

การคัดแยกความอ่อน-แก่ของส้มโอพันธุ์ขาวทองดีด้วยคุณสมบัติการกระแทกเชิงกล Maturity Assessment of Pomelo Based on Impact Method

อาทิตย์ พวงสมบัติ¹ ศิวลักษณ์ ปรูวิรัตน์¹ และ อนุพันธ์ เทอดวงศ์วรกุล¹
Artit Phaungsombut¹, Siwalak Pathaveerat¹ and Anupun Terdwongworakul¹

Abstract

Physical and chemical parameters were investigated for pomelo classification into different maturity levels. A sample of 120 "Tongdee" cultivar pomelos was classified into four sets of maturity levels. Destructive parameters including soluble solids content and acidity were measured. Impact method was carried out on each sample for nondestructive measurement as well as specific gravity determination by means of water replacement. Discriminant analysis using canonical discriminant function with leave-one-out cross validation indicated that the most accurate classification was achieved using destructive and non destructive. The methods destructive parameters were the best to give the accurate classification (77.5 %). Acidity was the best predictor variable and sensitive parameter to grading the pomelo maturity level. The nondestructive parameters give the accurate classification to 55.2 % and position 1/6 of the surface between stem and tail was the best for impact testing

Keyword: Pomelo, Impact method, Non-destructive

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการจำแนกกลุ่มของส้มโอพันธุ์ขาวทองดีที่มีอายุการเก็บเกี่ยวที่แตกต่างกันคือ 6 ½ (ช่วงก่อนอายุการเก็บเกี่ยว), 7 (ช่วงอายุการเก็บเกี่ยว), 7½ (ช่วงอายุการเก็บเกี่ยว), และ 8 เดือน (เริ่มมีอาการช้ำขาวสาร) การทดสอบแบบไม่ทำลายโดยอาศัยตัวแปรคุณสมบัติการกระแทกเชิงกล และ คุณสมบัติทางเคมี ผลจากการวิเคราะห์จำแนกกลุ่มด้วยวิธี Discriminant analysis โดยใช้ค่าทางเคมีให้ผลในการคัดแยกได้ดีพอสมควรอยู่ที่ 77.5 % แต่ในการทดสอบด้วยคุณสมบัติการกระแทกเชิงกลนั้น ค่าในการคัดแยกที่ได้ค่อนข้างต่ำ 55.2 % และ ได้ตำแหน่งที่เหมาะสมในการทดสอบคุณสมบัติการกระแทกเชิงกล คือ ตำแหน่งด้านข้างห่างจากก้นผลขึ้นมา 1/6 ความสูง (ตำแหน่งทดสอบ 5-8)

คำสำคัญ: ส้มโอ, คุณสมบัติการกระแทกเชิงกล, การทดสอบแบบไม่ทำลาย

คำนำ

ส้มโอเป็นผลไม้เพื่อสุขภาพ มีรสชาติดีคือ มีรสหวานอมเปรี้ยวซึ่งขึ้นอยู่กับพันธุ์และมีคุณค่าทางโภชนาการสูง โดยเป็นผลไม้หนึ่งที่มีวิตามินซี สรรพคุณเป็นยาลดไขมันในเลือด แก้ไอ บำรุงกระเพาะอาหาร ช่วยเจริญอาหาร ส้มโอเป็นผลไม้ที่มีเปลือกหนา ทำให้สามารถเก็บรักษาได้นานโดยไม่เสียคุณภาพ และยังมีความปลอดภัยในการส่งออกไปจำหน่ายยังต่างประเทศได้ปีละประมาณ 6,500-7,500 ตัน เป็นมูลค่าถึง 90-100 ล้านบาท (กรมศุลกากร, 2549) ในต่างประเทศภาวการณ์ตลาดของส้มโอในแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้แก่ประเทศ จีน ฮองกง สิงคโปร์ ส่วนทางยุโรปได้แก่ เนเธอร์แลนด์ อังกฤษ แคนาดา ฯลฯ ซึ่งส้มโอก็สามารถเป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการพัฒนาศักยภาพของเกษตรกรไทย

ส้มโอมีช่วงการเก็บเกี่ยวที่ยาวนานคือตั้งแต่ออกดอกจนกระทั่งผลแก่จะใช้เวลา 8 เดือน แต่สามารถเก็บผลได้ตั้งแต่ผลมีอายุ 7 เดือนและยังยืดระยะเวลาเก็บเกี่ยวออกไปถึงอายุประมาณ 10 เดือน (นิรนาม, 2529) ส้มโอพันธุ์ทองดีมีขนาดผลโตปานกลาง รูปทรงกลมแป้น ไม่มีจุดที่ขั้วผล ขั้วผลมีจีบเล็กน้อย ผิวผลเรียบมีสีเขียว ต่อมน้ำมันที่ผิวมีขนาดเล็กเวลาจับที่ผิวจะรู้สึกนิ่มผลมีจำนวนกลีบประมาณ 12-13 กลีบ กุ้งมีสีชมพูอ่อนจนถึงสีชมพูแก่ กุ้งมีรสหวานไม่เปรี้ยว มีเมล็ดมาก (ธวัช, 2533)

การกระแทกผลไม้ด้วยหัวกระแทกทรงกลมขนาดเล็กซึ่งทราบน้ำหนักที่แน่นอน รัศมีความโค้ง และความเร่งของหัวกระแทก ประโยชน์ของวิธีนี้คือการตอบสนองของแรงกระแทกเป็นอิสระจากมวลของผลไม้และมีผลกระทบน้อยมากจากรัศมีความโค้งของผลไม้ Ruiz Altisent *et al.*, (1993) ได้พัฒนาระบบที่ใช้ Impact parameter ในการคัดแยกผลไม้ (apples, pears and avocados) ที่ระดับความแน่นเนื้อต่างๆ และมีผลการศึกษาของ Chen *et al.*, (1996) เมื่อใช้น้ำหนักหัวกระแทกน้อยๆ

¹ ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์กำแพงแสน / ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม 73140
¹ Department of Agricultural Engineering, Faculty of Engineering / Postharvest Technology Innovation Center, Kasetsart University, Kamphaengsaen Campus

(ประมาณ 10 กรัม) สัญญาณที่ได้มีค่ามากขึ้นเมื่อน้ำหนักหัวกระแทกน้อยลง ทำให้เพิ่มค่าดัชนีความแน่นเนื้อ (A/T) ลดความผิดพลาดจากการเคลื่อนที่ของผลไม้เนื่องจากน้ำหนักของหัวกระแทก และลดความเสียหายเนื่องจากการกระแทก Steinmetz (1996) ระบุว่า การใช้หลายเซนเซอร์ในการวิเคราะห์แยกแยะดีกว่าใช้เซนเซอร์ตัวเดียวและ Min-Hsyan Yen and Ye-Nu Wan (2002) ระบุว่าเมื่อใช้หลายพารามิเตอร์ในการวิเคราะห์ความสุกแก่ของผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรความแม่นยำในการแยกแยะจะถูกต้องมากขึ้นกว่าการใช้พารามิเตอร์เพียงตัวเดียว 10 เปอร์เซ็นต์ วัตถุประสงค์ของการทดลองนี้ก็เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการคัดแยกอายุการเก็บเกี่ยวส้มโอพันธุ์ขาวทองดีด้วยคุณสมบัติการกระแทกเชิงกล

อุปกรณ์และวิธีการ

ส้มโอพันธุ์ขาวทองดีจำนวน 120 ผลโดยแบ่งเป็น 4 กลุ่มช่วงอายุการเก็บเกี่ยว คือ 6 ½ (ช่วงก่อนอายุการเก็บเกี่ยว), 7 (ช่วงอายุการเก็บเกี่ยว), 7 ½ (ช่วงอายุการเก็บเกี่ยว), และ 8 เดือน (เริ่มมีอาการข้าวสาร) เยาวรัตน์ (2545) จำนวนกลุ่มๆละ 30 ผล จากนั้นทำการหาคุณสมบัติทางกายภาพ คือ น้ำหนัก ปริมาตร ความสูงผล ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางผล และ อัตราส่วนระหว่างความสูงกับเส้นผ่านศูนย์กลาง (P/E ratio)

ทำการทดสอบคุณสมบัติการกระแทกซึ่งเป็นการทดสอบแบบไม่ทำลาย ด้วยเครื่องทดสอบหาคุณสมบัติการกระแทกประกอบด้วย ดินน้ำมัน, แม่เหล็กไฟฟ้า, เครื่องวัดความเร่ง (BBN CE501 M101), Data Acquisition Unit (NI DAQ 700) (มีเงื่อนไขการทดลองคือ จัดเครื่องมือ ให้มีระยะ $h = 2$ เซนติเมตร หัวกระแทก 10 กรัม เส้นผ่านศูนย์กลาง 6 มิลลิเมตร (Figure1.) และทำการกระแทกอบผลส้มโอจำนวน 9 จุดรอบผล แบ่งวัด 4 ด้านในแนวเส้นศูนย์สูตร 4 จุดห่างกัน 90° ตรงกลางผลโดยวางส้มโอในลักษณะปกติ คือวางให้ขั้วอยู่ด้านบน อีก 4 จุดบนเส้นรอบวงห่างจากกันผลขึ้นมา $1/6$ ความสูงผลห่าง 90° และที่ก้นผลอีก 1 จุด (Figure2.) จะไม่ทำการวัดตรงด้านบนของผลส้มโอเนื่องจากมีเส้นใยมากกว่าส่วนอื่นซึ่งบางผลจะมีมากบางผลจะมีน้อยไม่เท่ากัน เพื่อทำการบันทึกค่า ความเร่งสูงสุด (A) เวลา ณ. ความเร่งสูงสุด (t) และคุณสมบัติเชิงกลของเปลือก (A/t)

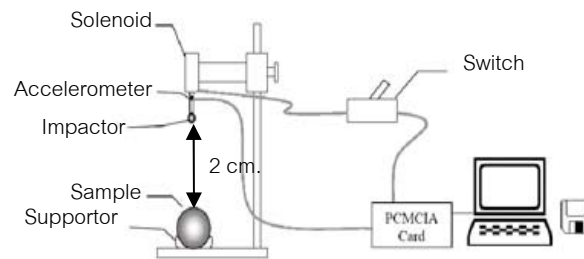


Figure1. The Impact measurement device

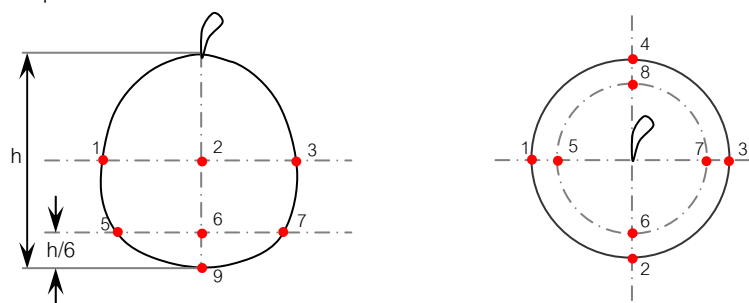


Figure2. Hitting point of the Pomelo on the Impact measurement device

จากนั้นทำการหาค่าทางเคมี คือค่าปริมาณกรดทั้งหมดในน้ำคั้น (TA) ค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในน้ำคั้น (TSS) และ ค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในน้ำคั้น ต่อ ค่าของปริมาณกรดทั้งหมดในน้ำคั้น (TSS/TA)

ผลการทดลอง

จากการศึกษาส้มโอพันธุ์ขาวทองดีที่อายุการเก็บเกี่ยว 6 ½, 7, 7 ½ และ 8 เดือนพบว่าปริมาณ TSS ในน้ำคั้นมีการเปลี่ยนแปลงน้อยมากโดยมีค่าไม่แตกต่างกันมากโดยจะมีค่าอยู่ประมาณ 10.25 – 11.36 Brix การเปลี่ยนแปลงปริมาณของ TA ในน้ำคั้น พบว่าปริมาณของ TA มีค่าลดลงตามอายุการเก็บเกี่ยวที่มากขึ้นแต่จะมีการลงเพียงเล็กน้อย อัตราส่วน TSS/TA จะเพิ่มขึ้นตามอายุของส้มโอ แสดงว่าขณะที่ผลส้มโอยังอ่อนอยู่จะมีรสเปรี้ยวและรสเปรี้ยวของผลนั้นจะลดลงอย่างช้า ๆ พร้อม

กับมีรสหวานมากขึ้นเพราะปริมาณกรดลดลงตลอดการเจริญเติบโตดังแสดงค่าใน Table1. ซึ่งผลที่ได้จะสอดคล้องกับ เยาวรัตน์ (2545)

Table1. Physiological properties of pomelo

MONTH	TOTAL SOLUBLE SOLIDS(TSS)	TOTAL ACIDITY(TA)	TSS/TA
	% brix	mg	
6½	10.80±1.09 ^b	0.77±0.12 ^d	14.40±2.78 ^a
7	10.25±0.47 ^a	0.57±0.05 ^c	18.22±1.49 ^b
7½	10.75±0.74 ^b	0.52±0.06 ^b	20.77±2.64 ^c
8	11.36±0.64 ^c	0.47±0.05 ^a	24.45±2.67 ^d
F-value	34.04	47.63	41.76

ดัชนีความแน่นเนื้อของเปลือกกับระยะเวลาความบิรุรณ์ (Maturity Stage) ของส้มโอโดยใช้เครื่องทดสอบหาคุณสมบัติการกระแทก จากการทดสอบทั้ง 4 ช่วงอายุของส้มโอพบว่า ดัชนีความแน่นเนื้อของเปลือกด้วยวิธีทดสอบหาคุณสมบัติการกระแทก มีค่าเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยโดยที่ช่วงอายุ 7 และ 7½(Maturity) จะมีค่าสูงขึ้นจากกลุ่มช่วงอายุ 6½ อย่างชัดเจนแต่จะไม่ต่างจากกลุ่ม 8 เดือน ไม่มากนักดัง Table2.ซึ่งค่าคุณสมบัติการกระแทกเชิงกลจะมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่

$$\left(\frac{A}{T}\right) = 0.66 \frac{km/s^2}{ms}$$

Table2. Firmness index of pomelo by impact method

MONTH	IMPACT(1-4)	IMPACT(5-8)	IMPACT(1-8)	IMPACT(9)	IMPACT(1-9)
6½	0.523±0.13 ^a	0.531±0.12 ^a	0.527±0.12 ^a	0.587±0.19 ^a	0.534±0.13 ^a
7	0.720±0.11 ^c	0.672±0.12 ^c	0.696±0.12 ^c	0.786±0.17 ^b	0.706±0.13 ^c
7½	0.665±0.08 ^c	0.621±0.08 ^b	0.643±0.09 ^b	0.726±0.16 ^b	0.652±0.10 ^b
8	0.732±0.14 ^b	0.764±0.15 ^d	0.748±0.15 ^d	0.721±0.15 ^b	0.745±0.15 ^d
F-value	9.347	11.640	19.931	1.092	13.663

จากตารางจะเห็นได้ว่าที่ 6½ นั้นจะมีค่า A/T น้อยที่สุดและแตกต่างจากกลุ่มอื่นชัดเจนและในช่วงกลุ่มที่ 7, 7½ และ 8 จะมีค่าไม่แตกต่างกันมากนัก ถ้าดูจากตำแหน่งในการทดสอบจากตาราง ตำแหน่งที่เหมาะสมในการกระแทก คือ (5-8), (1-8) และ (1-9) ซึ่งตำแหน่งที่ (5-8) จะเหมาะสมที่จะใช้ในการทดสอบเพราะทำการทดสอบแค่ 4 จุด

จากนั้นนำข้อมูลที่ได้ทั้งหมดมาทำการทดสอบด้วยวิธีจำแนกกลุ่มแบบ Discriminant Analysis ด้วยโปรแกรม SPSS

1. แบบใช้ค่าทางเคมีเป็นหลัก โดยใช้ค่าของ TSS, TA, TSS/TA, P/E ratio(PE) และ Specific gravity(G) ในการทดสอบแบบจำแนกกลุ่มด้วยวิธี Discriminant analysis จากการวิเคราะห์ค่าในการจำแนกกลุ่มที่ดีที่สุดเท่ากับ 77.5% โดยใช้ตัวแปรทั้งหมด 4 ตัวแปรคือ TA,TSS/TA P/E ratio และ Specific gravity ดัง Table3. และ จากตารางจะเห็นได้ชัดเจนว่าค่าปริมาณกรดจะใช้เป็นตัวแปรในการคัดแยกได้ดีกว่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้

Table3. Classification of pomelo maturity using discriminant analysis and leave-out-cross-validation by chemical properties

Factors	% Prediction by Chemical
TSS,TA	73.3
TSS,TA,TSS/TA	71.7
TA,TSS/TA	74.2
TSS,TSS/TA	70
TA,TSS/TA,G,PE	77.5

2. แบบใช้คุณสมบัติการกระแทก เป็นหลัก โดยใช้ค่าของ ความเร่งสูงสุด (A) เวลา ณ. ความเร่งสูงสุด (t), คุณสมบัติการกระแทกเชิงกลของเปลือก (A/t), P/E ratio(PE) และ Specific gravity(G) โดยที่จะแบ่งวิเคราะห์ตามตำแหน่งที่ทำการทดสอบดังนี้คือ 1-4 (ด้านข้างผล) , 5-8 (ด้านข้างห่างจากก้นผลขึ้นมา 1/6 ความสูง), 1-8, 9 (ด้านก้นผล) และ 1-9 เพื่อหาตำแหน่งในการทดสอบและวิเคราะห์ผลที่เหมาะสม จากการวิเคราะห์แบบจำแนกกลุ่มด้วยวิธี Discriminant analysis การจำแนกกลุ่มที่ดีที่สุดเท่ากับ 55.2% โดยใช้ตัวแปรทั้งหมด 4 ตัวแปรคือ A/T, A, P/E ratio และ Specific gravity และตำแหน่งที่ให้ค่าได้แม่นยำที่สุดคือ 5-8 (ด้านข้างห่างจากก้นผลขึ้นมา 1/6 ความสูง)ซึ่งจะสอดคล้องกับผลการทดลองข้างต้น ดัง Table4.

Table4. Classification of pomelo maturity using discriminant analysis and leave-out-cross-validation by Firmness index

Factors	% Prediction by Firmness Index				
	1-4	5-8	1-8	9	1-9
A/T,G,T,G,PE	51.5	54.4	52.6	44.2	50.6
A/T,A,T	46	54.2	48.6	39.2	48.6
A/T,A, G,PE	49.6	55.2	52.1	46.7	52.1
A/T,G,PE	50.2	54.8	50.8	45	50.8

สรุปผลการทดลอง

จากการวิเคราะห์ข้อมูลคุณสมบัติการกระแทกโดยเปรียบเทียบที่ตำแหน่งที่ใช้ทำการกระแทกด้วยวิธี DMRT พบว่าที่เหมาะสมในการทดสอบคือ คือ (5-8), (1-8) และ (1-9) ซึ่งตำแหน่งที่ (5-8) จะเหมาะสมที่จะใช้ในการทดสอบเพราะทำการทดสอบแค่ 4 จุด

จากการวิเคราะห์จำแนกกลุ่มด้วยวิธี Discriminant analysis ของส้มโอพันธุ์ขาวทองดีจากการวิเคราะห์โดยใช้ค่าทางเคมีให้ผลในการคัดแยกได้ดีพอสมควรอยู่ที่ 77.5 % แต่ในการทดสอบด้วยคุณสมบัติการกระแทกเชิงกลนั้น ค่าในการคัดแยกที่ได้ค่อนข้างต่ำ 55.2 % และ ได้ตำแหน่งที่เหมาะสมในการทดสอบคุณสมบัติการกระแทกเชิงกล คือ ตำแหน่งด้านข้างห่างจากก้นผลขึ้นมา 1/6 ความสูง (ตำแหน่งทดสอบ 5-8)

ในการที่คัดแยกส้มโอด้วยคุณสมบัติแบบไม่ทำลายนั้นจากการทดลองพบว่าไม่สามารถใช้ตัวแปรในการทดสอบเพียงตัวเดียวได้ ซึ่งค่าที่ได้ค่อนข้างต่ำ ซึ่งในการคัดแยกควรเพิ่มตัวแปรอื่นในการทดสอบ หรือใช้หลายตัวแปรร่วมกันจะทำให้ค่าในการทดสอบดีขึ้น

คำขอขอบคุณ

ขอขอบคุณ คณะบัณฑิตวิทยาลัย โครงการพัฒนาระบบบัณฑิตศึกษาและวิจัยเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว และคณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่กรุณาสนับสนุนงบประมาณวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- กรมศุลกากร. 2549. สถิติการนำเข้า-ส่งออกสินค้า. แหล่งที่มา: <http://www.customs.go.th>
- รัชช บุญยทวี. 2533. ส้มโอเพื่อการส่งออก. ชมรมไม้ผลแห่งประเทศไทย. กรุงเทพฯ
- นิรนาม. 2529. การเกษตรกรรมและอุตสาหกรรม. ฝ่ายวิชาการ ธนาคารกสิกรไทย สรุปข่าวธุรกิจ.17(3):1-16
- เยาวรัตน์ วงศ์ศรีสกุลแก้ว. 2545. การเติบโตและพัฒนาการของผลส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้งและลักษณะสำคัญของผลพันธุ์อื่น ๆ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.
- Abbott, J.A.Bachman, G.S., Childers, N.F. Fitzgerald, J.V. and Matuski, F.J. (1968). sonic techniques for measuring texture of fruits and vegetable. Food Technology,22(5),pp,1011-112
- Chen, P.,M., M. Ruiz-Altisent, and P. Barreiro. 1996. Effects of impaction mass on firmness sensing of fruits.Transactions of the ASAE. 39(3): 1019-1023
- Min-Hsyan Yen and Ye-Nu Wan. 2002. Digital signal analysis of guava impact inspection. An ASAE Meeting Presentation Paper No.026070.Chicago, Illinois.
- Steinmetz, V., M Crochon, V.B.Maurel, J.L.G. Fernandez, P.B.Elorza and L.Verstreken.1996. Sensor for fruit firmness assessment:comparison and fusion.J.Agric.Engng.Res.64:15-28.