Agricultural Sci. J. 48 : 3 (Suppl.) : 307–310 (2017) ว. วิทย. กษ. 48 : 3 (พิเศษ) : 307-310 (2560)

# การจำแนกความสุกแก่ของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ด้วยเทคนิคการวัดสีที่สอดคล้องกับคุณสมบัติทางกลและองค์ประกอบทางกายภาพเคมี

# Ripening Classification of Nam Dok-mai Mango with Color Measurement Techniques that Corresponds to Mechanical and Physicochemical Properties.

**เกียรติศักดิ์ ใจโต[1] เทวรัตน์ ตรีอำนรรค[1] ธีรวัฒน์ ชื่นอัศดงคต[2] และ กระวี ตรีอำนรรค[2]**

Kaittisak Jaito[1], Tawarat Tipyavimol[1], Teerawat Chuenatsadongkot[2] and Krawee Treeamnuk[2]

## Abstracts

The objective of this work was to determine the maturity of Nam Dok-mai mango by non-destructive techniques. The CIELAB standard of color measurement was used to predict mango ripeness. The color values obtained were compared with the chemical and mechanical properties such as specific gravity, firmness, total soluble solids, and total acidity was analyzed to determine the relationship between ripening of mango. The results showed that the color of mango peel was possible to classify only 65.0%, which was not precision enough. Therefore, the analysis of other variables affecting mango ripeness classification was necessary. It was found that L* values of peel, b* of peel, a* of flesh, the color difference of peel, and the ratio of total soluble solids with total acidity better classification of ripeness and precision up to 83.3%, with a pre-ripeness stage was 88.8%, ripeness stage was 75.0% and over-ripeness stage was 90.0%.

**Keywords**: nam-dokmai mango, maturity, non-destructive techniques

## บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาระยะความสุก-แก่ของมะม่วงน้ำดอกไม้ด้วยเทคนิคแบบไม่ทำลาย โดยการวัดค่าสีในหน่วย CIELAB ทำนายระยะการสุกแก่ของมะม่วง โดยนำค่าสีที่ได้เทียบกับค่าสมบัติทางเคมีและสมบัติทางกลต่างๆ ได้แก่ ค่าความถ่วงจำเพาะ ความแน่นเนื้อ ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ และปริมาณกรดทั้งหมด เพื่อทำการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์กับความสุก-แก่ของมะม่วงน้ำดอกไม้ ผลจากการทดสอบพบว่าค่าสีที่เปลือกของมะม่วงสามารถจำแนกระยะสุกแก่ได้เพียง 65.0% ซึ่งยังให้ความแม่นยำไม่เพียงพอ ดังนั้นจึงทำการวิเคราะห์ตัวแปรร่วมอื่นที่มีผลต่อการจำแนกระยะความสุกแก่ของมะม่วง พบว่า ค่าสี L* ของเปลือก, b* ของเปลือก, a* ของเนื้อ ค่าผลต่างของสีเปลือก และค่าอัตราส่วนของปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ต่อปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ สามารถจำแนกระยะการสุกได้ดีขึ้นและมีความแม่นยำสูงถึง 83.3% โดยแยกความแม่นยำของระยะดิบได้ 88.8% ระยะสุกได้ 75.0% และระยะสุกงอมได้ 90.0%

**คำสำคัญ**: มะม่วงน้ำดอกไม้ ระยะความสุกแก่ เทคนิคการทดสอบแบบไม่ทำลาย

## คำนำ

มะม่วงน้ำดอกไม้มีรสชาติ หวาน หอม จะต่างกันออกไปตามความสุก-แก่ของผล ลักษณะทางกายภาพจะขึ้นอยู่กับระดับความสุกของผลในขณะที่ทำการเก็บเกี่ยวออกมาจากลำต้น เมื่อมีการเก็บเกี่ยวผลก่อนหรือช้าเกินกว่าวันที่สมควรเก็บเกี่ยว ผลที่ได้มานั้นมีความสุกไม่สม่ำเสมอ (Jha *et al*, 2007) ปัญหาในการคัดเลือกความสุกของมะม่วงนั้นมีมานานนั่นเป็นเพราะว่ามะม่วงมีลักษณะกายภาพภายนอกที่ไม่ต่างกันมากนักไม่ว่าจะเป็นลักษณะของผลที่อ่อน ผลที่สุก และผลที่แก่ มีความคล้ายคลึงกันมาก ทำให้การจำแนกความแตกต่างของผลด้วยการมองด้วยตาเปล่าทำได้ยาก จนทำให้เกิดปัญหาการที่ผู้ซื้อได้ผลที่ยังไม่สุกกลับไปบริโภคอยู่บ่อยครั้ง ดัชนีทั่วไปที่ใช้ตรวจวัดความสุกของมะม่วง มีอยู่หลายวิธีเช่น การสังเกตดูสีผิว ขั้ว ผลเรียบ ปลายผลจะมีสีเข้มกว่ากลางผล เป็นต้น (สำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้, 2016) จะเห็นได้ว่าวิธีดังกล่าวนั้นต้องใช้ความชำนาญและประสบการณ์ของผู้คัดเลือกทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนในการพิจารณาความสุกได้

[1] สาขาวิชาวิศวกรรมเกษตร สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จังหวัดนครราชสีมา 30000

[1] School of Agricultural Engineering, Institute of Engineering, Suranaree University of Technology, Nakhon Ratchasima, 30000

[2] สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จังหวัดนครราชสีมา 30000

[2] School of Mechanical Engineering, Institute of Engineering, Suranaree University of Technology, Nakhon Ratchasima, 30000

การตรวจวัดทางอ้อม โดยอาศัยการวัดที่เปลือก ก้าน จึงเป็นสิ่งที่จำเป็น (Costa *et al*., 2009) เทคนิคการตรวจสอบแบบไม่ทำลายผล ในปัจจุบันเป็นที่แพร่หลายและมีความนิยมที่จะนำมาประยุกต์ใช้อย่างมาก นอกจากนั้นแล้วเทคนิคการตรวจสอบแบบไม่ทำลายยังมีอยู่หลายวิธีที่ใช้กัน เทคนิคการวัดสีที่เปลือกผลก็เป็นหนึ่งในเทคนิคเหล่านั้น เทคนิคการวัดสีเป็นการใช้สเปคโตรสโคปีในช่วงความยาวคลื่นในช่วง 190 ถึง 780 นาโนเมตรซึ่งมีคุณสมบัติใช้ในการตรวจวัดปริมาณแสงและค่า intensity ในช่วงรังสียูวีและช่วงแสงขาวที่ทะลุผ่านหรือถูกดูดกลืนโดยผลไม้ตัวอย่างหรือใช้ในการวัดสีของเปลือกผลไม้ (Syafinar, 2015) ซึ่งมีงานวิจัยที่นำเทคนิคนี้ไปร่วมใช้กับการหาความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะภายนอกของผลกับความสุกของผลอยู่มากกับผลไม้ในหลายชนิด (Omar and MatJafri, 2009)

การดูสีที่เปลือกของมะม่วงนั้นเป็นการบ่งชี้ความสุกแก่วิธีการหนึ่งที่เกษตรกรใช้เป็นดัชนีบอกความสุก-แก่ของมะม่วงที่สะดวกและไม่ทำให้ผลเกิดการช้ำอย่างแน่นอน งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบว่าค่าสีที่เปลือกของมะม่วงมีความสัมพันธ์กับความสุก-แก่ของมะม่วงอย่างมีนัยสำคัญหรือไม่

## อุปกรณ์และวิธีการ

1 **มะม่วงน้ำดอกไม้** มะม่วงน้ำดอกไม้ที่ใช้ได้จากตลาดสุรนคร จังหวัดนครราชสีมา นำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25±1.5°C ความชื้นสัมพัทธ์ 65±5% ทำการตรวจวัดค่าสมบัติทางกายภาพการสุกของมะม่วงทุกวันโดยใช้ตัวอย่างมะม่วงวันละ 20 ผล

2 **วัดสีด้วยเครื่อง spectrophotometer** (Figure 1) ซึ่งประกอบไปด้วย (1) Light source DH-2000 (2) ตัวรับและแปลงสัญญาณ Ocean Optics USB2000+UV/VIS Spectrometer (3) สายไฟเบอร์ออปติค (QR200-7-VIS-NIR Reflection Probes) (4) Notebook ซึ่งลงโปรแกรม Spectra Suite โดยทำการวัดที่ช่วงความยาวคลื่น 190 – 780 nm ก่อนที่จะทำการวัดทุกครั้งต้องทำการวัดค่าจากอุปกรณ์มาตรฐานก่อน (WS-1 Reflectance Standards) ทำการวัดสีในระบบ CIE LAB ที่ผิวเปลือกและเนื้อผลอย่างละ 3 จุด คือ ที่ตำแหน่งใกล้ขั้วผล กลางผล และใกล้ปลายผล อ่านและบันทึกค่าที่ได้แบบ (L*, a*, b*) โดยค่าที่ได้จะแสดงออกมาเป็นค่าความสว่างของสีเปลือกและสีเนื้อ (L_peel, L_flesh), ค่าสีแดงเปลือกและสีเนื้อ (a_peel, a_flesh), ค่าสีเหลืองเปลือกและสีเนื้อ (b_peel, b_flesh)

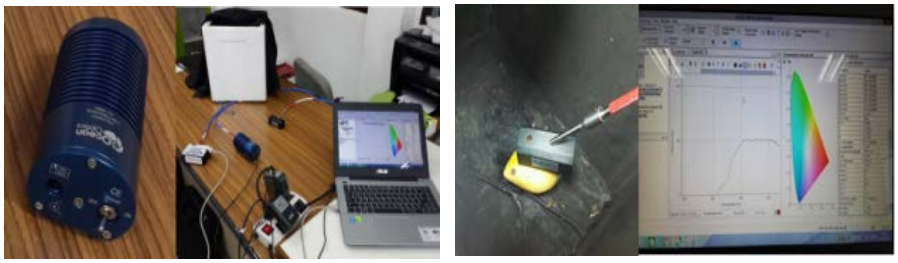


Figure 1 Color measurement with spectrophotometer

3 **ความแน่นเนื้อ** ทำการวัดความแน่นเนื้อทั้งเปลือกและแบบปอกเปลือกออกแล้ว ที่ตำแหน่งใกล้ขั้วผล กลางผล และใกล้ปลายผล แต่ละตัวอย่างนำมาตัดเป็นชิ้นลักษณะลูกบาศก์ด้านละประมาณ 1 cm วัดความแน่นเนื้อโดยใช้ Penetrometer (Chatillon-DFGS50) หัวกดเป็นรูปวงกลมราบ เส้นผ่านศูนย์กลาง 5.0 mm กดลงไปเป็นระยะ 0.5 cm อ่านและบันทึกค่าที่ได้จะได้ค่าความแน่นเนื้อหน่วยเป็น kg ต่อพื้นที่ $cm^2$

4 **ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ (total soluble solids, TSS)** นำสารละลายน้ำมะม่วงที่ได้วัดค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ด้วย Hand refractometer (ATAGO, SINCE 1940) อ่านและบันทึกค่า ค่าที่อ่านได้จาก Hand refractometer ต้องนำมาคูณกลับด้วยค่าคำนวณแฟคเตอร์การละลาย (dilution factor)

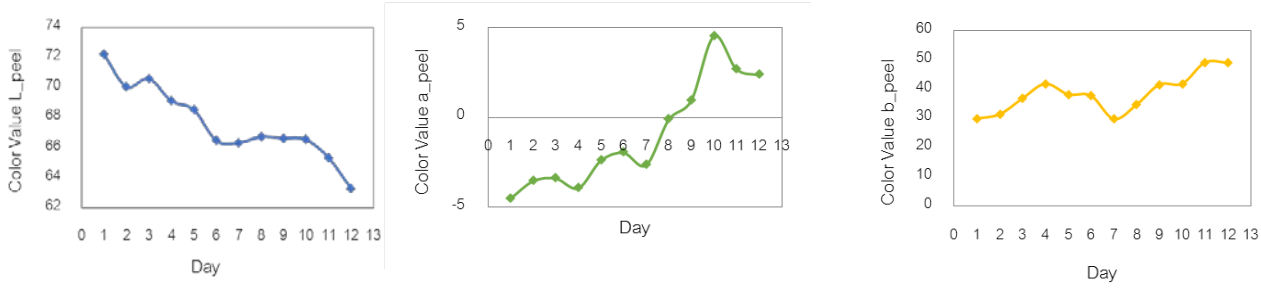
5 **ปริมาณกรดที่สามารถไทเทรตได้ (titratable acidity, TA)** นำสารละลายมะม่วงมาผสมกับ 0.1% ฟีนอฟธาลีนแล้วทำการไทเทรตด้วย 0.1 NaOH แล้วคำนวณเพื่อหาค่าร้อยละของกรดมาลิก (malic acid) โดยสามารถคำนวณหาปริมาณกรดมาลิคได้จาก การวิเคราะห์ปริมาณกรดที่ได้จากการไทเทรต (titratable acidity) โดยเทียบกับกรดมาลิคดัดแปลงจากวิธีการของ AOAC. (2000)

$$\text{ร้อยละของกรดมาลิก} = \frac{\text{N base} \times \text{ml base} \times \text{meq.wt} \times 100}{\text{Mango juice (mL)}} \qquad (1)$$

6 **ทำการวิเคราะห์ผลทางสถิติ** โดยวิเคราะห์หาปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับระยะในการสุกของมะม่วงน้ำดอกไม้หลังจากที่ทำการเก็บเกี่ยวมาแล้ว ในการวิเคราะห์ใช้โปรแกรม SPSS Statistic 22 โดยทำการวิเคราะห์มะม่วงจากตัวอย่างมะม่วงตัวอย่างทุกๆ ผล ทำการแบ่งระยะความสุกออกเป็น 3 ช่วง ได้แก่ ช่วงระยะยังไม่สุก ช่วงระยะสุก และช่วงระยะใกล้เน่าเสีย

## ผลการทดสอบ

สีเปลือกของมะม่วงน้ำดอกไม้เป็นตัวแปรในการตรวจสอบแบบไม่ทำลาย ผลจากการทดสอบพบว่าค่าสีของเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้มีการเปลี่ยนแปลงค่าสีตามระยะเวลาหลังการเก็บเกี่ยวดังแสดงใน Figure 2




(a) L_peel (b) a_peel (c) b_peel

**Figure 2** Relation between color parameters and day after harvesting

เมื่อทำการวิเคราะห์ด้วยการจำแนกกลุ่ม (Discriminant analysis) พบว่าการจำแนกกลุ่มระยะสุกของมะม่วงน้ำดอกไม้ของกลุ่มตัวแปรแบบไม่ทำลายคือ กลุ่มสีของเปลือก (Color of peel ได้แก่ L_peel, a_peel, และ b_peel) มีความสามารถจำแนกระยะสุกแก่ได้ 65% ซึ่งมีความแม่นยำไม่เพียงพอ (Table 1)

**Table 1** Statistical analysis of physical properties

| Variable group | Total correctly classified group (%) | STAGE | Predicted Group Membership (%) | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | unripe | ripe | over ripe |
| Mechanical properties | 54.6 | unripe | 65 | 5 | 30 |
| | | ripe | 21 | 19 | 60 |
| | | over ripe | 0 | 0 | 100 |
| Chemical properties | 69.6 | unripe | 80 | 20 | 0 |
| | | ripe | 25 | 44 | 31 |
| | | over ripe | 0 | 1.7 | 98.3 |
| Color of peel | 65 | unripe | 71.3 | 22.5 | 6.3 |
| | | ripe | 32 | 45 | 23 |
| | | over ripe | 1.7 | 8.3 | 90 |
| Color of flesh | 79.2 | unripe | 92.5 | 7.5 | 0 |
| | | ripe | 25 | 63 | 12 |
| | | over ripe | 0 | 11.7 | 88.3 |
| Color of $\Delta$E | 50.08 | unripe | 60 | 26.3 | 13.8 |
| | | ripe | 52 | 29 | 19 |
| | | over ripe | 5 | 20 | 75 |
| Classified Group | 83.3 | unripe | 88.8 | 11.3 | 0 |
| | | ripe | 14 | 75 | 11 |
| | | over ripe | 0 | 10 | 90 |

จึงพิจารณาร่วมกับตัวแปรแบบทำลายผลโดยแบ่งเป็นกลุ่มตัวแปรของกลุ่มสีเนื้อ (Color of flesh ได้แก่ L_flesh, a_flesh และ b_flesh) ) สามารถจำแนกระยะสุกแก่ได้ 79.2% รองลงมาเป็นสมบัติทางเคมี (Chemical properties ได้แก่ TSS, TA และ TSS/TA) กลุ่มตัวแปรของสมบัติเชิงกล (Mechanical properties ) ได้แก่ f_peel และ f_flesh และกลุ่มค่าความ

แตกต่างของสีที่เปลือก Color of ΔE ดัง Table 1 จากการจำแนกระยะสุกแก่ตามกลุ่มต่าง ๆ ไม่สามารถแยกได้ถูกต้องเพียงพอจึงไม่สามารถใช้ตัวแปรกลุ่มใดกลุ่มหนึ่งในการจำแนกระยะสุกแก่ของมะม่วงน้ำดอกไม้ได้ เมื่อทำการวิเคราะห์ผลด้วยวิธีการ Stepwise คัดเลือกตัวแปรที่มีความสามารถในการจำแนกระยะการสุกพบว่าการใช้ตัวแปร DAY ร่วมกับ L*_peel, b*_peel, a*_flesh, ΔE*_peel และ TSS/ TA มีความสามารถในการจำแนกระยะการสุกแก่ของมะม่วงน้ำดอกไม้ได้ดีที่สุดถึง 83.3% โดยสามารถแยกระยะดิบได้ 88.8% แยกระยะสุกได้ 75% และแยกระยะสุกงอมได้ 90% (Table 1) แต่อย่างไรก็ตามการใช้ตัวแปรที่ทำลายมาร่วมทำนายระยะการสุกทำให้สุญเสียผลผลิตที่เป็นตัวอย่างในการทดสอบจึงควรหาเทคนิคการตรวจสอบอื่น ๆ ที่สามารถวิเคราะห์ได้ถึงองค์ประกอบทางเคมี เช่น ความหวาน หรือ ปริมาณกรดที่ไม่ทำลายผลอย่างเช่นเทคนิค NIR เป็นต้น

## สรุป

ปัจจัยที่สามารถจำแนกระยะสุกของมะม่วงน้ำดอกไม้ออกเป็น 3 ระยะคือ ระยะดิบ ระยะสุก และระยะสุกเกิน การใช้ตัวแปรของสีเปลือกสามารถจำแนกระยะการสุกได้เพียง 65% ดังนั้นการใช้คุณสมบัติของสีเพียงอย่างเดียวหรือกลุ่มใดกลุ่มหนึ่งในการประเมินระยะการสุกอาจจำแนกไม่แม่นยำพอ จากการทดลองจึงใช้ค่า L* ของสีเปลือก, b* ของเปลือก, a*ของสีเนื้อ ค่าผลต่างของสีเปลือก และค่าของปริมานของแข็งที่ละลายได้ส่วนด้วยปริมาณกรดที่ไทเทรตได้สามารถจำแนกระยะการสุกได้ดีขึ้นที่ความแม่นยำ 83.3% โดยแยกความแม่นยำของระยะดิบได้ 88.8% ระยะสุกได้ 75% และระยะสุกงอม 90%

## คำขอบคุณ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ สาขาวิชาวิศวกรรมเกษตร สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ อาคารเครื่องจักรกลการเกษตร และศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ที่สนับสนุนทุนวิจัยและสถานที่ในการทำวิจัยครั้งนี้

## เอกสารอ้างอิง

สำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้. 2016. เทคนิคการเลือกซื้อเลือกเก็บเกี่ยวมะม่วง. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา : http://research.rae.mju.ac.th/raebase/index.php/knowledge/2011/545-mango-sell. (18 ตุลาคม 2559).

AOAC. 2000. Official Method 994.12 Amino Acids in Feed Performic Acid oxidation with Acid Hydrolysis-sodium Mitablulflte Method Firat Action 1994 Final Action 1997. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา : http://webpages.icav.up.pt/PTDC/CVT-NUT/4294/2012/AOAC%202000.pdf. (18 ตุลาคม 2559).

Omar, A.F. and M.Z. MatJafri. 2009. Optical Sensor in the Measurement of Fruits Quality: A Review on an Innovative Approach. International Journal of Computer and Electrical Engineering 5: 1793-8163.

Costa, G., M. Noferini, G. Fiori and P. Torrigiani. 2009. Use of VIS/NIR spectroscopy to assess Fruit Ripening Stage and Improve Management in Post-Harvest chain. Fresh product @2009 Global science book 1: 35-41.

Jha, S.N., S. Choppra and R.P. Kingsly. 2007. Modeling of color values for nondestructive evaluation of maturity of mango. Journal of Food Engineering 78(1) : 22-26.

Syafinar, R. 2015. FT-IR and UV-VIS Spectroscopy Photochemical Analysis of Dragon Fruit. ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences 15: 6354-6358.