บทที่ 2
การตรวจเอกสาร

2.1 ลักษณะทั่วไปของมะม่วง

มะม่วง (*Mangifera indica* L.) เป็นไม้ผลเขตร้อนไม่ผลัดใบ อยู่ในวงศ์ Anacardiaceae มีแหล่งกำเนิดในอินเดียและพม่า (Mukherjee, 1967) และประเทศในแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ได้แก่ ไทย พม่า และมาเลเซีย (Salunkle and Desai, 1984)

2.1.1 มะม่วงพันธุ์โชคอนันต์

ลักษณะประจำพันธุ์

มะม่วงพันธุ์โชคอนันต์มีลักษณะทรงพุ่มต้นขนาดปานกลาง ลักษณะเปลือกลำต้นเรียบ รูปร่างของใบป้อมกลางใบ (elliptical) ปลายใบขอบเรียว ฐานใบแหลม ขอบใบเป็นคลื่น (undulate) ทรงผลรูปไข่กลับ (obviate) รูปหน้าตัดทรงผลตามขวางป้อมรี ความลึกของฐานผลตื้น มีจุกทรงผล (prominence of neck) ทรงไหล่ด้านท้องผลกลมกว้าง ทรงผลด้านหลังผลไหล่ลาดลง 45 องศา ไม่มีร่องฐานผล มีรอยเว้าด้านท้องผล (sinus) ไม่มีนอไหล่ขวาของทรงผล และไม่มีจะงอย (beak) (http://www.disc.doa.go.th/ mango/ detail.php?p_id=47)

ลักษณะทางการเกษตร (agricultural descriptor)

มะม่วงพันธุ์โชคอนันต์ออกดอกมาก ติดผลปานกลาง ผลผลิตต่อต้นเมื่ออายุ 10 ปี ประมาณ 400 ผล อายุการเก็บเกี่ยวของมะม่วงประมาณ 110-120 วัน ทั้งในฤดูการผลิตและนอกฤดูกาล ความยาวผล 11.12 เซนติเมตร ความกว้างผล 6.25 เซนติเมตร ความหนาผล 5.39 เซนติเมตร น้ำหนักผลเฉลี่ยประมาณ 209 กรัม ความหนาเปลือก 0.01 เซนติเมตร สีเปลือกผลดิบ YGG 144 A สีเนื้อผลดิบ YO 22 A กลิ่นของเนื้อมีกลิ่นอ่อน ความหนาเนื้อ 2.95 เซนติเมตร ปริมาณเส้นใยในเนื้อปานกลาง ปริมาณน้ำในเนื้อ (fruit juiciness) มีมาก ผลดิบมีรสชาติเปรี้ยว สีเปลือกผลสุก YO 21 C ผลสุกมีรสชาติหวาน ความหวานเนื้อ 20 องศาบริกซ์ ความกว้างของเมล็ด 3.35 เซนติเมตร ความยาวของเมล็ด 8.94 เซนติเมตร ความหนาของเมล็ด 1.93 เซนติเมตร น้ำหนักของเมล็ด 29 กรัม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

(http://www.disc.doa.go.th/ mango/ detail.php?p_id=47) อายุการเก็บเกี่ยวผลอยู่ระหว่าง 110–120 วันนับจากวันดอกบานเต็มที่ สามารถปลูกได้ทั่วทุกภาคของประเทศ (ศิวพร, 2539) ลักษณะเด่นของมะม่วงพันธุ์นี้คือ มีกลิ่นหอมเฉพาะตัวและสามารถผลิตนอกฤดูได้ดี เพราะสามารถบังคับให้ออกดอกได้ง่าย (กาญจนา, 2543)

2.1.2 มะม่วงพันธุ์มหาชนก

ลักษณะประจำพันธุ์

มะม่วงพันธุ์มหาชนกเกิดจากการผสมข้ามพันธุ์ระหว่างมะม่วงพันธุ์ *Sunset* กับมะม่วงพันธุ์หนังกลางวัน เป็นการนำลักษณะที่ดีของมะม่วงแต่ละพันธุ์มาไว้ในมะม่วงพันธุ์มหาชนก มะม่วงพันธุ์ *Sunset* นั้นมีผลขนาดเล็ก ค่อนข้างกลม เมื่อผลสุกเปลือกมีสีเหลืองแดงสดและติดผลดกเป็นพวง ซึ่งเป็นมะม่วงกลุ่มพันธุ์อินเดีย (Indian type) ส่วนมะม่วงพันธุ์หนังกลางวันเป็นมะม่วงพันธุ์อินโดจีน (Indochinese type) ผลมะม่วงสุกมีสีเหลืองอ่อน เนื้อมะม่วงเหลืองซีด (เดช ทิวทอง, 2542)

มะม่วงพันธุ์มหาชนกมีลักษณะทรงพุ่มต้นโปร่ง ลักษณะเปลือกลำต้นเรียบ การเลื้อยของกิ่งเป็นกิ่งแตกออกด้านข้าง รูปร่างของใบยาวเรียว ปลายใบเรียวแหลม ฐานใบมน ขอบใบเป็นคลื่นทรงผล ขอบขนาน ความลึกของฐานผลตื้น ไม่มีจุกทรงผลทรงผลด้านหลังผล ไหล่ลาดลง 45 องศา ไม่มีร่องฐานผล มีรอยเว้าด้านท้องผล มีนอที่ไหล่ขวาและมีจะงอย (http://www.disc. doa.go.th/ mango/detail.php?p_id=115)

ลักษณะทางการเกษตร (agricultural descriptor)

ผลของมะม่วงพันธุ์มหาชนกมีขนาดปานกลาง มีน้ำหนักผลประมาณ 350 – 500 กรัม ผลอ่อนเปลือกมีสีเขียวอ่อน เปลือกมีความหนา 0.14 เซนติเมตร เนื้อเรียบ เมื่อผลแก่และสุกเปลือกจะเปลี่ยนเป็นสีเหลืองส้มถึงส้มปนสีแดง การเปลี่ยนสีผิวจะผันแปรตามสภาพแวดล้อม โดยเฉพาะอุณหภูมิและแสงแดด เมื่อผลสุกเนื้อภายในมีสีเหลืองทอง เนื้อละเอียดและแน่น เส้นใยในเนื้อมีน้อย มีปริมาณน้ำในเนื้อปานกลาง มีรสหวานอมเปรี้ยว และเมื่อผลสุกงอมจะมีรสหวานสนิท เนื้อมีกลิ่นแรง และเป็นกลิ่นหอมเฉพาะตัว มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ประมาณ 18 – 23 % (เดช ทิวทอง, 2542 และ http://www.disc. doa.go.th/ mango/detail.php?p_id=115)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

2.2 ดัชนีการเก็บเกี่ยวผลมะม่วง

อายุการเก็บเกี่ยวที่เหมาะสมของผลมะม่วงมีความผันแปรแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง เช่น แหล่งที่ปลูก ฤดูกาลที่มะม่วงติดดอกและผล การให้ปุ๋ย ความชื้น การใช้สารเคมีรวมไป

ถึงตำแหน่งของผลบนกิ่ง เป็นต้น (วิจิตร, 2529) ปัจจัยต่างๆ เหล่านี้ส่งผลกับคุณภาพทั้งภายในและภายนอกของผลมะม่วงได้

สายชล (2528) ได้จำแนกความแก่ของผลิตผลเป็นความแก่ทางสรีรวิทยา (physiological maturity) หมายถึง ช่วงที่ผลไม้มีการพัฒนาสูงสุด ผลไม้สุกเต็มที่ ซึ่งความแก่ลักษณะนี้มักจะตามมาด้วยการเสื่อมสลาย (senescence) และความแก่ทางการค้า (commercial maturity) ซึ่งหมายถึงผลผลิตที่เจริญเติบโตถึงระยะหนึ่งที่ตลาดมีความต้องการ โดยความแก่ทางการค้าอาจไม่มีความสัมพันธ์กับความแก่ทางสรีรวิทยา เนื่องจากอาจอยู่ในระยะที่แก่พอดี แก่จัดเกือบสุก หรือสุก

ดัชนีความบริบูรณ์ที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบันมีมากมายหลายวิธี แต่ไม่มีวิธีใดที่มีคุณสมบัติครบถ้วน โดยทั่วไปเกษตรกรจึงใช้ดัชนีหลายอย่างประกอบการตัดสินใจในการเก็บเกี่ยว วิธีต่างๆ นี้แยกได้เป็นกลุ่มใหญ่ๆ 4 กลุ่ม คือ การนับระยะเวลา วัดการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ วัดการเปลี่ยนแปลงทางเคมี และวัดการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยา

2.2.1 การนับระยะเวลา

การนับระยะเวลาจากจุดเริ่มต้นของการเจริญเติบโตของผลไม้ สามารถนำมาใช้เป็นดัชนีความบริบูรณ์ได้ ข้อดีสำหรับวิธีนี้คือ สามารถคาดคะเนล่วงหน้าได้นานว่าจะเก็บเกี่ยวเมื่อไร อย่างไรก็ตาม การเจริญเติบโตของพืชยังขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและสภาพแวดล้อมเป็นสำคัญ เช่น ผลมะม่วงพันธุ์มหาชนกสามารถเก็บเกี่ยวได้ตั้งแต่อายุ ระหว่าง 112 –135 วัน นับจากวันดอกบานเต็มที่ (สรรพมงคล, 2545)

2.2.2 การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ

ระหว่างการเจริญเติบโตของพืชมีการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพหลายอย่างที่สามารถชี้บ่งถึงความบริบูรณ์ได้ เช่น

สี การเปลี่ยนแปลงสีเปลือกของผลไม้เป็นดัชนีความบริบูรณ์ตามธรรมชาติที่เห็นได้ชัดเจน ซึ่งมักเกิดเมื่อผลไม้เริ่มเข้าสู่กระบวนการสุกแล้ว ส่วนใหญ่จะเป็นผลไม้ที่มีอายุการเก็บรักษาสั้น แต่สำหรับผลไม้ประเภท non-climacteric บางชนิด เช่น ส้ม และสับปะรด การเปลี่ยนสีจะขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมด้วย ดังนั้นการสังเกตสีจึงต้องขึ้นอยู่กับฤดูกาลด้วย (จริงแท้, 2544)

ความแน่นเนื้อ ผลไม้ส่วนใหญ่เมื่อผลยังอ่อนเนื้อจะมีลักษณะเนื้อแข็งมาก แต่เมื่อใกล้ความบริบูรณ์เนื้อเริ่มอ่อนตัวลงและอ่อนตัวมากเมื่อผลสุก เช่นผลมะม่วงพันธุ์มหาชนกจะสามารถเก็บเกี่ยวได้เมื่อผลมีความแน่นเนื้ออยู่ระหว่าง 23.0-24.2 กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร (สรรพมงคล, 2545)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ความถ่วงจำเพาะ การเจริญเติบโตของผลไม้มักเริ่มต้นด้วยการขยายขนาดของเซลล์ จนถึงระยะหนึ่งจึงเริ่มมีการสะสมอาหารในรูปต่างๆ เช่น น้ำตาลและสตาร์ช ซึ่งถูกลำเลียงมาสะสมในผลมากขึ้น ทำให้น้ำหนักแห้งของผลเพิ่มสูงขึ้น จึงทำให้ค่าความถ่วงจำเพาะของผลสูงขึ้น สามารถใช้เป็นดัชนีการเก็บเกี่ยวได้ เช่น ค่าความถ่วงจำเพาะของผลมะม่วงพันธุ์ Alphonso สามารถเก็บเกี่ยวได้เมื่อมีความถ่วงจำเพาะ1.00-1.02 (Subramanyam *et al.*, 1976) มะม่วงพันธุ์มหาชนกที่สามารถเก็บเกี่ยวได้เมื่อมีความถ่วงจำเพาะมากกว่า 1.005 (สรรพมงคล, 2545)

2.2.3 การเปลี่ยนแปลงส่วนประกอบทางเคมี

สตาร์ช ผลไม้หลายชนิดสะสมอาหารในรูปของสตาร์ชเช่นเดียวกับในพืชหัว ปริมาณสตาร์ชที่พืชสะสมจึงเป็นดัชนีของความบริบูรณ์ได้ เช่น สตาร์ชที่สะสมอยู่ในผลมะม่วงควรมีค่าอยู่ประมาณ 21.0 - 23.0 เปอร์เซ็นต์ เมื่อจะทำการเก็บเกี่ยวผลมะม่วงพันธุ์มหาชนก (สรรพมงคล, 2545)

น้ำตาล ผลไม้หลายชนิดสะสมอาหารในรูปของน้ำตาลเป็นส่วนใหญ่ โดยยิ่งมีวัยมากขึ้นปริมาณน้ำตาลในผลยิ่งเพิ่มขึ้น จึงใช้เป็นดัชนีการเก็บเกี่ยวที่ดี แต่ในผลไม้ประเภท climacteric ซึ่งสะสมอาหารในรูปสตาร์ชแล้วเปลี่ยนเป็นน้ำตาลในระหว่างการสุก การวัดน้ำตาลในผลไม้ประเภทนี้จึงเหมาะสำหรับการวิเคราะห์ทางคุณภาพ (สรรพมงคล, 2545)

กรดอินทรีย์ ผลไม้ส่วนใหญ่เมื่ออ่อนจะมีรสเปรี้ยวเนื่องจากการสะสมของกรดอินทรีย์ชนิดต่างๆ เมื่อผลพัฒนาเข้าสู่ความบริบูรณ์ปริมาณกรดอินทรีย์จะลดลง ซึ่งสามารถใช้เป็นดัชนีของการเก็บเกี่ยวผลผลิตได้ เช่น ผลมะม่วงพันธุ์มหาชนกที่เก็บเกี่ยวมีเปอร์เซ็นต์กรดที่สามารถไตเตรทได้ อยู่ระหว่าง 1.66–1.67 เปอร์เซ็นต์ในรูปกรดซิตริก (สรรพมงคล, 2545)

2.2.4 การเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยา

เมแทบอลิซึมของผักและผลไม้ที่มีวัยต่างกันย่อมแตกต่าง ที่เห็นได้ชัดเจนได้แก่ ผลไม้ประเภท climacteric เมื่อผลบริบูรณ์มีการสร้างเอทธิลีนและมีการหายใจสูงขึ้น ลักษณะการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยานี้ได้ถูกนำมาใช้ประโยชน์ เช่น เมื่อจะเก็บเกี่ยวผลมะม่วงพันธุ์มหาชนก ผลควรมีอัตราการหายใจต่ำกว่าหรือเท่ากับ 85.5 มิลลิกรัม/กิโลกรัม/ชั่วโมง (สรรพมงคล, 2545)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

2.3 การสุกของมะม่วง

ผลมะม่วงจัดเป็นผลไม้ประเภท climacteric fruit คือมีอัตราการหายใจเพิ่มสูงขึ้นเมื่อผลไม้เริ่มสุกดังแสดงในรูปที่ 2.1 และรูปที่ 2.2 ในระหว่างกระบวนการสุกจะมีปัจจัยที่สำคัญ ได้แก่ มีการสร้างเอทธิลีนเพิ่มมากขึ้นของผลไม้กลุ่ม climacteric ดังนั้น ผลมะม่วงที่สุกจะมีการสร้างเอทธิลีนที่สูง

การบ่มผลไม้เป็นการเร่งอัตราการสุกให้เกิดเร็วขึ้น ในทางการค้าจะบ่มผลไม้ให้สุกเร็วขึ้นโดยใช้แคลเซียมคาร์ไบด์ ประมาณ 10 กรัมต่อผลไม้ 3-5 กิโลกรัม ความชื้นจากผลไม้จะทำปฏิกิริยากับแคลเซียมคาร์ไบด์ ได้เป็นก๊าซอะเซทิลีนดังแสดงในสมการ ซึ่งก๊าซนี้มีคุณสมบัติเร่งการสุกของผลไม้ได้และไม่มีอันตรายต่อผู้บริโภค แต่ถ้าใช้มากเกินไปอาจทำให้มีกลิ่นติดมาได้ (จริงแท้, 2544)

สมการแสดงปฏิกิริยาของน้ำและแคลเซียมคาร์ไบด์

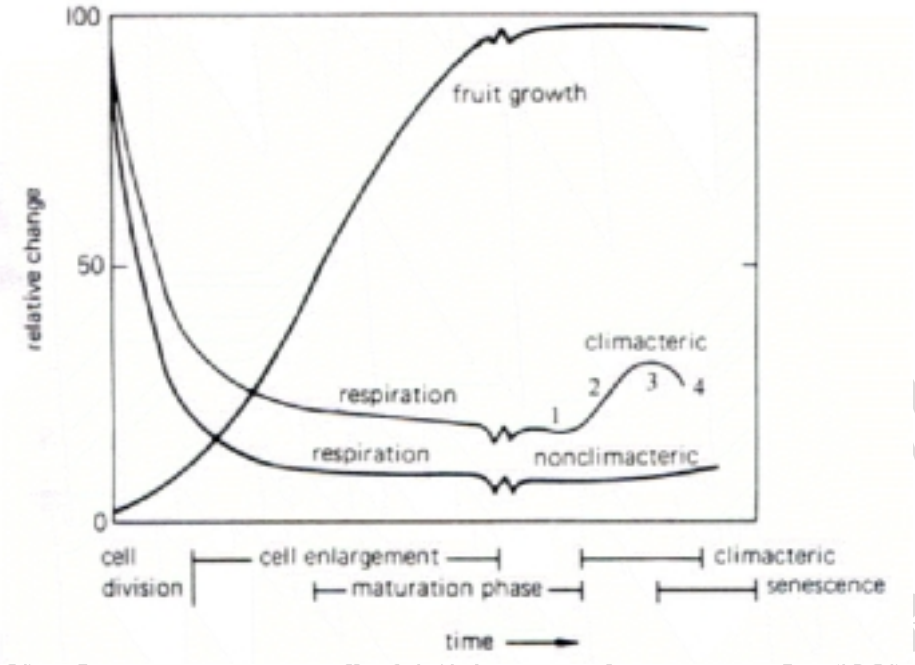
$$\underset{\text{(Calcium carbide)}}{CaC_2(s)} + 2H_2O\,(l) \longrightarrow Ca(OH)_2 + \underset{\text{(acetylene)}}{C_2H_2\,(g)}$$

ปริมาณของก๊าซอะเซทิลีน 0.1% หรือ 1000 ส่วนต่อล้านส่วน สามารถเร่งการสุกของผลไม้ได้โดยเทียบเท่ากับก๊าซเอทธิลีน 0.01% หรือ 100 ส่วนต่อล้านส่วน (http://www.fintrac.com/ indoag/ phguides/ fintrac/ mango.htm)

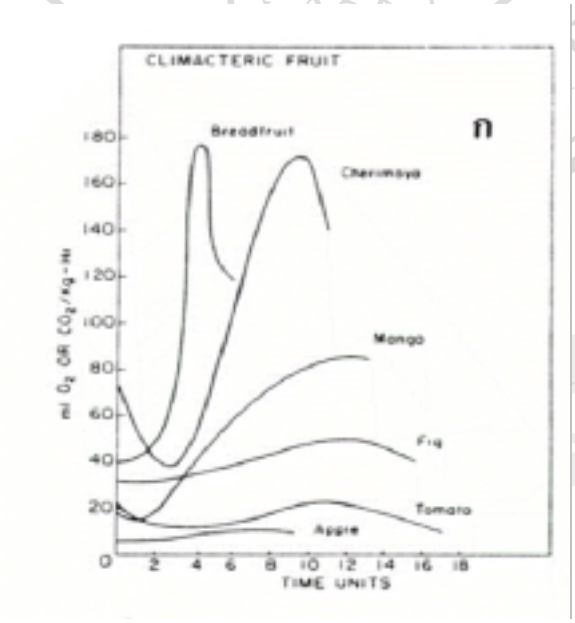
ก๊าซเอทธิลีน เป็นฮอร์โมนพืช ที่ควบคุมการสุกของผลไม้ ผลไม้กลุ่ม climacteric ขณะที่ผลแก่และดิบจะมีการสังเคราะห์เอทธิลีนน้อยมาก และเมื่อผลไม้จะเริ่มมีกระบวนการสุกต่างๆ เกิดขึ้น พบว่า ความเข้มข้นของเอทธิลีนภายในเนื้อเยื่อของผลไม้จะเพิ่มขึ้นถึงจุดหนึ่ง (threshold value) หลังจากนั้นกระบวนการสุกต่างๆ ของผลไม้ จึงเกิดขึ้นติดตามมา (กนกมณฑล, 2527)

ผลไม้กลุ่ม non-climacteric แม้จะมีการสังเคราะห์เอทธิลีนน้อยมากระหว่างการสุกแต่เอทธิลีนความเข้มข้นสูงที่ให้จากภายนอก ก็สามารถช่วยให้ผลไม้เปลี่ยนสีและเนื้ออ่อนนุ่มลงได้เช่นกัน แต่การเปลี่ยนแปลงทางเคมีและรสชาติจะไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงเหมือนในผลไม้กลุ่ม climacteric (อรรณพ, 2532)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved



รูปที่ 2.1 เปรียบเทียบอัตราการหายใจของผลไม้ประเภท climacteric และ non- climacteric ในช่วงของการเจริญเติบโตระยะต่างๆ (จริงแท้, 2544)



รูปที่ 2.2 อัตราการหายใจของผลไม้ชนิดต่างๆ ของประเภท climacteric (จริงแท้, 2544)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ในระหว่างการสุกของผลไม้บางชนิดมักมีอัตราการหายใจเพิ่มสูงขึ้นอย่างชัดเจน การเพิ่มสูงขึ้นของอัตราการหายใจนี้ เรียกว่า climacteric ซึ่งมีการเปลี่ยนแปลง 4 ขั้นด้วยกันคือ (1) pre-climacteric (2) climacteric rise (3) climacteric peak (4) post-climacteric โดยการเพิ่มขึ้นของอัตราการหายใจเกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงต่างๆ มากทั้งที่เป็นกระบวนการสร้าง (anabolic process) เช่น การสร้างสารสี (pigmentation) และกระบวนการทำลาย (catabolic process) เช่น การเปลี่ยนแปลงสตาร์ชเป็นน้ำตาล กระบวนการต่างๆ เหล่านี้ต้องมีการสร้างโปรตีนหรือเอนไซม์ชนิดใหม่ๆ ขึ้นมาเพื่อเร่งปฏิกิริยาในกระบวนการนั้นๆ การหายใจแบบ climacteric นี้มีความสัมพันธ์กับการสุกของผลไม้และการผลิตก๊าซเอทธิลีนเป็นอย่างมาก (จริงแท้, 2544)

กระบวนการสุกของผลไม้เกิดขึ้นได้ทั้งในขณะที่ผลติดอยู่บนต้น หรือภายหลังจากที่เก็บเกี่ยวออกจากต้นแล้วก็ได้ ซึ่งประกอบด้วยการเปลี่ยนแปลงหลายอย่าง เช่น การเปลี่ยนสีผิว สีเนื้อ การอ่อนตัวของเนื้อผลไม้ การพัฒนากลิ่นและรสชาติ และการเปลี่ยนแปลงบางอย่างที่เกิดขึ้นในผลไม้หลายชนิดคล้ายๆ กัน เช่น มีรสหวานมากขึ้น ปริมาณสตาร์ชลดลง ปริมาณกรดลดลง พร้อมทั้งมีเนื้ออ่อนนุ่มขึ้นเหมาะต่อการบริโภค (อรรณพ, 2532)

การเปลี่ยนสี การเปลี่ยนแปลงโดยทั่วไป ส่วนใหญ่เป็นการสูญเสียสีเขียวที่เปลือกผลไม้เมื่อผลสุกโดยมีการสลายตัวของรงควัตถุพวกคลอโรฟิลล์พร้อมๆ กับการปรากฏของสีเหลือง ส้ม แดง และสีอื่นๆ ซึ่งเป็นรงควัตถุพวกแคโรทีนอยด์และแอนโทไซยานิน

ผลการศึกษาเปรียบเทียบปริมาณรงควัตถุคลอโรฟิลล์และแคโรทีนอยด์ ซึ่งเป็นรงควัตถุหลักของสีผลไม้ในขณะผลดิบและผลสุกในมะม่วงพันธุ์ต่างๆ พบว่าแตกต่างกัน โดยในผลพันธุ์ Kent ปริมาณคลอโรฟิลล์เอและบีมีแนวโน้มลดลงอยู่จาก 0.16 เป็น 0.08 และจาก 0.11 เป็น 0.06 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสดตามลำดับ ส่วนปริมาณเบต้า-แคโรทีนมีการเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาของการพัฒนาผล คือมีค่าเฉลี่ยสูงสุดอยู่ในช่วง 0.16-0.43 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด (ดิศร, 2541) ส่วนมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้พบว่าปริมาณคลอโรฟิลล์ลดลงเล็กน้อย คือ มีค่าอยู่ในช่วง 7.5-5.0 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด ส่วนปริมาณเบต้า-แคโรทีนมีค่าเพิ่มสูงขึ้นอยู่ในช่วง 0.45-2.00 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด

การอ่อนนิ่มของผลไม้ การวัดค่าการอ่อนนิ่มของผลไม้ เป็นค่าความแน่นเนื้อของผลไม้ที่ลดต่ำลง การอ่อนนิ่มมักเกิดจากการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างหรือส่วนประกอบทางเคมีที่เป็นพวกพอลิแซ็กคาไรด์ของผนังเซลล์ชั้นต้น (primary cell wall) และชั้น middle lamella ซึ่งสารประกอบเหล่านี้ ได้แก่ เพกติน เฮมิเซลลูโลส และเซลลูโลส จากส่วนประกอบหลักๆ ของผนังเซลล์ดังกล่าวมานี้พบว่าเซลลูโลสเป็นโครงสร้างแกนหลัก โดยฝังตัวอยู่ใน matrix ที่มีเพกตินเชื่อมต่อกับเฮมิเซลลูโลส โดยบางโมเลกุลของเพกตินจะสร้าง calcium-bridge เพื่อยึดเกาะโมเลกุลของเพกตินให้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

เกาะกันแน่นยิ่งขึ้น (Keegstra *et al.*, 1973) เมื่อผลสุกความแน่นเนื้อของผลจะลดลง เนื่องจากเพกตินเกิดปฏิกิริยา methylation ซึ่งมีผลยับยั้งการจับตัวของ Ca^{2+} ที่จะสร้าง calcium-bridge ระหว่าง carboxylic groups ของ polygalacturonic acid (กนกมณฑล, 2526) การเปลี่ยนแปลงความแน่นเนื้อจะมีการเปลี่ยนแปลงตั้งแต่ชั้นมีโซคาร์บด้านใน (inner mesocarp) ของผลมะม่วงออกสู่ชั้นมีโซคาร์บด้านนอก (outer mesocarp) (Lazan *et al.*, 1993) ซึ่งเป็นผลมาเอนไซม์ pectinesterase (PE) ที่พบมากในผลดิบและเอนไซม์ polygalacturonase (PG) ซึ่งส่วนใหญ่พบในระยะการสุกของผลมะม่วง (Gomez-Lim, 1993) ผลการศึกษาในผลมะม่วงพันธุ์ Alphonso พบว่าในระหว่างการสุกมีปริมาณเพกติน เซลลูโลส และสตาร์ชลดลง ในขณะที่ปริมาณน้ำตาลที่เป็น soluble sugars และ reducing sugars ที่เกิดจากการสลายตัวของพอลิแซ็กคาไรด์เพิ่มขึ้น โดยสอดคล้องกับความแน่นเนื้อของผลที่ลดลง (Bhagyalakshim *et al.*, 2000)

การเปลี่ยนแปลงด้านรสชาติ ระหว่างการสุกของผลไม้ส่วนใหญ่ปริมาณกรดลดลงและปริมาณน้ำตาลเพิ่มขึ้น สารที่ทำให้รสชาติของผลไม้แต่ละชนิดมีลักษณะเด่นเฉพาะตัว นอกจากนี้ระหว่างการสุกของผลไม้ยังมีสารให้กลิ่น (aroma) ซึ่งประกอบด้วยสารที่ระเหยได้ (volatile) และน้ำมันหอมระเหย แต่สารเหล่านี้มีอยู่ในปริมาณเล็กน้อยเท่านั้น กลิ่นเฉพาะของผลไม้แต่ละชนิดมักเกิดจากการรวมตัวของสารหลายๆ ชนิดเข้าด้วยกัน การเปลี่ยนแปลงส่วนประกอบทางเคมีของผลมะม่วงนี้ก็คล้ายกับผลไม้ประเภท climacteric ทั่วไป คือ ในขณะผลดิบจะมีสตาร์ชสะสมอยู่ในผลมากแต่เมื่อผลสุกสตาร์ชจะถูกเปลี่ยนไปอยู่ในรูปของน้ำตาลและปริมาณกรดลดลง ทำให้ผลไม้มีรสหวานและมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้เพิ่มขึ้น (ศิวพร, 2539)

การเปลี่ยนแปลงทางเคมีอื่นๆ ในการสุกของผลไม้ยังไม่มีการเปลี่ยนแปลงสารประกอบทางเคมีอื่นๆ เช่น การสังเคราะห์โปรตีน การเปลี่ยนแปลงปริมาณไขมัน วิตามิน กรดอะมิโน เอนไซม์ และสารอื่นๆ

กรดอินทรีย์ที่พบมากในผลมะม่วงคือ กรดซิตริก รองลงมาคือกรดมาลิก ไกลโคลิก ทาร์ทาลิก และออกซาลิก ซึ่งมีปริมาณฝันแปร ไม่แน่นอนแล้วแต่สายพันธุ์ของมะม่วง (Sashirekha and Patwardham, 1976) จากการศึกษาปริมาณกรดในเนื้อและเปลือกพบว่าปริมาณกรดในเนื้อมีสูงกว่าในเปลือก (Laskshminarayana *et al.*, 1970) ผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เมื่อผลสุกปริมาณกรดที่สามารถไตเตรทได้ลดลงจากวันแรกซึ่งมีค่าเท่ากับ 1.2% ลดลงมาเป็น 0.34% ในวันที่ 8 ของการสุก ซึ่งการเปลี่ยนแปลงนี้มีผลทำให้รสชาติของผลมะม่วงเปลี่ยนไป โดยเมื่อผลสุกจะมีรสเปรี้ยวจากกรดลดลงมาก (สุกันยา, 2539) ในมะม่วงพันธุ์ Kent ปริมาณกรดที่สามารถไตเตรทได้ลดลงมีค่าอยู่ในช่าง 1.0-2.6% (ดิศร, 2541)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ต่างกันออกไป เช่นในมะม่วงพันธุ์เขียวเสวยสุกมีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้สูงสุดเท่ากับ 12.15% พันธุ์ทองคำมีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้สูงสุดเท่ากับ 11.75% พันธุ์พิมเสนและมะลิลามีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้สูงสุดเท่ากับ 9.96-10.55% และพันธุ์หนองแซงมีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ เท่ากับ 8.57% ของการเก็บรักษา (อารี, 2536) ส่วนในผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้มีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้เพิ่มสูงขึ้นในขณะผลสุกโดยเพิ่มจาก 8.5% มาเป็น 18.22% ในวันที่ 4 ของการเก็บรักษา (สายชลและสุนทร, 2535) ในมะม่วงพันธุ์ Kent ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ก็เพิ่มขึ้นโดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 7-15% (ดิศร, 2541) รวมทั้งพันธุ์หนังกลางวันก็มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้สูงขึ้นเรื่อยๆ และสูงสุดเมื่อผลสุกในวันที่ 11 ของการเก็บรักษาโดยมีค่าเท่ากับ 16.88% (ธีระ, 2532)

การเปลี่ยนแปลงส่วนประกอบทางเคมีของผลมะม่วงนี้ก็คล้ายกับผลไม้ประเภท climacteric ทั่วไปคือ ในขณะผลดิบจะมีสตาร์ชสะสมอยู่ในผลมากแต่เมื่อผลสุกสตาร์ชจะถูกเปลี่ยนไปอยู่ในรูปของน้ำตาล ทำให้ผลไม้มีรสหวานและมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้เพิ่มขึ้น (ศิวพร, 2539) น้ำตาลที่พบมากในผลมะม่วงสุก คือ น้ำตาลกลูโคส ฟรุกโทส และซูโครส (Sashirekha and Patwardham, 1976) การเพิ่มขึ้นของน้ำตาลซูโครสส่วนใหญ่มาจากการย่อยสลายโมเลกุลของสตาร์ชของมะม่วงสุก ซึ่งอาจหมายถึงความหวานของผลมะม่วงสุกซึ่งมาจากน้ำตาลซูโครส (Laskshminarayana *et al.*, 1970) และซูโครสเป็นน้ำตาลหลักที่พบมากในผลมะม่วง (Krishnamurthy and Subramamyam, 1970) และพบว่ามีน้ำตาลซูโครส 57% ของน้ำตาลทั้งหมดในผลมะม่วงสุกพันธุ์ Keitt โดยที่มีน้ำตาลฟรุกโทสและน้ำตาลกลูโคสประมาณ 28% และ 15% ตามลำดับ (Medlicott and Thompson, 1985) โดยการสลายตัวของโมเลกุลสตาร์ช เพื่อให้ได้โมเลกุลของน้ำตาลเป็นผลมาจากกิจกรรมของเอนไซม์อะไมเลส (Mattoo and Modi, 1969) และจากการศึกษาถึงปริมาณการเพิ่มขึ้นของน้ำตาลกลูโคส ฟรุกโทส และซูโครส ของผลมะม่วงพันธุ์ Alphonso ในระหว่างการสุก พบว่าเกี่ยวข้องกับระดับของเอนไซม์ citric lyase (Mattoo, 1970) นอกจากนี้ในระหว่างการสุกยังมีกระบวนการสลายสารโมเลกุลใหญ่อื่นๆ ทำให้เกิดเป็นสารโมเลกุลเล็กๆ ที่สามารถละลายน้ำได้เพิ่มขึ้น เช่น น้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวหรือโมเลกุลคู่ต่างๆ อย่างไรก็ตาม ปริมาณน้ำตาลที่เกิดขึ้นอาจลดลงเนื่องจากผลิตผลมีการหายใจตลอดเวลา โดยจะใช้น้ำตาลเป็นแหล่งพลังงานเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งน้ำตาลที่ใช้ไปในกระบวนการหายใจส่วนใหญ่จะเป็นน้ำตาลกลูโคส รวมทั้งอาจเป็นผลจากการสูญเสียน้ำไปในระหว่างการเก็บรักษา ทำให้ความเข้มข้นของปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ภายในผลสูงขึ้น (Biale, 1950)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

การเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยา ผลไม้กลุ่ม climacteric มีการเปลี่ยนแปลงทางสรีระวิทยาที่เด่นชัดมาก คือ การเปลี่ยนแปลงอัตราการหายใจและการเปลี่ยนแปลงอัตราการเกิดก๊าซเอทธิลีน Kidd และ West เป็นนักวิทยาศาสตร์กลุ่มแรก ที่พบว่า อัตราการหายใจสูงขึ้นมาก ควบคู่กับการสุกของผลไม้ เรียกการหายใจแบบนี้ว่า “respiration climacteric” ในผลไม้เมื่อการหายใจถึงจุดสูงสุดแล้ว สีผิวเริ่มเปลี่ยน เนื้อเริ่มนิ่มและมีกลิ่นตามลักษณะของผลไม้ จนถึงระยะเสื่อมสลาย อัตราการหายใจจะลดลงอย่างรวดเร็ว มีกลิ่นแรง และมีเนื้อนุ่มมาก ถัดจากระยะนี้ไปเนื้อของผลไม้จะเริ่มสลายตัวและถูกทำลายโดยจุลินทรีย์ (อรรณพ, 2532 และ สายชล, 2528)

ผลไม้ที่แก่และดิบเมื่อได้รับเอทธิลีนจากภายนอก จะสามารถกระตุ้นให้เกิดกระบวนการสุกได้ และยังชักนำให้ผลไม้กลุ่ม climacteric สามารถสังเคราะห์เอทธิลีนขึ้นมาเองได้เพราะมีการสังเคราะห์เอทธิลีนแบบ autocatalytic ethylene producing system แต่ผลไม้กลุ่ม non-climacteric มีการสังเคราะห์เอทธิลีนแบบ non-autocatallytic etheylene producing system กล่าวคือ เอทธิลีนจากภายนอกไม่สามารถชักนำให้สังเคราะห์เอทธิลีนขึ้นมาเองได้ การสุกของผลไม้เป็นการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในระยะสุดท้ายของการเจริญเติบโต และเป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นต่อเนื่อง หลังจากนั้นผลไม้จะเข้าสู่ระยะเสื่อมสลาย และผลไม้จะมีคุณภาพดีสำหรับบริโภคจะต้องหลังจากที่ผ่าน climacteric peak แล้ว กระบวนการเปลี่ยนแปลงทั้งด้านกายภาพ ด้านสรีระวิทยา และด้านเคมีต่างๆ ที่เกิดขึ้น ไม่สามารถนำกลับคืนสู่สภาพเดิมได้อีก (สายชล, 2528)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved