

การเจริญเติบโต การเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมี และดัชนีการเก็บเกี่ยวของผลมะม่วงพันธุ์ทองดำ Growth, Development, Biochemical Changes and Harvesting Index of Mango (*Mangifera indica* L.) cv. Tongdum

สายชล เกตุชา¹ สมชาย รัตนมาลี² และ ฉลองชัย แบบประเสริฐ³
Saichol Ketsa¹, Somchai Rattanamalee² and Chalongsai Babprasert³

ABSTRACT

The study on growth and development, biochemical changes and harvesting index of mango (*Mangifera indica* L.) cv. Tongdum grown at Pak Chong, Nakorn Rajsima was carried out at the Laboratory of Horticulture Department, Faculty of Agriculture, Kasetsart University during November 1984 to October 1986. The results showed that the growth pattern of seed and fruit followed the simple sigmoidal curve. The period from 50% bloom to fruit maturity took 12-15 weeks while the time taken to reach a maximal growth of the seed was 9 weeks. The endocarp started to harden at the ninth week and became fully hard within the fifteenth week after 50% bloom. The mature fruit weighed 270-343 g. Titratable acidity (TA) was high in the first two weeks and decreased thereafter. Total soluble solids (TSS) content was very high at the early stage of fruit development and decreased to the low level in the tenth week after that period. The TSS content gradually increased when the fruit approached maturity. Vitamin C content increased from the first two weeks and reached the maximal level in the fourth week. Thereafter the content decreased again. Reducing sugars and total nonstructural carbohydrates contents were high in the first three weeks and the amount increased rapidly after the tenth week till harvest. Reducing sugars contents increased gradually after the thirteenth week. The mature fruit harvested at about 97-106 days had the specific gravity higher than 1.00. Heat unit, fruit firmness and TSS/TA ranged from 778.80-873.65 centigrade degree days (CDD), 19.21-19.87 kg/cm² and 7.28-8.33 respectively. When the fruit was ripened, fruit firmness ranged from 1.18-1.32 kg/cm² whereas TSS/TA ratio ranged from 42.79-49.48 β -carotene content was between 4,935-6,109 μ g/100 g fresh weight and the flesh color was grey-orange 163-168 group B-C. Records of fruit age from 50% bloom to harvest, specific gravity and heat unit can be recommended as harvesting indices of this Tongdum cultivar.

^{1,3} ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กทม. 10903

Dept. of Horticulture, Faculty of Agriculture, Kasetsart Univ., Bangkok 10903

² วิทยาลัยเกษตรกรรมนครพนม อ.เมือง จ.นครพนม 48000

Nakornpanom Agriculture College, Amphur Muang, Nakornpanom

บทคัดย่อ

การศึกษาการเจริญเติบโต การเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมี และดัชนีการเก็บเกี่ยวของผลมะม่วงพันธุ์ทองดำ ซึ่งปลูกที่อำเภอปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา นำผลมะม่วงมาทำการศึกษาและวิเคราะห์ที่ห้องปฏิบัติการของภาควิชาชีพสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ระหว่างเดือนพฤศจิกายน 2527 ถึง เดือนตุลาคม 2529 พบว่าผลและเมล็ดมีการเจริญเป็นแบบ simple sigmoidal curve โดยผลใช้เวลาในการเจริญเติบโตจนกระทั่งผลแก่ประมาณ 12-15 สัปดาห์ หลังจากดอกบาน ส่วนเมล็ดใช้เวลาเจริญเต็มที่ประมาณ 9 สัปดาห์ endocarp เริ่มแข็งตัวในสัปดาห์ที่ 9 และแข็งตัวเต็มที่ภายในสัปดาห์ที่ 15 ผลแก่มีน้ำหนัก 270-340 กรัม ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ TA มีค่าสูงใน 2 สัปดาห์แรก แล้วลดลงในช่วงที่ผลแก่ ส่วน total soluble solids (TSS) มีปริมาณสูงในระยะแรกเช่นเดียวกัน แล้วลดลงต่ำสุดในสัปดาห์ที่ 10 หลังจากนั้น จึงเพิ่มสูงขึ้นจนกระทั่งผลแก่ ส่วนไวตามินซีเพิ่มขึ้นจาก 2 สัปดาห์จนมีปริมาณสูงสุดในสัปดาห์ที่ 4 หลังจากนั้นไวตามินซีมีปริมาณลดลงจนกระทั่งผลแก่ สำหรับน้ำตาลประเภท reducing และ total nonstructural carbohydrates (TNC) มีปริมาณสูงในช่วง 3 สัปดาห์แรก แล้วหลังจากสัปดาห์ที่ 10 TNC เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วจนกระทั่งเก็บเกี่ยว น้ำตาลประเภท reducing มีปริมาณเพิ่มขึ้นเล็กน้อยหลังจาก 13 สัปดาห์ ผลมะม่วงทองคำที่แก่พร้อมที่จะเก็บเกี่ยวควรมีอายุระหว่าง 97-106 วัน โดยผลในช่วงนี้มีความถ่วงจำเพาะมากกว่า 1.00 heat unit มีค่าระหว่าง 778.80-873.65 Centigrade Degree Days (CDD) ความแน่นเนื้อของผลอยู่ในช่วง 19.26-19.87 กก./ชม.² อัตราส่วน TSS/TA มีค่า 7.28-8.33 และเมื่อผลสุก ผลมีความแน่นเนื้อระหว่าง 1.18-1.32 กก./ชม.² อัตราส่วน TSS/TA อยู่ในช่วง 42.79-49.48 β -carotene มีปริมาณ 4.935-6.109 ไมโครกรัม/100 กรัม น้ำหนักสด ซึ่งให้สีเนื้อถึงระดับ grey-orange 163-168 group B-C การนับจำนวนวันตั้งแต่ดอกบานจนกระทั่งผลแก่ ความถ่วงจำเพาะ และ heat unit สามารถแนะนำใช้เป็นดัชนีการเก็บเกี่ยวของผลมะม่วงพันธุ์ทองคำ

คำนำ

มะม่วง (*Mangifera indica* L.) เป็นผลไม้เขตร้อนที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจชนิดหนึ่งของประเทศไทย และสามารถปลูกได้ทั่วทุกภาคของประเทศไทย ผลมะม่วงสุกนอกจากมีรสชาติที่ดีแล้ว ยังเป็นแหล่งสำคัญของไวตามินเอและซีอีกด้วย (Anon., 1989) ประเทศไทยผลิตมะม่วงได้ปีละหลายแสนตัน ในปีการเพาะปลูก 2530-31 ประเทศไทยผลิตมะม่วงได้ 422,237,276 กก. (นิรนาม, 2530-31) ผลผลิตที่ได้นอกจากใช้บริโภคภายในประเทศแล้วยังมีการส่งไปจำหน่ายในตลาดต่างประเทศอีกด้วย โดยมีตลาดต่างประเทศที่สำคัญคือ สิงคโปร์ มาเลเซีย ฮองกง ญี่ปุ่น และประเทศแถบทวีปยุโรปบ้างเล็กน้อย (วิจิตร, 2529) ในปี พ.ศ. 2532 ประเทศไทยส่งผลมะม่วงไปจำหน่ายในตลาดต่างประเทศมีมูลค่า 30.2 ล้านบาท โดยส่งไปฮ่องกงมีมูลค่า 2.2 ล้านบาท มาเลเซีย 20.6 ล้านบาท สิงคโปร์ 2.2 ล้านบาท ญี่ปุ่น 3.6 ล้านบาท และยุโรป 4 ล้านบาท (นิรนาม, 2532) ผลมะม่วงที่นิยมส่งออกมากได้แก่ น้ำดอกไม้หนังกกลางวัน แรด ทองดำ และแก้ว การผลิตมะม่วงเพื่อจำหน่ายในตลาดต่างประเทศประสบปัญหาเรื่องคุณภาพมาก คือผลมะม่วงมีคุณภาพไม่สม่ำเสมอตามมาตรฐาน มีผลอ่อนและผลแก่เกินไปปะปนกัน ทั้งนี้อาจจะเนื่องมาจากสาเหตุที่ผู้เก็บเกี่ยวไม่ทราบอายุการเก็บเกี่ยวที่แน่นอนของผลมะม่วง แม้ว่าจะมีผู้ทำการศึกษาดัชนีการเก็บเกี่ยวของผลมะม่วงบางพันธุ์ เช่น น้ำดอกไม้ (ดวงตรา, 2526) และหนังกกลางวัน (อารี, 2530) แต่ยังไม่มีการศึกษาการหาดัชนีการเก็บเกี่ยวของผลมะม่วงพันธุ์ทองคำอย่างลึกซึ้ง ดังนั้นจึงสมควรศึกษาการเจริญเติบโต การเปลี่ยนแปลงหลังการเก็บเกี่ยว และดัชนีการเก็บเกี่ยวของผลมะม่วงพันธุ์ทองคำ

อุปกรณ์และวิธีการ

การเจริญเติบโตของผล

ต้นมะม่วงพันธุ์ทองคำที่ใช้ในการศึกษาค้นครั้งนี้มีอายุประมาณ 16 ปี ซึ่งปลูกอยู่ที่สถานีวิจัยปากช่อง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จังหวัดนครราชสีมา เลือกต้นมะม่วง

ที่มีความสมบูรณ์ใกล้เคียงกัน ซึ่งมีความสูงประมาณ 10 เมตร และเส้นผ่าศูนย์กลางของทรงพุ่มประมาณ 8 เมตร จำนวน 5 ต้น ทำเครื่องหมายที่ซอดอกโดยการผูกป้ายเมื่อดอกบานได้ 50% จำนวน 300 ซ่อ และเก็บเกี่ยวผลทุกๆ สัปดาห์โดยสุ่มจาก 5 ต้น ครั้งละ 15 ผล ตั้งแต่เริ่มติดผลจนกระทั่งผลแก่ นำตัวอย่างผลมะม่วงมายังห้องปฏิบัติการภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วัดขนาดและชั่งน้ำหนักสดของผลโดยวัดส่วนที่กว้าง ยาว และหนาที่สุดของผล และวัดปริมาตรของผลโดยการแทนที่น้ำ ซึ่งน้ำหนักสดของเมล็ดและศึกษาลักษณะอื่นๆ ของเมล็ดที่อายุต่างๆ

การเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีระหว่างการเจริญเติบโตของผล

บันทึกข้อมูลเกี่ยวกับชีวเคมีของผลอายุต่างๆ คือ total soluble solids (TSS) โดยใช้ hand refractometer ปริมาณกรดที่ไทเตรตได้ (titratable acidity, TA) โดยการไทเตรตน้ำคั้นกับด่างมาตรฐาน (0.097N NaOH) และคำนวณปริมาณกรดในรูปของกรดซิตริก ปริมาณ reducing sugars (RS) โดยวิธีการของ Hodge and Hofreiter (1962) ปริมาณ total nonstructural carbohydrates (TNC) โดยวิธีการของ Smith *et al.* (1962) ปริมาณไวตามินซีโดยวิธีการของ AOAC (1980) ปริมาณ β -carotene ของเนื้อโดยวิธี column chromatography ของ Davis and Kramer (1973)

การเปลี่ยนแปลงหลังการเก็บเกี่ยวและดัชนีการเก็บเกี่ยว

เมื่อผลมีอายุได้ 7 สัปดาห์หลังจากดอกบาน ทำการศึกษาดัชนีการเก็บเกี่ยวของผลโดยเก็บเกี่ยวผลทุกๆ 3 วัน ครั้งละ 15 ผล ปล่อยให้สุกที่อุณหภูมิห้อง (30.5°C) และความชื้นสัมพัทธ์ 75% โดยเฉลี่ย) และบันทึกระยะเวลาที่ใช้ในการสุกสีของเนื้อโดยเทียบกับแผ่นเทียบสีของ Royal Horticultural Society การลอยและจมน้ำ ความแน่นเนื้อ โดยใช้ Effegi firmness tester ซึ่ง plunger มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.5 และ 0.8 ซม. TSS, TA, TSS/TA และ heat unit โดยคำนวณค่าการสะสม heat unit (centigrade degree day; CDD) ของแต่ละวันโดยใช้สูตร

$$\text{Max. Temp.} + \text{Min. Temp.} - \text{Base Line Temp.}$$

โดยที่ base line temperature ของมะม่วงมีค่าเท่ากับ 18°C. (Rao and Srinath, 1967)

ผลและวิจารณ์

การเจริญเติบโต

การเจริญเติบโตของผลมะม่วงพันธุ์ทองดำมีการเพิ่มขนาด (กว้าง ยาว และหนา) อย่างช้าๆ ในช่วง 3 สัปดาห์แรกหลังจากดอกบาน หลังจากนั้นจึงมีการเพิ่มขนาดอย่างรวดเร็วจนกระทั่งถึงสัปดาห์ที่ 10 และการเพิ่มขนาดเป็นไปอย่างช้าๆ จนกระทั่งผลแก่ (Figure 1) ปริมาตรและน้ำหนักสดของผลเพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ ในช่วง 6 สัปดาห์แรก หลังจากนั้นมีการเพิ่มปริมาตรและน้ำหนักสดของผลอย่างรวดเร็วจนกระทั่งถึงสัปดาห์ที่ 10 และการเพิ่มปริมาตรและน้ำหนักสดของผลเป็นไปอย่างช้าๆ หลังสัปดาห์ที่ 10 จนกระทั่งผลแก่ การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักสดและขนาดของเมล็ด (Figure 2) มีลักษณะคล้ายๆ

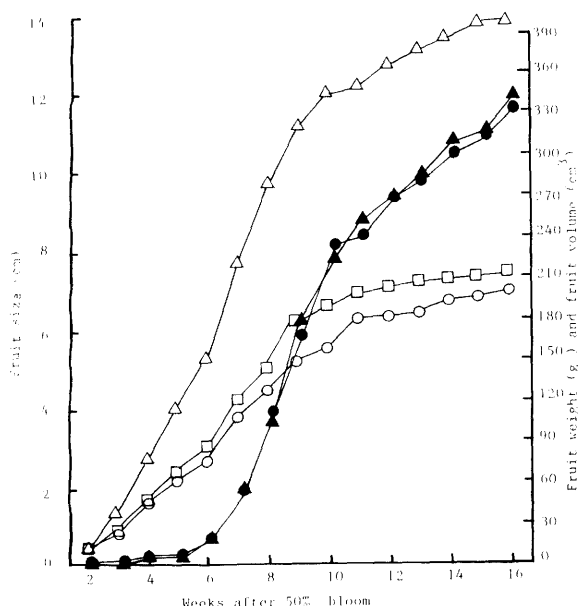


Figure 1 Length (△), width (□), thickness (○), fresh weight (▲), and volume (●) of fruits of 'Tongdum' mango at different periods after 50% bloom.

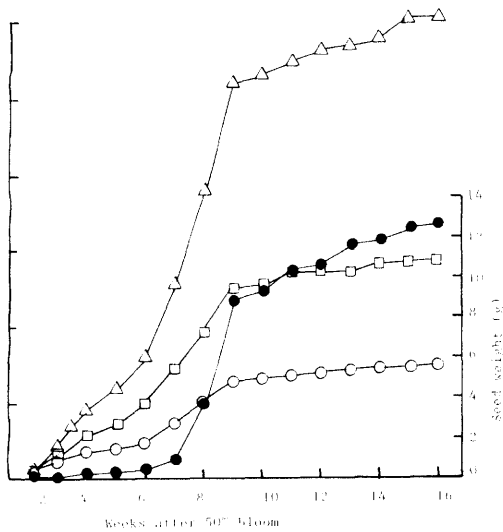


Figure 2 Length (△), width (□), thickness (○), and fresh weight (●) of seeds of 'Tongdum' mango at different periods after 50% bloom.

Table 1 Growth and development of the seed and the endocarp of 'Tongdum' mangoes after 50% bloom.

Weeks after 50% bloom	Growth and development
2-7	The seed was still small and white with ovule stalk connected to the fruit.
8	The seed was increased in size, while the endocarp was appeared as soft and thin membrane and was able to be peeled off.
10	The endocarp became hard with small amount of fibers. The papyraceous membrane of seed was tough and dark white in color.
12-15	The endocarp was very hard and had more fibers. The papyraceous membrane of seed became tougher and light brown in color.

กับปริมาตรและน้ำหนักสดของผล การเจริญเติบโตของผลและเมล็ดของมะม่วงพันธุ์ทองดำที่ศึกษาในครั้งนี้มีรูปแบบเป็น simple sigmoidal curve เช่นเดียวกันกับมะม่วง

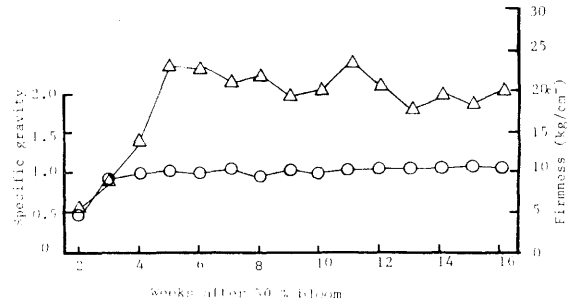


Figure 3 Specific gravity (○) and firmness (△) of fruit of 'Tongdum' mango at different periods after 50% bloom.

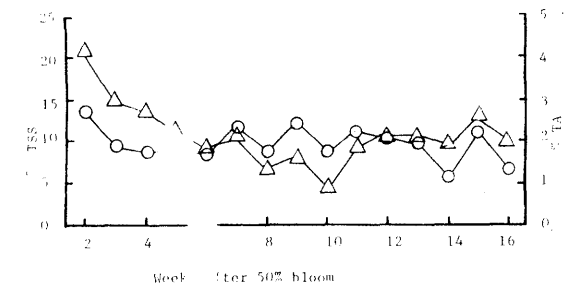


Figure 4 Total soluble solids (△) and titratable acidity (○) of fruit of 'Tongdum' mango at different periods after 50% bloom.



Figure 5 Ascorbic acid (○), total nonstructural carbohydrates (□) and reducing sugars (△) of seeds of 'Tongdum' mango at different periods after 50% bloom.

พันธุ์น้ำดอกไม้ (ดวงตรา, 2526) และหนังกลางวัน (อารี, 2530) และพันธุ์อื่นๆ ในต่างประเทศ (Krishnamurthy and Subramanyam, 1973)

การเพิ่มขนาดและน้ำหนักสดของผลมะม่วงพันธุ์ทองดำสอดคล้องกับการเจริญเติบโตของเมล็ดตลอดอายุความแก่ของผล การเจริญเติบโตของผลอย่างรวดเร็วใน

ช่วงสัปดาห์ที่ 3 ถึง 10 อาจจะเกี่ยวข้องโดยตรงกับการเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วของออกซิน (auxin) ในผลมะม่วงเอง (Prakash and Ram, 1984) การเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วของผลมะม่วงในช่วงเวลาดังกล่าวอาจจะเกิดจากออกซินเคลื่อนย้ายออกจากเมล็ดสู่เนื้อเยื่อของผล แล้วไปกระตุ้นเซลล์ใน pericarp ให้มีการแบ่งและการขยายตัวเพิ่มมากขึ้น (Saini *et al.*, 1971) หลังจากสัปดาห์ที่ 10 ผลมะม่วงมีการเจริญเติบโตช้าจนกระทั่งผลแก่ ซึ่งในช่วงเวลานี้ตรงกับช่วงเวลาที่เมล็ดมีการเจริญเติบโตลดลงและ endocarp เริ่มแข็งตัวมากขึ้น ในผลมะม่วงพันธุ์ Dashehari พบว่าปริมาณออกซินลดลงในช่วงเวลาเดียวกับที่เมล็ดมีการเจริญเติบโตช้า การลดปริมาณออกซินอาจจะเป็นสาเหตุสำคัญอย่างหนึ่งซึ่งส่งผลกระทบต่อเจริญเติบโตที่ช้าลงของผลก็ได้ (Prakash and Ram, 1984)

การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและชีวเคมี

ผลมะม่วงอายุ 2-4 สัปดาห์หลังดอกบานมีความถ่วงจำเพาะน้อยกว่า 1.00 เมื่อผลมะม่วงมีอายุระหว่าง 5-10 สัปดาห์ ความถ่วงจำเพาะน้อยกว่า 1.00 และมากกว่า 1.00 เล็กน้อยสลับกันไปทุก ๆ สัปดาห์ จนกระทั่งสัปดาห์ที่ 10 ซึ่งมีความถ่วงจำเพาะอยู่ในช่วงระหว่าง 0.94-1.00 แต่หลังจากสัปดาห์ที่ 10 เป็นต้นไป ผลมะม่วงมีความถ่วงจำเพาะมากกว่า 1 จนกระทั่งผลแก่ (Figure 3) การที่ผลมะม่วงมีความถ่วงจำเพาะเพิ่มขึ้นเมื่อผลมีผลแก่เพิ่มขึ้น เพราะผลมะม่วงมีการสะสม dry matter มากขึ้น (Kosiyachinda *et al.*, 1984) ผลมะม่วงที่อายุ 2 สัปดาห์ มีความแน่นเนื้อค่อนข้างต่ำคือ 5.08 กก./ซม.² ความแน่นเนื้อของผลเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วเป็น 22.65 กก./ซม.² เมื่อผลมะม่วงมีอายุได้ 5 สัปดาห์ หลังจากนั้นความแน่นเนื้อของผลมะม่วงเพิ่มขึ้นและลดลงเล็กน้อยสลับกันไปทุก ๆ 1-3 สัปดาห์ตลอดจนกระทั่งผลแก่ (Figure 3) การเพิ่มความแน่นเนื้อของผลอาจเนื่องมาจากการสะสม protopectins ซึ่งเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของผนังเซลล์และส่วนที่ยึดเกาะผนังเซลล์ (middle lamella) protopectins นี้ทำให้เซลล์ยึดเกาะและอยู่รวมตัวกันแน่น (Eskin, 1979)

ปริมาณกรดซิตริกที่ใดเทรทได้ (TA) ในผลมะม่วงที่อายุ 2 สัปดาห์แรกหลังดอกบานมีมากถึง 2.78% หลัง

จากนั้นปริมาณกรดเริ่มลดลงเล็กน้อยในช่วงสัปดาห์ที่ 3-6 ปริมาณกรดเพิ่มขึ้นและลดลงสลับกันไปเกือบทุก ๆ สัปดาห์ จนกระทั่งผลแก่ (Figure 4) ปริมาณกรดในผลมะม่วงอายุ 16 สัปดาห์มีแนวโน้มลดลงมากเมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณกรดในผลที่อายุ 15 สัปดาห์ คือลดลงจาก 2.28% เป็น 1.38% ความเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดซิตริกในผลมะม่วงพันธุ์ทองคำคล้ายกับผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ (ดวงตรา, 2526) และพันธุ์ Alphonso (Lakshminarayana *et al.*, 1970) ปริมาณของ TSS ของผลมะม่วงที่อายุ 2 สัปดาห์มีค่า 20.75% และปริมาณ TSS ลดลงเรื่อยๆ จนกระทั่งมีปริมาณต่ำสุด 4.22% ในสัปดาห์ที่ 10 หลังจากนั้นปริมาณ TSS มีแนวโน้มค่อยๆ เพิ่มขึ้นตลอดจนกระทั่งผลแก่ (Figure 4) ปริมาณ TSS ที่ลดลงในช่วงแรกของการเจริญเติบโตของผลมะม่วง อาจเนื่องมาจากการใช้อาหารสำหรับการเจริญเติบโตของผลในช่วงแรกซึ่งเซลล์กำลังมีกิจกรรมสูงมาก (Lakshminarayana *et al.*, 1970) ส่วนปริมาณ TSS ที่มีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นเมื่อผลมะม่วงแก่มากขึ้น อาจเนื่องมาจากแห้งบางส่วนถูกเปลี่ยนไปเป็นน้ำตาล ทำให้มีปริมาณ TSS เพิ่มขึ้น (Popenoe *et al.*, 1958)

ผลมะม่วงอายุ 3 สัปดาห์หลังดอกบานมีปริมาณ TNC 285.0 มก. ดีกลูโคส/กรัมน้ำหนักแห้งปริมาณ TNC ลดลงอย่างรวดเร็วจนกระทั่งถึงสัปดาห์ที่ 7 ในช่วงสัปดาห์ที่ 8-10 ปริมาณ TNC เพิ่มขึ้นและลดลง และหลังจากนั้นปริมาณ TNC เพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนกระทั่งผลมะม่วงแก่ (Figure 5) TNC เป็นคาร์โบไฮเดรตที่มีทั้งแป้งและน้ำตาล ปริมาณ TNC ลดลงในช่วงแรกของการเจริญเติบโตของผลมะม่วง อาจเนื่องมาจากปริมาณ TNC บางส่วนถูกนำไปใช้ในการเจริญเติบโตของคัพภะในเมล็ดและหลังจากสัปดาห์ที่ 10 ปริมาณ TNC เริ่มเพิ่มขึ้นซึ่งเป็นช่วงที่ endocarp แข็งตัว (Table 1) และทั้งเมล็ด (Figure 2) และผล (Figure 1) มีการเจริญเติบโตช้าลง ปริมาณ TNC จึงถูกใช้น้อย ดังนั้นปริมาณ TNC จึงมีสะสมอยู่มากในช่วงที่ผลมะม่วงเริ่มมีความแก่เพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Saini *et al.* (1972) ที่พบว่าเซลล์ของผลมะม่วงมีการสะสมแป้งมากขึ้นเมื่อเซลล์หยุดการแบ่งตัว และสะสมแป้งเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนกระทั่งผลแก่ RS เป็นน้ำตาลที่จำเป็นสำหรับ

การเจริญเติบโตของผล แม้ว่าปริมาณ RS ในผลมะม่วงที่อายุ 3 สัปดาห์ มีค่ามากที่สุดคือ 78.80 มก. ดีกลูโคส/กรัม น้ำหนักสด แต่ปริมาณ RS มีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยตลอดอายุการเจริญเติบโตของผลมะม่วง (Figure 5) เมื่อมีการใช้ RS ก็จะมีการสลายตัวของน้ำตาลประเภทอื่นมาอยู่ในรูปของ RS ดังนั้นปริมาณ RS จึงมีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย ซึ่งคล้ายกับที่พบในผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ (ดวงตรา, 2526) และพันธุ์ต่างประเทศ (Singh *et al.*, Hulme, 1971)

ผลมะม่วงที่อายุ 2 สัปดาห์มีไโตามินซีเพียง 16.50 มก./น้ำหนักสด 100 กรัม และไโตามินซีเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วจนมีค่าสูงสุดในสัปดาห์ที่ 4 คือ 115.96 มก./น้ำหนักสด 100 กรัม หลังจากนั้นไโตามินซีลดลงอย่างรวดเร็วจนกระทั่งถึงสัปดาห์ที่ 7 และไโตามินซีมีแนวโน้มลดลงตั้งแต่สัปดาห์ที่ 7 จนกระทั่งผลแก่ (Figure 5) การเปลี่ยนแปลงของไโตามินซีระหว่างการเจริญเติบโตของผลมะม่วงพันธุ์ทองดำคล้ายกับที่พบในผลมะม่วงพันธุ์ต่างประเทศ (Siddappa and Bhatia, 1954; Roa *et al.*, 1972)

ดัชนีการเก็บเกี่ยวและการเปลี่ยนแปลงหลังการเก็บเกี่ยว

ผลมะม่วงพันธุ์ทองดำอายุ 84 วัน (12 สัปดาห์) หลังดอกบาน พบว่าใช้เวลาในการสุก 12 วัน ผลอายุ 84-

91 วันสุกภายในเวลา 8 วัน ผลอายุ 97-103 วันสุกภายใน 6 วัน ผลอายุ 106 วัน สุกภายในเวลา 4 วัน และผลที่มีอายุมากกว่า 106 วัน สุกภายในเวลา 1-2 วัน (Table 2) ผลที่มีอายุมากใช้เวลาในการสุกสั้นกว่าผลที่มีอายุน้อย อาจเนื่องมาจากผลอายุมากสามารถสร้างเอทิลินได้เร็วกว่า (Yang, 1983) และ/หรือ ผลอายุน้อยตอบสนองต่อเอทิลินช้ากว่าผลอายุมาก

ผลมะม่วงอายุตั้งแต่ 84-106 วัน เมื่อปล่อยให้สุกที่อุณหภูมิห้องโดยไม่มีสิ่งใดปกปิด พบว่าผลมะม่วงที่สุกแล้วเนื้อเปลี่ยนเป็นสีเหลืองจำปา แต่ผิวยังคงมีสีเขียวทั่วตลอดทั้งผล การไม่เปลี่ยนสีผิวของผลมะม่วงพันธุ์ทองดำนี้เป็นลักษณะพิเศษที่แตกต่างจากผลมะม่วงพันธุ์อื่นๆ และน่าจะเป็นตัวอย่างที่ดีของผลไม้สำหรับใช้ในการศึกษาการเปลี่ยนแปลงเม็ดสี (pigment) เมื่อผลสุก ผลมะม่วงอายุ 84-103 วัน มีสี grey orange 169 group C ขณะที่ผลมะม่วงสุกอายุ 106-109 วัน มีสี grey orange 163 group B (Table 2) แต่เมื่อวิเคราะห์ปริมาณ β -carotene ในเนื้อของผลมะม่วงสุก พบว่าผลมะม่วงสุกอายุมากกลับมีปริมาณ β -carotene ลดลงคือ ผลมะม่วงสุกอายุ 84 วัน มี β -carotene 7.355 ไมโครกรัม/น้ำหนักสด 100 กรัม ผลมะม่วงสุกอายุ 91-103 วัน มี β -carotene 6,109-6,733 ไมโครกรัม/น้ำหนักสด 100 กรัม ผลมะม่วงอายุ 106 วัน มี β -carotene 4,935 ไมโครกรัม/น้ำหนัก

Table 2 Ripening time, flesh color, and quality of ripened 'Tongdum' mangoes harvested at different stages of maturity.

Days after 50% bloom	Ripening time (days)	Flesh color	Quality of ripened mangoes
84	12	grey-orange 169 group C	Shrivelled skin, soft flesh, good aroma, tasting sour sweet
91	8	grey orange 169 group C	Same as above except tasting sweet
94	8	grey-orange 168 group C	Same as those harvested at 91 days
97	8	grey-orange 168 group C	Same as those harvested at 91 days
100	6	grey-orange 168 group C	Same as those harvested at 91 days
103	6	grey-orange 168 group C	Same as those harvested at 91 days
106	4	grey-orange 163 group B	Same as those harvested at 91 days
109	1-2	grey-orange 163 group B	Same as those harvested at 91 days

สด 100 กรัม และ ผลมะม่วงสุกอายุ 109 วัน มี β -carotene 2,158 ไมโครกรัม/น้ำหนักสด 100 กรัม (Table 3) ปริมาณของ β -carotene ในผลมะม่วงพันธุ์ทองดำที่สุกนี้แตกต่างจากผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ที่สุก (ดวงตรา, 2526) เพราะผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เมื่อผลที่มีอายุมากขึ้นและสุกมีปริมาณ β -carotene เพิ่มขึ้นตามอายุหรือความแก่ของผล

ผลมะม่วงสุกอายุ 84-94 วันมีผิวเหี่ยวยุบ ผลมะม่วงสุกอายุตั้งแต่ 97 วันขึ้นไปผิวไม่เหี่ยวยุบ (Table 2) อาจะเนื่องมาจากผลมะม่วงที่มีอายุน้อยใช้เวลาในการสุกนานกว่าผลอายุมาก ดังนั้นผลอายุน้อยจึงมีเวลาของการสูญเสียน้ำหนักมากกว่า และผลมะม่วงอายุน้อยมีการสะสมนวล (bloom) ที่ผิวของผลน้อยกว่าผลอายุมาก (Kosiyachinda *et al.*, 1984) นวลเป็นสารเคลือบผิวโดยธรรมชาติที่มีอยู่ตามผิวของพืชและสามารถลดการคายน้ำของพืชได้โดยทั่วไป การเหี่ยวยุบของผลมะม่วงสุกปรากฏที่บริเวณใกล้เคียงหัวของผลก่อนส่วนอื่น เพราะเนื้อเยื่อบริเวณนี้มีการสูญเสียน้ำมากผ่านทางบาดแผลตรงหัวที่ถูกเด็ดออกไป

ความแน่นเนื้อของผลมะม่วงดิบอายุ 84-109 วันไม่แตกต่างกันมาก คือความแน่นเนื้ออยู่ในช่วงระหว่าง 17.68-20.42 กก./ซม.² ในทำนองเดียวกันผลมะม่วงสุกอายุ 84-109 วัน มีความแน่นเนื้อใกล้เคียงกัน คือ 1.17-

1.42 กก./ซม.² (Table 3) ความแน่นเนื้อของผลมะม่วงพันธุ์ทองดำทั้งผลดิบและสุกมีค่าไม่แน่นอนและแตกต่างจากผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ (ดวงตรา, 2526) เพราะผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ทั้งผลดิบและสุกมีความแน่นเนื้อลดลงอย่างเห็นได้ชัดเจนเมื่อผลมีอายุเพิ่มขึ้น แต่ความแตกต่างของความแน่นเนื้อที่เห็นได้ชัดเจนระหว่างผลดิบและผลสุกคือเมื่อผลมะม่วงสุกมีความแน่นเนื้อลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับผลดิบ (Table 3) ทั้งนี้เนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงของ protopectin ซึ่งอยู่ในรูปไม่ละลายน้ำให้มาอยู่ในรูปละลายน้ำโดยกระบวนการเอนไซม์ (pectolytic enzymes) ทำให้การยึดตัวของเซลล์เป็นไปอย่างหลวมๆ และทำให้ผลอ่อนนุ่มเมื่อผลสุก (Eskin, 1979)

ปริมาณ TSS ในผลมะม่วงดิบมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อผลมีอายุมากขึ้นแต่ปริมาณ TSS ในผลมะม่วงสุกอายุต่างๆ กันมีค่าใกล้เคียงกันคือ 19.18-21.24% (Table 3) ปริมาณ TSS ของผลสุกที่เพิ่มขึ้นนั้นเนื่องมาจากการสลายตัวของแป้ง (Soule and Harding, 1957) ปริมาณกรดที่ใดเทรทได้ในผลดิบและสุกมีแนวโน้มลดลงเมื่อผลมีอายุมากขึ้น (Table 3) เพราะกรดถูกใช้ไปในการหายใจผ่าน Krebs cycle (Mattoo *et al.*, 1975) และยังถูกนำไปใช้ในการสังเคราะห์น้ำตาลอีกด้วย (Lakshminarayana *et al.*, 1970; Wills *et al.*, 1981) TSS/TA ทั้งในผลดิบและสุกมีค่าสูงขึ้นเมื่อผลมีอายุมากขึ้นและ TSS/TA ของ

Table 3 Firmness, TSS, TA, TSS/TA, heat units and β -carotene of 'Tongdum' mangoes harvested at different stages of maturity.

Days after 50% bloom	Firmness (kg/cm ²)		% TSS		% TA		TSS/TA		Heat units (CDD)	β -Carotene (μ g/100g fresh wt.)
	unripe	Ripe	unripe	Ripe	unripe	Ripe	unripe	Ripe		
84	20.42	1.47	10.21	19.61	2.07	0.83	4.93	23.74	643.35	7,355
91	17.68	1.27	10.76	20.34	1.98	0.50	5.43	40.44	713.71	6,653
94	18.51	1.31	10.25	19.18	1.70	0.37	6.03	57.84	746.15	6,109
97	19.87	1.32	9.75	19.79	1.17	0.40	8.33	49.48	778.80	6,505
100	19.59	1.17	12.27	21.24	1.45	0.52	8.46	40.85	814.55	6,733
103	48.45	1.32	13.46	19.47	2.28	0.35	5.90	55.63	843.95	6,298
106	19.26	1.18	11.28	20.11	1.55	0.47	7.28	42.79	873.65	4,935
109	20.01	1.42	9.97	19.33	1.38	0.40	7.23	48.33	903.20	2,158

ผลสุกมีมากกว่าผลดิบ TSS/TA ทั้งนี้เพราะเมื่อผลอายุมากขึ้นและผลสุกมีแนวโน้มของปริมาณ TSS เพิ่มขึ้น และปริมาณ TA ลดลง จึงทำให้ TSS/TA เพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตาม ผลสุกอายุ 84 วันมีปริมาณ TA ค่อนข้างสูง จึงทำให้ค่า TSS/TA น้อยกว่าผลสุกอายุตั้งแต่ 91 วันขึ้น ดังนั้นผลสุกอายุ 84 วันจึงยังมีรสหวานอมเปรี้ยวอยู่บ้าง ในขณะที่ผลสุกอายุ 91 วันขึ้นไปมีรสหวานเพียงอย่างเดียว

ผลมะม่วงพันธุ์ทองดำเมื่อมีอายุมากขึ้นมีการสะสม heat unit เพิ่มขึ้น (Table 3) สำหรับผลมะม่วงพันธุ์ทองดำที่ปลูกอยู่ที่สถานีวิจัยปากช่อง เมื่อผลแก่และสุกมีคุณภาพของผลดีอยู่ในช่วงอายุตั้งแต่ 91 วันขึ้นไปจนถึง 106 วันหลังดอกบาน มีการสะสม heat unit 713.71–873.65 CDD

สำหรับการตรวจสอบความแก่ของผลมะม่วงเพื่อใช้เป็นดัชนีการเก็บเกี่ยวของผลสามารถทำได้หลายวิธี เช่น จำนวนวัน ความถ่วงจำเพาะ ปริมาณ TSS ปริมาณกรด ปริมาณแป้ง และรูปร่าง (Kosiyachinda et al., 1984) สำหรับมะม่วงพันธุ์ทองดำนั้น ค่าของความแน่นเนื้อ TSS, TA และ TSS/TA ไม่แน่นอนเมื่อผลมีอายุเพิ่มขึ้น ดังนั้นจึงไม่สมควรใช้สิ่งเหล่านี้เป็นตัวกำหนดความแก่ของผลมะม่วงพันธุ์ทองดำ อายุของผลหลังดอกบาน ความถ่วงจำเพาะ และการสะสม heat unit น่าจะนำมาใช้เป็นข้อมูลสำหรับกำหนดอายุการเก็บเกี่ยวของผลมะม่วงพันธุ์ทองดำ ผลมะม่วงอายุตั้งแต่ 97 วันหลังดอกบานมีความถ่วงจำเพาะมากกว่า 1 ดังนั้นเมื่อนำผลมะม่วงมาลอยในน้ำ ผลมะม่วงจะจมถึงก้นภาชนะ สำหรับ heat unit นั้นมีค่าแน่นอน เพราะการเจริญเติบโตทุกส่วนของพืชขึ้นขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ ถ้าอุณหภูมิสูงการเจริญเติบโตก็เร็ว และถ้าอุณหภูมิต่ำการเจริญเติบโตก็ช้า สำหรับมะม่วงพันธุ์ทองดำปลูกที่สถานีวิจัยปากช่อง อายุการเก็บเกี่ยวที่เหมาะสมควรจะอยู่ระหว่าง 97 ถึง 106 วันหลังดอกบาน และมี heat unit ระหว่าง 778.80 ถึง 873.65 CDD ผลมะม่วงที่เก็บเกี่ยวก่อนอายุ 97 วัน ผลสุกมีผิวเขียวและไม่มีรสเปรี้ยวอมหวาน ส่วนผลที่เก็บเกี่ยวหลังอายุ 106 วัน ผลเริ่มสุกปากตะกร้อ ผลมะม่วงที่จะเก็บเกี่ยวช่วงไหนของอายุ 97–106 วันขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของการใช้ ตลาด และเวลาที่ใช้ในการขนส่ง อย่างไรก็ตาม การศึกษาดัชนีการเก็บเกี่ยวของผลมะม่วงพันธุ์ทองดำใน

ครั้งนี้ได้ทำเพียงครั้งเดียว ข้อมูลที่ได้อาจจะยังไม่แน่นอนที่จะนำมาใช้ควรจะต้องมีการศึกษาเพิ่มเติมทั้งเวลาและสถานที่ของแหล่งปลูกเพื่อให้ได้ผลที่แน่นอนและเชื่อถือได้

เอกสารอ้างอิง

- ดวงตรา กษานติกุล. 2526. การศึกษาการเจริญเติบโต การเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีและดัชนีการเก็บเกี่ยวของผลมะม่วง (*Mangifera indica* L.) พันธุ์น้ำดอกไม้. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ 62 หน้า
- นิรนาม. 2530/31. สถิติการเพาะปลูกไม้ผล-ไม้ยืนต้น. ปีการเพาะปลูก 2530/31. กองแผนงานและโครงการพิเศษ. กรมส่งเสริมการเกษตร. กรุงเทพฯ. 216 หน้า
- นิรนาม. 2532. การส่งออกผลไม้สดและแช่แข็ง ปี 2532. ฝ่ายวิเคราะห์ข้อมูลส่งเสริมการเกษตร. กรมส่งเสริมการเกษตร. กรุงเทพฯ. 3 หน้า
- วิจิตร วังโน. 2529. มะม่วง. ศรีสัมปัติการพิมพ์. กรุงเทพฯ. 301 หน้า
- อารี ไจเพชร. 2530. การศึกษาการเจริญเติบโต การเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีและดัชนีการเก็บเกี่ยวของผลมะม่วง (*Mangifera indica* L.) พันธุ์หนังกลางวัน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ. 64 หน้า
- Anon. 1989. Fruits in Thailand. Dept. of Agric. Ext., Ministry of Agric. and Coop., Bangkok. 47 p.
- Association of Official Analytical Chemists (AOAC). 1980. Official Method of Analysis. George Banta Co., Inc., Washinaton, D.C. 1018 p.
- Davis, C. and A. Kramer. 1973. Method of nutrient analysis, pp. 455–487. In A. Kramer and B.A. Twigg (eds.). Quality Control for the Food Industry. The AVI Publishing Co. Inc., Westport, Connecticut.
- Eskin, N.A.M. 1979. Plant Pigments, Flavors and Textures. Academic Press, London. 219 p.
- Hodge, J.E. and B.T. Hofreiter. 1962. Determination

- of reducing sugars and carbohydrates, pp. 380–394. In R.L. Whistler and M.L. Wolfrom (eds.). Methods in Carbohydrate Chemistry. Vol. I. Academic Press, New York.
- Hulme, A.C. 1971. The mango, pp. 233–254. In A.C. Hulme (ed.). The Biochemistry of Fruits and their Products. Vol. 2. Academic Press, New York.
- Kosiyachinda, S., S.K. Lee and Poernomo. 1984. Maturity indices for harvesting of mango, pp. 33–36. In D.B. Mendoza, Jr. and R.B.H. Wills (eds.). Mango : Fruit Development, Postharvest Physiology and Marketing in ASEAN. ASEAN Food Handling Bureau, Kuala Lumpur.
- Krishnamurthy, s. and H. Subramanyam. 1973. Pre and post-harvest physiology of mango fruit. Trop. Sci. 15 : 167–193.
- Lakshminarayana, S., N.V. Subhadra and S. Subramanyam. 1970. Some aspects of developmental physiology of the mango fruit. J. Hort. Sci. 45 : 133–142.
- Mattoo, A.K., T. Murata, Er. B. Pantastico, K. Chachin, K. Ogata and C.T. Phan. 1975. Chemical changes during ripening and senescence, pp. 103–127. In Er. B. Pantastico (ed.). Postharvest Physiology, Handling and Utilization of Tropical and Subtropical Fruits and Vegetables. AVI Publishing Co., Inc., Westport, CT.
- Popenoe, J., T.T. Hatton and P.L. Harding. 1958. Determination of maturity of hard green 'Haden' and 'Zill' mangoes. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 71 : 326–329.
- Prakash, S. and S. Ram. 1984. Naturally occurring auxins inhibitor and their role in fruit growth and drop of mango 'Dashehari'. Scientia Hort. 22 : 241–248.
- Roa, P.V.S., N. Giridhar, P.S.R.K. Prasad and G. nageswara. 1972. Optimum maturity and harvesting time of mangoes var. Baneshan. II. Physicochemical components of fruits vs. maturity. Indian J. Hort. 29 : 126–134.
- Roa, P.V.S. and M.K. Srinath. 1967. Heat unit requirements for the maturation of mango variety Baneshan (syn. Banganapalle). Indian J. Hort. 24 : 156–159.
- Saini, S.S., R.N. Singh and G.S. Paliwal. 1971. Growth and development of mango (*Mangifera indica* L.) fruit. I. Morphology and cell division. Indian J. Hort. 28 : 247–256.
- Siddappa, G.S. and B.S. Bhatia. 1954. Tender green mangoes as a source of vitamin C. Indian. J. Hort. 11 : 104–111.
- Singh, B.N., P.V.V. Seshagiri and S.S. Gupta. 1937. Ontogenic drifts in the physiology and chemistry of tropical fruits under orchard conditions. Indian J. Agric. Sci. 7 : 176–192.
- Smith, D., G.M. Paulsen and C.A. Ranguse. 1964. Extraction of total available carbohydrates from grass and legume tissue. Plant Physiol. 39 : 960–962.
- Soule, Jr., M.J. and P.L. Harding. 1957. Changes in physical characters and chemical constituents of 'Haden' mangoes during ripening at 80°F. Proc. Florida State Hort. Soc. 69 : 282–284.
- Wills, R.H.H., T.H. Lee, D. Graham, W.B. McGlasson and E.G. Hall. 1981. Postharvest : An Introduction to the Physiology and Handling of Fruit and Vegetables. New South Wales University Press, N.S.W. 161 p.
- Yang, S.F. 1983. Regulation of ethylene biosynthesis in relation to plant senescence. Bull. Plant Growth Regulator 11(2) : 9–11.