

การประเมินระยะความสุกของมะม่วงน้ำดอกไม้ด้วยเทคนิคการตอบสนองทางความถี่เสียง
Maturity Stages Evaluation of Mango (Nam Dok Mai's Cultivar) by use Acoustic Response Technique

พชร วงศ์ไพศาลกิจ¹ ศักรินทร์ปาปะเก¹ กระวี ตริอำนาจรศ¹และ เทวรัตน์ ตริอำนาจรศ²
Patchara Wongpaisarnkit¹, Sakarin Papakae¹, Krawee Treeamnu¹ and Tawarat Treeamnu²

Abstract

This research aimed to evaluate the maturity stages of harvested mango (Nam Dok Mai's cultivar) by use the acoustic response technique. In this testing, harvested mango fruits were maintained in the storage immediately at $25\pm 1^{\circ}\text{C}$ and 65.5% relative humidity of air condition. Resonance frequency of fruit (f), plunger test firmness (F_peel) and total soluble solid (TSS) were collected from 20 fruits of mango sample per day, the test was done in every day until the fruits was senescence. The result showed that the firmness and TSS could be use in a co-variables to evaluate the maturity stages of mango into 3 stages include of unripe, ripe and overripe. A time after harvested influence on the reducing of mango acoustic frequency in exponential trend form. The using of resonance frequency in maturity stages evaluation gave 79.5% of precision include of 94.8% of unripe, 70.5% of ripe and 80.6% of over ripe respectively.

Keywords: Nam dok mai mango, Resonance frequency, Maturity stage.

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินช่วงระยะความสุกของมะม่วงน้ำดอกไม้หลังการเก็บเกี่ยวด้วยการตอบสนองทางความถี่เสียงของผลมะม่วง การทดสอบใช้ผลมะม่วงน้ำดอกไม้เก็บรักษาที่อุณหภูมิ $25\pm 1^{\circ}\text{C}$ และความชื้นสัมพัทธ์ 65.5% ทันทีหลังเก็บเกี่ยว ตรวจวัดค่าความถี่สั่นพ้อง (f) ความแน่นเนื้อแบบกดผ่านเปลือก (F_peel) และปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (TSS) ของผลมะม่วงจำนวน 20 ผล ทุกวันจนมะม่วงถึงระยะเน่าเสีย ผลการทดสอบพบว่าสามารถใช้ค่าความแน่นเนื้อและ TSS ร่วมกันจำแนกมะม่วงออกได้เป็น 3 วัย คือ Unripe, Ripe และ Over ripe จำนวนวันหลังเก็บเกี่ยวที่เพิ่มขึ้นนั้นส่งผลให้ความถี่สั่นพ้องมีแนวโน้มลดลงแบบเอกซ์โพเนนเชียล และการใช้ความถี่สั่นพ้องของผลมะม่วงในการประเมินระยะความสุกมีความแม่นยำในการจำแนกมะม่วงได้ 79.5% โดยแบ่งเป็นค่าความถูกต้องในช่วงระยะยังไม่สุก 94.8% ช่วงระยะสุก 70.5% และช่วงระยะใกล้เน่าเสีย 80.6% ตามลำดับ

คำสำคัญ: มะม่วงน้ำดอกไม้ ความถี่สั่นพ้อง ระยะความสุก

คำนำ

มะม่วงเป็นผลผลิตที่มีลักษณะทางกายภาพ และรสชาติที่แตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับระยะความสุกของผลมะม่วงหลังจากเก็บเกี่ยว เนื่องจากมะม่วงเป็นผลไม้ชนิดหนึ่งในกลุ่ม Climacteric fruit ที่ภายหลังการเก็บเกี่ยวสามารถเปลี่ยนระยะการสุกได้ด้วยตัวมันเอง เพราะมะม่วงมีการผลิตสารเอทิลีนที่ตอบสนองต่อเอทิลีนจากภายนอกผล โดยที่เอทิลีนในผลนั้นจะกระตุ้นให้ผลเกิดการสุกด้วยการรับเอทิลีนจากภายนอกผล (จริงแท้, 2549) ซึ่งจะทำให้คุณสมบัติของมะม่วงเปลี่ยนไป นอกจากนั้นถ้าเก็บเกี่ยวผลช้าเกินกว่าวันที่ผลสุกเต็มที่ ผลที่ได้ อาจมีการเหี่ยวและหดตัวลง ใกล้เน่าเสีย (Jha *et al.*, 2007) มะม่วงสามารถนำไปประกอบอาหารได้หลายรูปแบบแตกต่างกันออกไปตามระยะความสุกของผล และความนิยมของผู้บริโภค ก่อนที่จะจำหน่ายผลมะม่วงจึงจำเป็นต้องมีการจำแนกระยะความสุกของมะม่วงก่อน หรือแม้แต่การส่งมะม่วงไปยังสถานที่ไกลออกไปที่ต้องใช้เวลาในการขนส่งก็จำเป็นต้องจำแนกผลมะม่วงที่ยังไม่สุกเพื่อป้องกันผลมะม่วงอยู่ในระยะใกล้เน่าเสียเมื่อส่งถึงผู้บริโภค

¹สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี นครราชสีมา 30000

School of Mechanical Engineering, Institute of Engineering, Suranaree University of Technology, Nakhonratchasima 30000

²สาขาวิชาวิศวกรรมเกษตร สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี นครราชสีมา 30000

School of Agricultural Engineering, Institute of Engineering, Suranaree University of Technology, Nakhonratchasima 30000

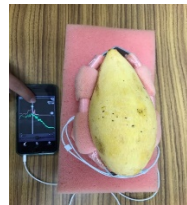
* Corresponding author: patchara.wong@hotmail.com

ในการตรวจสอบแบบไม่ทำลายผลเป็นวิธีหนึ่งในการตรวจสอบความสุกของผลไม้โดยไม่ทำให้เกิดการสูญเสียต่อคุณภาพของผลไม้ ซึ่งใช้การพิจารณาการเปลี่ยนแปลงของคุณสมบัติภายนอก เช่น สีผล, การเคาะแล้วฟังเสียง และอายุผลหลังดอกบาน เป็นต้น ซึ่งเป็นวิธีอัตตวิสัย (Subjective method) ต้องใช้ความชำนาญของผู้วัดอีกทั้งยังผิดพลาดได้ง่าย จึงถูกประยุกต์มาใช้เป็นวิธีวัตถุวิสัย (Objective method) โดยการใช้เครื่องมือที่เชื่อถือได้มาช่วยในการวัดค่าแล้วนำค่าไปเทียบค่ากับข้อมูลที่มีความสัมพันธ์กับระยะความสุกโดยอิงวิธีอัตตวิสัย (อนุพันธ์,2546) ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะตรวจสอบระยะความสุกของมะม่วงด้วยการเคาะผลมะม่วงแล้วรับค่าความถี่สั่นพ้องที่สะท้อนมาจากตัวผลพร้อมประมวลผลด้วย Application n-track tuner บนอุปกรณ์สื่อสารแบบสมาร์ตโฟน เพื่อนำมาใช้จำแนกระยะความสุกโดยการวิเคราะห์ร่วมกับค่าคุณภาพของมะม่วง คือ ความแน่นเนื้อ, ความถ่วงจำเพาะ, ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ และปริมาณกรดของผลมะม่วง

วิธีการทดลอง

การเก็บข้อมูลคุณสมบัติ

1. **ความถี่ของมะม่วง** ใช้อุปกรณ์ดัง Fig.1(a) ซึ่งประกอบไปด้วยฐานวางมะม่วงที่พันล้อมด้วยโฟมเพื่อป้องกันเสียงรบกวน การทดสอบใช้ไม้ตีซิม(Fig.1(b))เคาะเบาๆ ลงบนผลมะม่วงในห้องที่มีเสียงรบกวนต่ำ เสียงที่เกิดขึ้นจะถูกรับค่าด้วยไมโครโฟนของเครื่องสมาร์ตโฟน และถูกประมวลผลด้วย Application n-track tuner เพื่อหาความถี่สั่นพ้องของผลมะม่วง ความถูกต้องของค่าความถี่จาก Application ได้จากการสอบเทียบค่าความถี่ที่ได้กับชุดล้อมเสียงมาตรฐาน



(a)



(b)

Figure 1 (a) Acoustic test equipment (b) Dulcimer stick

2. **ความถ่วงจำเพาะ (Specific gravity, SG)** ซึ่งนำน้ำหนักผลมะม่วงด้วยเครื่องชั่งน้ำหนัก 2 ตำแหน่ง(Mass of mango in air, g) และนำผลมะม่วงนั้นๆไปชั่งน้ำหนักในน้ำโดยการใช้ปิเกตอร์เต็มน้ำแล้วกดให้มะม่วงจมเสมอผิวน้ำพอดี (Mass of mango in water, g) แล้วนำมาคำนวณหาค่า SG ด้วย equation (1)

$$SG = \frac{\text{Mass of mango in air (g)}}{\text{Mass of mango in water (g)}} \tag{1}$$

3. **ความแน่นเนื้อ** วัดความแน่นเนื้อของมะม่วงที่หั่นเป็นลักษณะลูกบาศก์ด้านละประมาณ 1 cm ทั้งแบบที่ยังมีเปลือกหุ้ม (F_peel) และแบบลอกเปลือกแล้ว (F_flesh) ที่ตำแหน่งใกล้ขั้วผล, กลางผล และใกล้ท้ายผลดัง Fig.3 ด้วย Penetrometer (Chatillon-DFGS50) ที่มีหัวกดเป็นหน้าตัดวงกลมเส้นผ่านศูนย์กลาง 5.00 mm กดลงไปเป็นระยะ 0.5 cm ดัง Fig.4 บันทึกค่าที่ได้ในหน่วย kg/cm²



Figure 3 Position of firmness test



Figure 4 Penetrometer

4. **การหาค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ (Total soluble solid, TSS)** ทำได้โดยปั่นเนื้อมะม่วงแล้วกรองเอาส่วนของเหลวที่ได้มาผสมน้ำเป็นสารละลายมะม่วงแล้วนำมาอ่านค่า TSS ด้วย Hand refractometer (ATAGO)
5. **การหาปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (Titratable acidity, TA)** นำสารละลายมะม่วงมาผสมกับ 0.1% ฟีนอล์ฟทาลีนแล้วทำการไทเทรตด้วย 0.1 NaOH จากนั้นคำนวณเพื่อหาค่าร้อยละของกรดมาลิกตาม equation (2)

$$\% \text{Malic Acid} = \frac{N \text{ base} \times \text{ml base} \times \text{meq.wt} \times 100}{\text{Mango juice (ml)}} \quad (2)$$

6. การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อแบ่งกลุ่ม ใช้การวิเคราะห์ทางสถิติด้วยโปรแกรม SPSS statistic 22 โดยจะใช้เทคนิคการวิเคราะห์แบบจำแนกกลุ่ม (Discriminant Analysis) มาช่วยในการแบ่งกลุ่มระยะความสุกของมะม่วงจากข้อมูลค่าคุณสมบัติที่ทดสอบได้ในทุกๆผลเพื่อแบ่งระยะการสุกของมะม่วงเป็น 3 ช่วง ได้แก่ช่วงระยะยังไม่สุก, ระยะสุก และระยะใกล้เน่าเสีย

ผลและการวิจารณ์

การเปลี่ยนแปลงของลักษณะทางกายภาพของมะม่วงน้ำดอกไม้เมื่อจำนวนวันหลังการเก็บเกี่ยวที่เพิ่มขึ้นได้ผลดังนี้ ความถี่สั่นพ้องมีแนวโน้มลดลงแบบเอกซ์โพเนนเชียลเมื่อจำนวนวันหลังการเก็บเกี่ยวที่เพิ่มขึ้น โดยมีค่าความถี่สั่นพ้องสูงสุดประมาณ 1000 Hz ในช่วงเก็บเกี่ยวใหม่ซึ่งมีผลมาจากความแน่นของเปลือกกับเนื้อมะม่วงที่ยังไม่สุก และมีค่าต่ำสุดที่ประมาณ 200 Hz ในช่วงใกล้เน่าเสีย ความถี่สั่นพ้องเฉพาะมีค่าลดลงน้อยมากเมื่อเทียบกับจำนวนวันหลังการเก็บเกี่ยว โดยมีค่าอยู่ที่มากกว่า 1 เล็กน้อย ซึ่งหมายถึงว่ามะม่วงมีความหนาแน่นมากกว่าน้ำเล็กน้อย (จมน้ำเมื่อนำไปใส่ในน้ำ) ความแน่นเนื้อทั้งการวัดแบบมีเปลือกหุ้ม และไม่มีเปลือกหุ้ม จะมีแนวโน้มลดลงแบบเอกซ์โพเนนเชียลเมื่อจำนวนวันหลังการเก็บเกี่ยวเพิ่มขึ้น โดยความแน่นเนื้อแบบวัดผ่านเปลือกจะมีค่าสูงกว่าไม่มีเปลือกหุ้มในช่วงวันที่ 1-5 เนื่องจากเปลือกมะม่วงยังมีความแข็งและแน่นในขณะที่ยังไม่สุก และค่าความแน่นเนื้อทั้งสองจะมีค่าลดลงช้าหรือใกล้เคียงกันในช่วงวันที่ 6-12 เนื่องจากเปลือกมะม่วงมีความนิ่มขึ้นเมื่อสุกและใกล้เน่าเสีย ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้จะมีค่าเพิ่มขึ้นเป็นเส้นตรงเมื่อเทียบกับจำนวนวันหลังเก็บเกี่ยวที่เพิ่มขึ้น ซึ่งจะบ่งบอกถึงความหวานในตัวมะม่วง โดยมีค่าต่ำสุดอยู่ที่ประมาณ 6 % และสูงที่สุดประมาณ 15 % ปริมาณกรดที่สามารถไทเทรตได้จะมีค่าลดลงจนแบบเส้นตรงจนเข้าใกล้ศูนย์เมื่อเทียบกับจำนวนวันหลังเก็บเกี่ยวที่เพิ่มขึ้น ซึ่งตั้งแต่วันที่ 10 จะมีปริมาณกรดที่ไทเทรตได้น้อยมากใกล้เคียงศูนย์

จากลักษณะทางกายภาพที่ทำการทดลองมานั้นนำมาจำแนกแบ่งกลุ่มระยะความสุกด้วยการแบ่งกลุ่มตามค่าเฉลี่ย One way ANOVA ตามวิธีการของ Duncan โดยจะเลือกใช้ความแน่นเนื้อแบบกดผ่านผิวเปลือกเป็นหลัก และจะใช้ค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้จำแนกร่วมจะได้ผลดังนี้

Table 1 Maturity stages classification by peel firmness and TSS

Group	Day	Maturity	F_peel(kg/cm ²)
1	1-3	Unripe	16-18
2	4-7	Ripe	5-8
3	8-12	Overripe	0.5-3

การใช้ความถี่สั่นพ้อง (f) เพื่อพยากรณ์ระยะความสุกนั้น จะทำการพยากรณ์เพื่อหาค่าความแน่นเนื้อผ่านเปลือก (F_peel) ซึ่งได้ทำการสร้างสมการโดยใช้การวิเคราะห์การถดถอย (Regression Analysis) ให้ผลดัง equation (3)

$$F_{\text{peel}} = 0.028623 \cdot f - 5.583912 \quad (3)$$

การพยากรณ์ความแน่นเนื้อแบบกดผ่านเปลือกโดยใช้ความถี่สั่นพ้องจะมีลักษณะเป็นสมการเส้นตรง มีความสัมพันธ์ของตัวแปรต้นและตัวแปรตาม (R²) 0.594 และมีความคลาดเคลื่อนจากการพยากรณ์ (RMSEC) เท่ากับ 5.045 ซึ่งจะมีความสามารถในการจำแนกระยะช่วงความสุกของมะม่วงได้ดังตารางที่ 2

Table 2 Maturity stage classification by peel firmness and resonance frequency of mango

State		Predicted group membership			Total
		Unripe	Ripe	Overripe	
%	Unripe	94.8	5.2	0.0	100.0
	Ripe	6.4	70.5	23.1	100.0
	Overripe	0.0	19.4	80.6	100.0

a. 79.5% of original grouped cases correctly classified.

จาก Table 2 จะพบว่าในช่วง Unripe จะมีความแน่นย่ำมากที่สุดถึง 94.8% โดยช่วง Ripe กับ Overripe จะมีความแน่นย่ำน้อยกว่าเนื่องจากเป็นช่วงที่มีเปลือกนิ่ม และค่าความแน่นเนื้อผ่านเปลือกที่แหลมล้ำกันหรือค่าลดลงค่อนข้างน้อย ในช่วงวันที่ 6-12 จึงทำให้ผลการพยากรณ์มีความแน่นย่ำที่ต่ำกว่าช่วง Unripe

สรุป

ในการเคาะมะม่วงน้ำดอกไม้เพื่อดูความถี่สั่นพ้อง (f) พบว่า f มีค่าลดลงแบบเอกซ์โพเนนเชียล โดยมีค่าเฉลี่ยในช่วงหลังเก็บเกี่ยวอยู่ที่ 1000 Hz และมีค่าต่ำสุดในวันสุดท้ายของการทดลองที่ 200 Hz นำค่า f ไปทำนายระยะความสุกของมะม่วงน้ำดอกไม้ร่วมกับค่าความแน่นเนื้อแบบกดผ่านเปลือก (F_{peel}) เนื่องจากสามารถใช้ค่า F_{peel} กับค่าปริมาตรของแข็งที่ละลายน้ำได้ (TSS) มาจำแนกกลุ่มด้วยวิธี Duncan สามารถจำแนกได้ทั้งหมด 3 กลุ่ม ได้แก่กลุ่มที่ 1 ช่วงระยะยังไม่สุก (unripe) ในช่วงวันที่ 1-3 หลังเก็บเกี่ยว, กลุ่มที่ 2 ช่วงระยะสุก (ripe) ในช่วงวันที่ 4-7 หลังเก็บเกี่ยว และกลุ่มที่ 3 ช่วงระยะใกล้เน่าเสีย (overripe) ในช่วงวันที่ 8-12 วันหลังเก็บเกี่ยว เมื่อใช้ค่า f โดยการทำนายระยะความสุกผ่าน F_{peel} ด้วยสมการเส้นตรง $F_{peel} = 0.028623 * f - 5.583912$ โดยมีค่าความสัมพันธ์ของตัวแปรต้นและตัวแปรตาม (R²) เท่ากับ 0.594 และมีค่าคลาดเคลื่อน (RMSEC) เท่ากับ 5.045 ซึ่งความถี่สั่นพ้องมีความสามารถจำแนกช่วงระยะสุกของมะม่วงรวมทั้งหมดเท่ากับ 79.5% โดยแบ่งเป็นค่าความถูกต้องในช่วงระยะยังไม่สุก เท่ากับ 94.8% ช่วงระยะสุกเท่ากับ 70.5% และช่วงระยะใกล้เน่าเสียเท่ากับ 80.6%

คำขอบคุณ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล และสาขาวิชาวิศวกรรมเกษตร สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ อาคารเครื่องจักรกลการเกษตร และศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ที่สนับสนุนทุนวิจัยและสถานที่ในการทำวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- จิ่งแท้ ศิริพานิช. 2549. ซีววิทยาหลังการเก็บเกี่ยวและการวางของพีช. พิมพ์ครั้งที่ 1 โรงพิมพ์ศูนย์ส่งเสริมและฝึกอบรมการเกษตรแห่งชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์วิทยาเขตกำแพงแสน, นครปฐม. หน้า 80.
- อนุพันธ์ เทอดวงศ์วรกุล. 2546. การวัดความแก่ของทุเรียนพันธุ์หมอนทองด้วยความถี่ธรรมชาติและความแข็งแรงก้าน. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 34(4-6 พิเศษ): 17-20.
- Jha,S.N., S. Chopra and A.R.P. Kingsly. 2007. Modeling of color values for nondestructive evaluation of maturity of mango. Journal of Food Engineering 78: 22-26