ 2, 5 เป็นเวลา 5 และที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน ตามลำดับ ซึ่งอาการจะปรากฏเมื่อย้ายมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 22±2 องศาเซลเซียส โดยอาการสะท้านหนาวเริ่มจากท่อลำเลียงที่เปลือกเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล เจือจันทร์ (2541) ได้ศึกษาการเก็บรักษามะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส สามารถเก็บรักษาได้นานกว่าที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส โดยมีอายุการเก็บรักษาประมาณ 20 และ 10 วันตามลำดับ การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส ทำให้ผลมะม่วงไม่สุกซึ่งเป็นผลจากการเกิดอาการสะท้านหนาว และมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงทาง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สรีรวิทยาและทางเคมีของผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ขณะที่ผลมะม่วงที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส เกิดการสุกตามปกติ มีการเปลี่ยนแปลงความแน่นเนื้อลดลง สีเปลือกและสีเนื้อเปลี่ยนเป็นสีเหลืองเพิ่มขึ้น ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้เพิ่มขึ้น ปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ลดลง และมีอัตราการหายใจเพิ่มขึ้นระหว่างการเก็บรักษา นิธิยา และดนัย (2533) กล่าวว่า ที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส จะเก็บรักษาผลมะม่วงสุก (ไม่ระบุพันธุ์) ได้ 21 วัน และผลมะม่วงห่ามเก็บได้ 42 วัน แต่ถ้าเอาผลมะม่วงดิบ (ไม่ระบุพันธุ์) มาเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมินี้เป็นเวลา 21 วัน จะทำให้มะม่วงเมื่อสุกมีคุณภาพไม่ดี เนื่องจากอุณหภูมิต่ำไปยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการสุก O'Hare and Prasad (1993) รายงานว่าผลมะม่วงพันธุ์ Kensington ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เริ่มแสดงอาการเกิดสีน้ำตาลที่ผิวของผลที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 7, 10 และ 13 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 สัปดาห์ เช่นเดียวกันกับ Chaplin *et al.* (1991) เก็บรักษาผลมะม่วง พันธุ์ Kensington ที่อุณหภูมิ 1 และ 5 องศาเซลเซียส นาน 6-7 วัน แล้วย้ายมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส จะแสดงอาการสะท้านหนาวให้เห็นที่เปลือกของผลมะม่วง ส่วนผลมะม่วงพันธุ์ Julie เมื่อเกิดอาการสะท้านหนาวจะมีสีผิดปกติ ที่บริเวณผิวเกิดการยุบตัว สีและรสชาติของเนื้อไม่ดี มีปริมาณกรดซิตริกสูงคือ 1.19 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ผลสุกปกติมีปริมาณกรดซิตริก 0.65 เปอร์เซ็นต์ ส่วนปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้มีค่า 22 องศาบริกซ์ และการยอมรับของผู้บริโภคต่ำกว่าผลมะม่วงที่สุกทันทีหลังจากเก็บเกี่ยว (Sankat *et al*., 1993)

การเก็บรักษาในสภาพดัดแปลงบรรยากาศ (Modified Atmosphere Storage; MA)

การเก็บรักษาผลิตผลโดยการบรรจุในภาชนะบรรจุชนิดต่างๆ เช่นการเก็บรักษาผลิตผลในถุงพลาสติกเจาะรู หรือไม่เจาะรู หรือการเก็บรักษาผลิตผลในภาชนะบรรจุแล้วหุ้มด้วยฟิล์มพลาสติก เป็นวิธีการที่สามารถดัดแปลงบรรยากาศในการเก็บรักษาทำให้ช่วยยืดอายุการเก็บรักษาและอายุการวางจำหน่ายผลิตผลให้นานขึ้นได้ และช่วยชะลอกระบวนการเปลี่ยนแปลงภายหลังการเก็บเกี่ยวทั้งทางด้านกายภาพและชีวเคมี โดยปกติในบรรยากาศจะมีออกซิเจนประมาณ 21 เปอร์เซ็นต์ คาร์บอนไดออกไซด์ 0.03 เปอร์เซ็นต์ และไนโตรเจน 78 เปอร์เซ็นต์ (จริงแท้, 2542) โดยผลิตผลจะใช้ก๊าซออกซิเจนไปในการหายใจทำให้ปริมาณก๊าซออกซิเจนในผลิตผลลดลงและมีปริมาณของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มสูงขึ้น ปริมาณก๊าซต่างๆ ที่เกิดขึ้นในการเก็บรักษาภายใต้สภาพบรรยากาศดัดแปลงนี้ไม่สามารถที่จะควบคุมให้คงที่อยู่ได้เพราะขึ้นอยู่กับอัตราการหายใจกระบวนการต่างๆ ภายในผลิตผล ซึ่งก็จะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ องค์ประกอบของบรรยากาศ อายุการเก็บเกี่ยว อายุการเก็บรักษาและคุณสมบัติในการยอมให้ก๊าซซึมผ่านของภาชนะบรรจุ (จิรา, 2531; จริงแท้, 2542)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การดัดแปลงสภาพบรรยากาศรอบๆ ผลิตผลจะมีผลต่อสภาพการบรรจุและสภาพของบรรยากาศรอบๆ ผลิตผลที่เปลี่ยนแปลงไป เนื่องจากภาชนะบรรจุจะมีผลต่อการผ่านเข้าออกของก๊าซออกซิเจน คาร์บอนไดออกไซด์ เอทิลีนและไอน้ำ ที่ต่างกันไปของผักและผลไม้แต่ละชนิดมีผลทำให้อัตราการหายใจและอัตราการแลกเปลี่ยนก๊าซจึงมีต่างกันในภาชนะบรรจุแต่ละชนิด (Kader *et al.,* 1989) การดัดแปลงสภาพบรรยากาศจะต้องทำการคัดเลือกชนิดของภาชนะบรรจุให้ดี เนื่องจากสภาพบรรยากาศภายในภาชนะบรรจุจะมีผลต่อการเกิด metabolism ของผลิตผล โดยทั่วไปจะเลือกใช้วัสดุที่สามารถป้องกันการสูญเสียน้ำ ไม่ทำให้ออกซิเจนภายในผลิตผลต่ำเกินไปหรือทำให้ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มสูงขึ้นเกินไป คือจะต้องยอมให้มีการแลกเปลี่ยนก๊าซได้มากพอที่จะไม่ทำให้เกิดการหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจน เนื่องจากอาจจะมีผลต่อคุณภาพของผลไม้ ซึ่งอาจจะทำให้เกิดกลิ่นและรสที่ผิดปกติได้ (Brody, 1992)

จากรายงาน พบว่ามะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์ที่สามารถควบคุมบรรยากาศได้โดยปรับให้มีปริมาณออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ 3-5 เปอร์เซ็นต์เท่ากัน หลังจากนั้นนำไปเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส สามารถยืดอายุการเก็บรักษาได้เป็นเวลา 24 วัน โดยที่นำมาทำให้สุกที่อุณหภูมิและสภาพอากาศปกติอีก 4 วัน (คุณวุฒิ, 2540) และการเก็บรักษามะม่วงน้ำดอกไม้สีทองในสภาพควบคุมบรรยากาศที่มีปริมาณออกซิเจน 5 เปอร์เซ็นต์ คาร์บอนไดออกไซด์ 6 เปอร์เซ็นต์ และออกซิเจน 3 เปอร์เซ็นต์ คาร์บอนไดออกไซด์ 6 เปอร์เซ็นต์ ที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส พบว่า สามารถเก็บรักษาได้เป็นเวลา 21 วัน (เบญจมาสและคณะ, 2547) มะม่วงน้ำดอกไม้สีทองสามารถทนต่อการเพิ่มของคาร์บอนไดออกไซด์ได้ถึง 20 เปอร์เซ็นต์ เมื่ออยู่ในบรรยากาศที่มีออกซิเจนเท่ากับ 18-20 เปอร์เซ็นต์ โดยสามารถลดการสูญเสียน้ำหนัก ชะลอการสุก และยับยั้งการเกิดโรคแอนแทรกโนสได้ แต่การลดออกซิเจนลงเหลือ 0 เปอร์เซ็นต์ เมื่อมีคาร์บอนไดออกไซด์คงที่เท่ากับ 0.03 เปอร์เซ็นต์ ทำให้มะม่วงเกิดการหมักแม้จะช่วยชะลอการสุกและยับยั้งการเกิดโรคแอนแทรกโนสได้ (กาญจนาและคณะ, 2550) มีรายงานแนะนำวิธีการยืดอายุการเก็บรักษามะม่วงในสภาพควบคุมบรรยากาศที่ระดับคาร์บอนไดออกไซด์ 5-10 เปอร์เซ็นต์ ออกซิเจน 3-5 เปอร์เซ็นต์ ที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส จะช่วยชะลอการสุกและการอ่อนนิ่มของผลมะม่วงได้เป็นอย่างดี (Kader, 1993)

สิ่งที่ต้องคำนึงถึงในการเก็บรักษาพืชผลภายใต้บรรยากาศดัดแปลง (จริงแท้, 2542)

1. ชนิดของผลิตผล ผลิตผลต่างชนิดกันมีอัตราการหายใจและกระบวนการต่างๆ ไม่เท่ากัน ส่งผลให้ปริมาณการใช้ออกซิเจน การปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ และเอทิลีนไม่เท่ากัน ซึ่งมีผลต่อสภาพบรรยากาศรอบๆ ผลิตผลภายในภาชนะบรรจุ นอกจากนั้นคุณสมบัติในการยอมให้ก๊าซ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ชนิดต่างๆ ภายในผลิตผลผ่านเข้าออกทางเปลือกหรือผิวไปสู่อากาศย่อมส่งผลถึงความเข้มข้นของก๊าซภายในผลิตผลเองด้วย

2. วัยและความบริบูรณ์ของผลิตผล ผลิตผลที่มีอายุต่างกัน จะมีอัตราการหายใจ การสร้างเอทิลีนและการเกิดเมแทบอลิซึมต่างๆ ไม่เท่ากัน ผลิตผลที่ยังอ่อนอยู่มักจะมีอัตราดังกล่าวต่ำ ผลไม้ที่ยังไม่สุกจะมีอัตราต่ำเมื่อเทียบกับผลไม้ที่กำลังสุก ส่งผลทำให้สภาพดัดแปลงบรรยากาศที่เกิดขึ้นไม่เหมือนกันทั้งๆ ที่การบรรจุและการเก็บรักษาเป็นแบบเดียวกัน นอกจากนี้อายุของผลิตผลยังมีความสำคัญต่อการเก็บรักษาเพราะอายุที่ยังอ่อนอยู่จะมีการพัฒนาทางด้านรสชาติและด้านเนื้อสัมผัสยังไม่ดีพอ ส่วนผลิตผลที่มีอายุที่แก่เกินไปจะทำให้มีอายุการเก็บรักษาได้สั้น (Watada and Ling, 1999)

3. อุณหภูมิในการเก็บรักษา อุณหภูมิยิ่งสูงอัตราการเกิดปฏิกิริยาต่างๆ จะยิ่งมีสูงขึ้น มีผลต่อการใช้และการผลิตก๊าซชนิดต่างๆ ของผลิตผล

4. ปริมาณของผลิตผลในภาชนะบรรจุในปริมาตรที่เท่ากันถ้ามีผลิตผลบรรจุอยู่มากย่อมมีการใช้ออกซิเจนให้หมดไป และสะสมคาร์บอนไดออกไซด์ให้มากขึ้นได้เร็วกว่าการบรรจุผลิตผลแต่น้อย

5. คุณสมบัติในการยอมให้ก๊าซต่างๆ ผ่านเข้าออกภาชนะบรรจุ ภาชนะบรรจุที่ยอมให้ก๊าซต่างๆ ผ่านเข้าออกได้ง่าย ทำให้องค์ประกอบของก๊าซภายในใกล้เคียงบรรยากาศปกติมากกว่าภาชนะบรรจุที่ยอมให้ก๊าซต่างๆ ผ่านได้น้อย

การใช้ฟิล์มพลาสติกเป็นอีกวิธีการหนึ่งที่จะสามารถดัดแปลงสภาพบรรยากาศรอบๆ ผลิตผลได้ เนื่องจากฟิล์มพลาสติกที่ต่างชนิดกัน ย่อมจะมีคุณสมบัติในการให้น้ำและก๊าซต่างๆ ผ่านเข้าออกได้ไม่เหมือนกัน (Hall *et al*., 1975) และสามารถช่วยลดการเปลี่ยนแปลงกระบวนการต่างๆ ที่เกิดขึ้นภายหลังการเก็บเกี่ยวผลิตผลได้ เช่น การหายใจและการคายน้ำ (Kader *et al.,* 1989) นอกจากนี้การใช้ฟิล์มพลาสติกยังสามารถที่จะช่วยลดความเสียหายที่เกิดในระหว่างการปฏิบัติภายหลังการเก็บเกี่ยวได้ (Ceponis and Butterfield, 1984) การเลือกใช้ฟิล์มพลาสติกจึงควรที่จะต้องคำนึงถึงคุณสมบัติของฟิล์ม คือ การหดตัว การยืดตัว การปิดผนึก การยอมให้อากาศและไอน้ำผ่าน ความใส ความเป็นมันเงาและความสะดวกในการจัดพิมพ์ข้อความ ซึ่งยงยุทธ (2548) ได้รวบรวมคุณสมบัติของฟิล์มชนิดต่างๆ ไว้ดังนี้

1. พอลิเอทิลีน (polyethylene) เป็นพอลิเมอร์ที่เกิดจากการรวมตัวของโมโนเมอร์ที่เป็นเอทิลีน นับเป็นฟิล์มพลาสติกที่นำมาใช้ในการบรรจุภัณฑ์มากที่สุดชนิดหนึ่ง เนื่องจากมีอยู่หลายชนิดและชั้นคุณภาพ ซึ่งแบ่งออกตามความหนาแน่น คือ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

- ชนิดที่มีความหนาแน่นสูง (high density polyethylene; HDPE) มีความหนาแน่น 0.941-0.959 กรัม/ลูกบาศก์เมตร
- ชนิดที่มีความหนาแน่นปานกลาง (medium density polyethylene; MDPE) มีความหนาแน่น 0.926-0.940 กรัม/ลูกบาศก์เมตร
- ชนิดที่มีความหนาแน่นต่ำ (low density polyethylene; LDPE) มีความหนาแน่น 0.910-0.925 กรัม/ลูกบาศก์เมตร
- ชนิดที่มีความหนาแน่นต่ำเชิงเส้น (linear low density polyethylene; LDPE) มีความหนาแน่น 0.910-0.925 กรัม/ลูกบาศก์เมตร

คุณสมบัติของฟิล์มพอลิเอทิลีน

- มีลักษณะโปร่งใส แต่ถ้ามีความหนาแน่นเพิ่มขึ้นจะทำให้ความใสลดลง ชนิด LLDPE จะแตกต่างจาก LDPE ตรงที่มีความมันวาวมากกว่า
- มีลักษณะอ่อนนิ่ม ยืดหยุ่น และมีความเหนียวมาก
- ทนทานต่อสารเคมีจำพวกกรด-ด่าง ได้ดี แต่ถ้าเป็นตัวทำละลาย ชนิด HDPE จะมีความทนทานมากกว่า LDPE และ MDPE
- มีความสามารถในการป้องกันการซึมผ่านของไอน้ำได้ดี
- ป้องกันการซึมผ่านของก๊าซ ไขมัน/น้ำมันได้น้อย
- สามารถปิดผนึกด้วยความร้อนได้ดี
- มีความคงรูปต่ำ
- มีความปลอดภัย สามารถใช้กับสิ่งของที่นำไปบริโภคทันทีได้

ประโยชน์ในการใช้งานของฟิล์มพลาสติกพอลิเอทิลีน

ในกรณีของฟิล์มชนิด LDPE และ LLDPE สามารถนำมาใช้งานได้คล้ายกันคือ

- ใช้เป็นถุงบรรจุผักและผลไม้สด
- ใช้เป็นถุงหิ้วในการจำหน่ายปลีก
- ใช้เป็นถุงสำหรับบรรจุผลิตผลที่มีน้ำหนักมาก
- ใช้ทำเป็นถุงชั้นในของถุงกระดาษ และกระสอบพลาสติก สำหรับบรรจุอาหารสัตว์

ส่วนชนิด HDPE มีการนำมาใช้งานได้หลายอย่างเช่นกัน คือ

- นิยมนำมาเป็นถุงหิ้วเพื่อจำหน่ายปลีกในซุปเปอร์มาร์เก็ตหรือห้างสรรพสินค้า
- ใช้ร่วมกับวัสดุอื่น เช่น พลาสติกอื่น และอลูมิเนียม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สำหรับชนิด MDPE มักไม่ค่อยนิยมนำมาทำบรรจุภัณฑ์ สำหรับคุณสมบัติพื้นฐานบางอย่างของฟิล์มพอลิเอทิลีนมีแสดงในตาราง 1

ตาราง 1 คุณสมบัติพื้นฐานบางประการของพลาสติกพอลิเอทิลีน

ชนิด	การซึมผ่านของความชื้น	การซึมผ่านของก๊าซ ($cm^3/m^2/24h/atm$)		ค่าต้านทานแรงดึง (MPa)	จุดอ่อนตัว (ºC)	CH_3 groups per 1000 C's
		O_2	CO_2			
หนาแน่นต่ำ (LDPE) (920 กก./ตรม.)	1.4	500	1350	9-150	120-180	20-33
หนาแน่นปานกลาง (MDPE) (940 กก./ตรม.)	0.6	225	500	21	120-180	5-7
หนาแน่นสูง (HDPE) (960 กก./ตรม.)	0.3	125	350	28	135-180	< 1.5

ที่มา : ยงยุทธ, 2548

2. ฟิล์มพอลิเอไมด์ (polyamide) หรือที่รู้จักในชื่อการค้าว่า "ไนลอน (nylon)" มีอยู่หลายชนิด โดยจะเรียกชื่อตามจำนวนอะตอมของคาร์บอนในสารตั้งต้นเช่น ไนลอน 6 และไนลอน 11 เป็นต้น ฟิล์มชนิดนี้มีคุณสมบัติพิเศษต่างๆ กันตามสารปรุงแต่งที่ใช้ในระหว่างกระบวนการพอลิเมอร์ไรเซชัน

คุณสมบัติของฟิล์มพอลิเอไมด์

- มีความโปร่งใส มีความเหนียวมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งสามารถต้านแรงทิ่มทะลุ และแรงดันทะลุได้ดี
- มีความคงรูป ต้านทานต่อการขัดสี และการพับสูง
- สามารถทนทานต่อกรดได้ดี แต่ไม่สามารถทนต่อด่าง
- ป้องกันการซึมผ่านของไอน้ำได้ดีมาก
- ป้องกันการซึมผ่านของก๊าซได้ดีมาก ทั้งออกซิเจน คาร์บอนไดออกไซด์ และไนโตรเจน
- ป้องกันการซึมผ่านของไขมันหรือน้ำมันได้สูง
- มีความทนทานต่ออุณหภูมิร้อน หรือเย็นจัดได้ โดยสามารถใช้งานได้ที่อุณหภูมิตั้งแต่ -40 ถึง 160 องศาเซลเซียส

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ประโยชน์ในการใช้งานของฟิล์มพลาสติกพอลิเอไมด์

- ใช้บรรจุอาหารแช่แข็งที่ต้องการความเหนียว และป้องกันก๊าซและกลิ่น
- ใช้ในการประกบ การเคลือบ และรีดร่วมกับพลาสติกชนิดอื่น เพื่อทำเป็นถุงบรรจุอาหารที่ต้องการรักษากลิ่น และรสชาติเช่น กาแฟ เนย และเนื้อแปรรูป ซึ่งนิยมใช้ทั้งแบบสุญญากาศ (vacuum pack) และแบบธรรมดา

การใช้พลาสติกกับการเก็บรักษามะม่วง สามารถเก็บรักษาได้ดีในมะม่วงหลายพันธุ์ นอกจากช่วยในการป้องกันการสูญเสียน้ำแล้วยังช่วยรักษาลักษณะที่ปรากฏภายนอกของผลิตผลให้ยังคงความเหมือนสด (Hall *et al.,* 1975) Miller *et al.* (1983) ได้ทดลองเก็บรักษามะม่วงพันธุ์ Tommy Atkin โดยห่อด้วยพลาสติกฟิล์มที่มีความหนาต่างๆ กันคือ 0.01, 0.013, 0.025 มิลลิเมตร แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 14 วัน จากนั้นนำมาบ่มให้สุกที่อุณหภูมิ 21 องศาเซลเซียส พบว่าผลมะม่วงมีการสูญเสียน้ำหนักน้อยกว่า ผิวมีสีเขียวกว่า และมีความแน่นเนื้อสูงกว่าชุดควบคุม ส่วนการเก็บรักษามะม่วงพันธุ์เขียวเสวยและพันธุ์แรด โดยการเก็บรักษาในถุงพลาสติก (ไม่ระบุชนิด) ที่อุณหภูมิ 10±2 องศาเซลเซียส เก็บรักษาได้เป็นเวลา 21 วัน ซึ่งเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลานานกว่านี้จะทำให้มะม่วงเกิดกลิ่นรสที่ผิดปกติ (ดาราและคณะ, 2539) ซึ่งภานุมาศ (2530) รายงานว่าการห่อด้วยผลมะม่วงพันธุ์เขียวเสวยด้วยแผ่นพลาสติกชนิดต่างๆ จะช่วยชะลอการเหี่ยว และการสูญเสียน้ำหนักได้ดีกว่าชุดควบคุม โดยการห่อผลด้วยพลาสติกชนิดพอลิเอทิลีนช่วยลดการสูญเสียน้ำหนักผลมะม่วงพันธุ์เขียวเสวยได้ดีที่สุด คือเมื่อเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 12 วัน มีการสูญเสียน้ำหนัก 1.95 เปอร์เซ็นต์ และผลมะม่วงที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วัน มีการสูญเสียน้ำหนักเพียง 1.1 เปอร์เซ็นต์ จากรายงานของ จินดาและคณะ (2530) พบว่าการใช้พลาสติกฟิล์มชนิดพอลิเอทิลีนห่อผลมะม่วงพันธุ์งาแล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส สามารถเก็บรักษาได้เป็นเวลา 30 วัน โดยกลิ่นและรสชาติของผลยังปกติ Chaplin *et al.* (1982) ได้ทดลองเก็บรักษามะม่วงพันธุ์ Kensington ในถุงพลาสติกชนิดพอลิเอทิลีน ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส พบว่า มีระดับคาร์บอนไดออกไซด์ ประมาณ 20 เปอร์เซ็นต์ และออกซิเจน ประมาณ 5 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งสามารถเก็บรักษามะม่วงได้นานกว่าชุดควบคุม 3 วัน

ข้อจำกัดเรื่องการซึมผ่านของก๊าซทำให้เกิดปัญหาระหว่างการเก็บรักษา จึงมีการทดลองเจาะรูที่ถุงพลาสติกที่ห่อหุ้มผลไม้โดย Grantly *et al.* (1982) ทดลองเก็บรักษามะม่วงในถุงพลาสติกชนิดพอลิเอทิลีนที่ปิดสนิทและเจาะรู ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส พบว่า ในผลมะม่วงในถุงพลาสติกที่ปิดสนิทเมื่อนำมาทำให้สุกจะมีกลิ่นรสและสีที่ผิดปกติ ส่วนชุดที่เจาะรูผลจะสุกได้อย่างปกติไม่แตกต่างจากชุดควบคุม Bhullar *et al.* (1984) เก็บรักษามะม่วงพันธุ์ Langra และ Dusehri ในถุงพลาสติกชนิดพอลิเอทิลีนที่เจาะรูและเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง (26-34 องศาเซลเซียส)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เป็นเวลา 12 วัน พบว่าผลสุกมีคุณภาพดีมากกว่าในชุดควบคุม Leong and Lee (1982) ทำการศึกษามะม่วงพันธุ์ Apple โดยบรรจุในถุงพอลิเอทิลีน และพอลิเอทิลีนที่มีการเจาะรู 8 รู เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน แล้วนำมาทำให้สุกที่อุณหภูมิ 22 องศาเซลเซียส พบว่ามะม่วงที่อยู่ในถุงพอลิเอทิลีนที่ไม่เจาะรู จะมีการนิ่มหลังจากเก็บรักษาได้ 6 วัน โดยที่ผิวยังคงมีสีเขียว เนื้อภายในและมีรสชาติที่ผิดปกติ มีระดับคาร์บอนไดออกไซด์ 6-22 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่มะม่วงที่อยู่ในถุงพอลิเอทิลีน ที่มีการเจาะรู 8 รู มีระดับของคาร์บอนไดออกไซด์ 7-12 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีการสุกอย่างปกติ และมีการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำตาลและกรดช้ากว่าชุดควบคุม Emond and Chau (1990) ศึกษาเกี่ยวกับอิทธิพลความหนาของฟิล์มและการเจาะรูบนฟิล์มที่ห่อหุ้ม บรอคโคลีและสตอเบอร์รี พบว่ารูมีอิทธิพลต่อการแพร่ผ่านของก๊าซมากกว่าความหนาของฟิล์ม รูที่ขนาดต่างกัน สามารถทำให้เกิดระดับของการสะสมคาร์บอนไดออกไซด์ที่แตกต่างกัน Emond and Chau (1990) ได้สรุปผลอันเนื่องมาจากการใช้ฟิล์มเจาะรูดังนี้ ประโยชน์ของการเจาะรูได้แก่ ช่วยเพิ่ม permeability ให้กับฟิล์มได้มากในกรณีที่มีพื้นที่ผิวน้อย และ permeability ก็ไม่ถูกจำกัดด้วย water condensation นอกจากนี้การเจาะรูยังเป็นการช่วยทำให้ความดันภายในภาชนะเท่ากับความดันบรรยากาศ อันจะทำให้ลดการกระทบกระเทือนของผลิตผลได้เล็กน้อย สำหรับปัญหาของการเจาะรูมีดังนี้ คือ การเจาะรู 2 รู ไม่ได้ทำให้เกิดผลต่างๆ เป็น 2 เท่า ของการเจาะรู 1 รู และการแลกเปลี่ยนของก๊าซภายในภาชนะมักไม่ทั่วถึงกัน จะเปลี่ยนแปลงบริเวณใกล้ๆ รูมากกว่าส่วนอื่นๆ Watkins and Thomson (1992) ทำการทดลองเก็บแอปเปิล พันธุ์ Cox's Orange pippin โดยเก็บในถุงพลาสติกพอลิเอทิลีน ที่มีการเจาะรูขนาดเล็ก และถุงทั่วไปที่ไม่มีรูไว้ที่อุณหภูมิ 1 และ 3 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 และ 16 สัปดาห์ พบว่าแอปเปิลชุดที่บรรจุในถุงพอลิเอทิลีน ที่มีการเจาะรูสามารถรักษาความเขียวสดและความแน่นเนื้อไว้ได้ดีกว่าถุงทั่วไปและชุดควบคุม และยังพบว่า การเก็บรักษาในพลาสติกชนิดพอลิเอทิลีนเจาะรูแบบนี้จะใช้ได้ผลดีในการเก็บรักษาระยะสั้น

Illeperuma and Jayasuriya (2002) พบว่ามะม่วงพันธุ์ Karuthacolomban ที่บรรจุในถุง LDPE แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส สามารถยืดการสุกได้จาก 16 เป็น 21 วัน โดยคุณภาพของผลเมื่อสุกไม่แตกต่างจากชุดควบคุม และจากรายงานของ Rodov *et al.* (1996) พบว่าการห่อผลมะม่วงพันธุ์ Tommy Atkins ด้วยฟิล์มพลาสติกชนิด PE สามารถช่วยชะลอการสุก การเน่าเสีย การเหี่ยว และการสูญเสียน้ำหนักของผลมะม่วงได้เป็นอย่างดี เช่นเดียวกับ Vidigal di Castro *et al.* (2004) พบว่าการเก็บรักษามะม่วงพันธุ์ Tommy Atkins ด้วยถุงพลาสติกชนิด LDPE ที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส สามารถเก็บรักษาได้เป็นเวลา 21 วัน โดยสามารถช่วยชะลอการสูญเสียน้ำหนักและรักษาคุณภาพของผล และจากรายงานของ Galvis *et al.* (2005) พบว่าการเก็บรักษามะม่วงพันธุ์ Van Dyke ในบรรจุภัณฑ์ชนิด LDPE สามารถช่วยยืดอายุการเก็บรักษาของผลมะม่วงได้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

โดยช่วยชะลอการสุก และป้องกันการสูญเสียน้ำหนัก อีกทั้ง Keawphet *et al.* (2003) พบว่า มะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เมื่อเก็บรักษาในฟิล์มพลาสติกชนิด LLDPE สามารถช่วยป้องกันการสูญเสียน้ำหนักได้ดีเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส และยังช่วยป้องกันการเกิดอาการสะท้านหนาวของผลมะม่วงได้เมื่อเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 7 องศาเซลเซียส ส่วนฟิล์มพอลิเอไมด์ ที่มีชื่อทางการค้าคือ ไนลอน ซึ่งมักจะนิยมนำมาใช้เป็นถุงบรรจุอาหารที่ต้องการรักษากลิ่น และรสชาติ (ยงยุทธ, 2548) แต่ปัจจุบันได้เริ่มมีการพัฒนานำมาใช้เก็บรักษาผลิตผลสดดังรายงานของวิลาวัลย์และจำนงค์ (2552) พบว่าการเก็บรักษาผลมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองในบรรจุภัณฑ์ชนิดพอลิเอไมด์ สามารถยืดอายุการเก็บรักษาผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองได้เป็นเวลา 28 วัน ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส แต่เนื่องจากฟิล์มพลาสติกชนิด พอลิเอไมด์มีคุณสมบัติในการป้องกันการผ่านเข้าออกของก๊าซได้ดีมาก (ยงยุทธ, 2548) ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการเจาะรูบรรจุภัณฑ์เพื่อช่วยสร้างสภาพบรรยากาศดัดแปลงที่เหมาะสมต่อการยืดอายุการเก็บรักษาผลิตผล

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved