Agricultural Sci. J. 41 : 1 (Suppl.) : 365-368 (2010) ว. วิทย. กษ. 41 : 1 (พิเศษ) : 365-368 (2553)

# การคัดคุณภาพความสุกแก่ของผลแก้วมังกรโดยใช้ Partial Least Square Regression Model
# Maturity Sorting of Dragon Fruit with Partial Least Square Regression Model

**ใจทิพย์ วานิชชัง[1], บัณฑิต จริโมภาส[2,3] และ อนุพันธ์ เทอดวงศ์วรกุล[2,3]**
Jaitip Wanitchang[1], Bundit Jarimopas[2,3] and Anupun Terdwongworakul[2,3]

**Abstract**

This research was to quantitatively sort the dragon fruit maturity and determine the correlation of the physical, mechanical, physiological and light properties relevant to maturity of dragon fruit using partial least square regression model. Methodology included collection of uniform, intact dragon fruit samples to measurements of the physical and physiological properties with standard methods. The dragon fruit samples were white flesh *(Hylocereus undatus)* and red flesh *(Hylocereus polyrhizus)* varieties, harvested between 23 and 40 days after fruit set. The maturity of dragon fruit was defined as immature stage (23-27 days after fruit set), mature stage (28-30 days after fruit set) and overmature stage (32-40 days after fruit set). Total samples of 520 fruits were separated into calibration set of 416 samples and validation set of 104 samples. The partial least square regression model was applied to analyze the properties of specific weight, sphericity, recovery ratio (flesh weight divided by total weight), fruit firmness, flesh firmness, total soluble solid (TSS), total acidity (TA), TSS/TA ratio, color value L, a, b (in Hunter color system) and light reflectance ratio (R) at 550/680 nm. Result showed that the light reflectance (R) had the highest correlation with the maturity of dragon fruits. The partial least square regression model could precisely predict the light reflectance (R) of dragon fruit out of 3 properties: fruit firmness, color value a and b at the correlation of 0.97 and standard error of prediction of 0.35.

**Key word:** dragon fruit, nondestructive, PLSR

**บทคัดย่อ**

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ คัดคุณภาพความสุกแก่ของผลแก้วมังกรโดยใช้ Partial Least Square Regression Model (PLSR) ทำการทดลองกับผลแก้วมังกร 2 พันธุ์ คือ พันธุ์เนื้อขาว *(Hylocereus undatus)* และพันธุ์เนื้อแดง *(Hylocereus polyrhizus)* โดยการเก็บเกี่ยวผลแก้วมังกรที่อายุ 23 -40 วันหลังดอกบาน และตรวจวัดสมบัติทางกายภาพ ทางกล ทางสรีระวิทยา และทางแสงตามวิธีมาตรฐาน ความสุกแก่ของผลแก้วมังกรแบ่งเป็น 3 ช่วง คือ ช่วงอ่อน (23-27 วันหลังดอกบาน) ช่วงเจริญเต็มที่ (28-30 วันหลังดอกบาน) และช่วงสุกแก่ (32-40 วันหลังดอกบาน) ใช้ผลแก้วมังกรตัวอย่างทั้งสิ้น 520 ผล โดยแบ่งเป็นกลุ่มตัวอย่าง Calibration set 416 ผล และ Validation set 104 ผล ทำการวิเคราะห์ PLSR model โดยใช้โปรแกรม Unscrambler version 9.7 สมบัติที่ใช้ในการคัดคุณภาพ ได้แก่ น้ำหนักจำเพาะ ความกลมของผล อัตราส่วนของน้ำหนักเนื้อต่อน้ำหนักผล ความแน่นเนื้อของผลทั้งเปลือก ความแน่นเนื้อเมื่อไม่มีเปลือก ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ ปริมาณกรด อัตราส่วนของปริมาณของแข็งที่ละลายได้ต่อปริมาณกรด ค่าสีของผลในหน่วย L a และ b และค่าอัตราส่วนการสะท้อนแสงช่วง 550 ต่อ 680 นาโนเมตร ( R550/R680 ) จากการวิเคราะห์ พบว่า ค่าอัตราการสะท้อนแสง (R550/R680) มีความสัมพันธ์กับความสุกแก่ของผลแก้วมังกรมากที่สุดในสมบัติที่ทดสอบ และ PLSR model สามารถทำนายความสุกแก่ของผลแก้วมังกรได้อย่างถูกต้อง โดยไม่ต้องทำลายตัวอย่าง เนื่องจากใช้สมบัติเพียง 3 ด้าน ได้แก่ ความแน่นเนื้อของผลทั้งเปลือก ค่าสีของผล a และ b ได้ความแม่นยำมีค่า Correlation: R=0.97 และ SEP=0.35 เท่านั้น

**คำสำคัญ** แก้วมังกร, ความสุกแก่, การตรวจสอบแบบไม่ทำลาย

---

[1] คณะเกษตรศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก จ. ชลบุรี 20110
[1] Faculty of Agriculture and National Resources Rajamangala University of Technology Tawon_ok, Chonburi 20110
[2] ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จ.นครปฐม 73140
[2] Department of Agricultural Engineering, Faculty of Engineering Kasetsart University Kamphaengsaen Campus, NaKhonPathom 73140
[3] ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ นครปฐม 73140
[3] Postharvest Technology Innovation Center, Kasetsart University, Nakhon Pathom 73140

## คำนำ

การคัดคุณภาพของผลไม้เป็นกระบวนการหลังการเก็บเกี่ยวที่มีความสำคัญต่อการจำหน่าย ทั้งนี้เนื่องจากผู้บริโภคต้องการผลไม้ที่มีคุณภาพดีเท่านั้น การสร้างภาพลักษณ์ที่ดีของผลไม้ไทยจำเป็นจะต้องคัดแยกผลไม้ที่มีคุณภาพดีออกจากผลไม้ที่ด้อยคุณภาพ และการคัดคุณภาพของผลไม้ส่วนใหญ่ใช้คน โดยการใช้ประสาทสัมผัสทุกส่วน แต่การใช้แรงงานคนทำให้การทำงานทำได้ช้า และมีข้อจำกัด จึงได้มีการพัฒนาเครื่องมือในการคัดคุณภาพของผลไม้ แบบไม่ทำลาย (Non destructive) แต่ผลไม้แต่ละชนิดมีคุณสมบัติเฉพาะตัวที่แตกต่างกันไป ทั้งคุณสมบัติทางกายภาพ ทางกล ทางแสง และทางสรีระวิทยา การนำคุณสมบัติต่างๆเหล่านี้มาใช้ในการวิเคราะห์ เพื่อพัฒนาการคัดคุณภาพของผลแก้วมังกร ร่วมกับการวิเคราะห์ทางสถิติ เพื่อลดความผันแปรที่อาจเกิดขึ้น การใช้ Partial Least Square Regression Model ((PLSR) model) ในการคัดคุณภาพของแก้วมังกรจึงเป็นเรื่องที่น่าศึกษา

## อุปกรณ์และวิธีการ

เก็บเกี่ยวผลแก้วมังกรพันธุ์เนื้อขาวและพันธุ์เนื้อแดง ที่ 23-40 วันหลังดอกบาน วันที่ 23-30 เก็บเกี่ยวทุกวัน หลังจากนั้นเก็บวันเว้นวัน เก็บเกี่ยวครั้งละ 20 ผล รวม 520 ผล ตรวจวัดสมบัติทางกายภาพ เพื่อหาน้ำหนักจำเพาะ รูปร่าง (ความกลม:sphericity) อัตราส่วนน้ำหนักเนื้อต่อน้ำหนักทั้งผล (recovery) ตรวจวัดสีในหน่วย L a b และค่าการสะท้อนแสง Light reflectance ช่วง 400-700 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง Hunter color Flex คำนวณค่าอัตราส่วนการสะท้อนแสงที่ 550 และ 680 นาโนเมตร ตรวจวัดค่าความแน่นเนื้อของผลทั้งที่มีเปลือก (fruit firmness) และไม่มีเปลือก (flesh firmness) ด้วยเครื่อง Universal Testing Machine Lloyd EZ20 โดยใช้หัวกดแบบหัวมน ขนาด 8 มิลลิเมตร กดที่ความเร็ว 30 มิลลิเมตรต่อนาที (ASAE standard, 1998) คำนวณค่าความแน่นเนื้อจากค่าความลาดชันของกราฟแรงและการเปลี่ยนรูป (force deformation graph )ที่ 30 เปอร์เซ็นต์ของแรงกดสูงสุด ตรวจวัดค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ด้วยเครื่อง Refractometer AGATO และปริมาณกรดในน้ำคั้น โดยการไตเตรตด้วย NaOH 0.1 N จนถึง pH 8.2 เมื่อวัดด้วย pH meter Mettler Toledo จะได้สมบัติทางกายภาพ ทางแสง ทางกล และทางสรีรวิทยาของผลแก้วมังกรทั้งหมด 12 ค่า

กำหนดคุณภาพของผลแก้วมังกรตามความสุกแก่ เป็น 3 ระดับ คือ Immature stage 23-27 วันหลังดอกบาน Mature stage 28-30 วัน และ Overmature stage 32-40 วัน หาความสัมพันธ์ระหว่างคุณสมบัติของแก้วมังกรกับความสุกแก่ โดยการใช้โปรแกรม SPSS v.10 วิเคราะห์ Anova เพื่อหาคุณสมบัติที่มีอิทธิพลต่อความสุกแก่มากที่สุด เพื่อใช้เป็นตัวแปร ที่ต้องการทำนาย โดยดูจากค่า F การวิเคราะห์ PLSR ใช้โปรแกรม Unscramble v.9.7

## ผลและวิจารณ์

คุณสมบัติของผลแก้วมังกรทั้ง 520 ผล เมื่อแบ่งกลุ่มตามความสุกแก่ จะมีความแตกต่างกันทุกค่า ยกเว้น ค่าสี L (Table1) พบว่าค่า Reflectance ratio ช่วง 550และ 680 นาโนเมตร มีค่า F มากที่สุด จึงเลือกให้เป็นตัวแปรที่ต้องการทำนาย

**Table 1** Properties of dragon fruit define by maturity and F value

| Properties | Maturity stage | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | Immature(1) | Mature (2) | Over mature (3) | F | sig |
| TSS | 9.98 ± 3.36a | 15.37 ± 1.56b | 16.76± 1.20c | 454.803 | 0.000 |
| TA | 0.99 ± 0.58a | 0.49 ± 0.16b | 0.21 ± 0.07c | 225.340 | 0.000 |
| TASTE | 13.69 ± 7.37a | 35.49 ± 12.89b | 91.74 ± 35.80c | 578.984 | 0.000 |
| L | 31.19 ± 3.99a | 31.20 ± 3.45a | 31.66 ± 2.54a | 1.188 | 0.306 |
| A | -3.16 ± 5.30a | 16.26 ± 7.21b | 24.68 ± 5.14c | 1217.663 | 0.000 |
| B | 12.54 ± 2.19c | 7.63 ± 2.05b | 4.67 ± 1.67a | 809.664 | 0.000 |
| Reflectance ratio | 3.09 ± 0.81c | 0.78 ± 0.56b | 0.27 ± 0.19a | 1273.455 | 0.000 |
| Fruit firmness | 11.07 ± 3.91c | 5.45 ± 0.90b | 4.46 ± 1.05a | 373.212 | 0.000 |
| Flesh firmness | 2.33 ± 0.75c | 1.64 ± 0.43b | 1.28 ± 0.34a | 185.173 | 0.000 |
| Sphericity | 70.56 ± 8.5a | 73.60 ± 10.43b | 78.06 ± 10.16c | 30.583 | 0.000 |
| Recovery | 40.26 ± 8.93a | 61.40 ± 6.63b | 75.31 ± 5.22c | 1210.020 | 0.000 |
| Sp.wt | 1.02 ± 0.03a | 1.05 ± 0.05b | 1.07 ± 0.02c | 113.507 | 0.000 |

**Table2** Properties of dragon fruit in PLSR model

| Model | No. of properties | Properties |
|---|---|---|
| 1 | 11 | TSS, TA, Taste, Sp.wt, Sphericity, Recovery, Fruit firmness, Flesh firmness, L, a, b |
| 2 | 8 | TSS, TA, Taste, Sphericity, Recovery, Fruit firmness, a, b |
| 3 | 6 | TSS, Taste, Recovery, Fruit firmness, a, b |
| 4 | 4 | Recovery, Fruit firmness, a, b |
| 5 | 3 | Fruit firmness, a, b, |
| 6 | 2 | a, b |

**Table 3** Regression coefficient of PLSR model

| Properties | Model | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| TSS | -0.254 | -0.257 | -0.362 | | | |
| TA | 0.205 | 0.203 | | | | |
| TSS/TA | 0.355 | 0.355 | 0.285 | | | |
| Sp.wt | -0.007 | | | | | |
| Sphericity | -0.054 | -0.053 | | | | |
| Recovery | -0.302 | -0.299 | -0.371 | -0.035 | | |
| Fruit Firmness | 0.370 | 0.374 | 0.426 | 0.43 | 0.593 | |
| Flesh | -0.013 | | | | | |
| L | 0.022 | | | | | |
| a | -0.915 | -0.912 | -0.784 | -1.027 | -0.929 | -1.149 |
| b | 0.568 | 0.572 | 0.465 | 0.541 | 0.623 | 0.764 |

**Table 4** Statistical result of PLSR models

| Model | Calibration (n=416) | | Validation | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Correlation ( R ) | SEC | Correlation ( R ) | SEP | Bias | Sig* |
| 1 | 0.97 | 0.33 | 0.97 | 0.34 | -0.0022 | |
| 2 | 0.97 | 0.33 | 0.97 | 0.33 | -0.0003 | ns |
| 3 | 0.97 | 0.36 | 0.97 | 0.35 | 0.0019 | ns |
| 4 | 0.97 | 0.36 | 0.97 | 0.36 | 0.0004 | ns |
| 5 | 0.97 | 0.36 | 0.97 | 0.35 | -0.0012 | ns |
| 6 | 0.96 | 0.40 | 0.96 | 0.40 | -0.0016 | * |

Note: *Sig value of Lower and upper limits of a 95% confidence of (SEP1/SEP2) x (1/L) and (SEP1/SEP2) x L

SEP1 is from the model 1

SEP2 is from the model 2,3,4,5,6

การวิเคราะห์ PLSR model 1 ใช้คุณสมบัติของแก้วมังกร Reflectance ratio (R550/680) เป็นตัวแปรที่ต้องการทำนาย (Y variable) และใช้สมบัติอื่นๆอีก 11 ค่าเป็นตัวทำนาย (X variable) ตัวแปรที่มีอิทธิพลในการทำนายน้อยจะถูกตัดออกไป เพื่อลดตัวแปรลง จากการวิเคราะห์ จะได้ PLSR model จำนวน 6 model ที่มีตัวแปรลดลง (Table 2) การตัดตัวแปรพิจารณาจากค่า regression coefficient ซึ่งแสดงให้เห็นในตารางที่3 (Table3) จะเห็นว่า เมื่อตัวแปรลดลงค่า 8jk regression coefficient จะสูงขึ้น ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของ PLSR model ทั้ง Calibration set และ Validation set แสดงใน ตารางที่ 4 (Table 4) พบว่า model ทั้ง 6 มีค่า correlation ค่า SEC และ SEP ใกล้เคียงกันมาก มีค่า R อยู่ระหว่าง 0.96-0.97 และมี

ค่า SEP อยู่ระหว่าง 0.33-0.40 ทำให้ไม่สามารถตัดสินใจเลือกได้ จึงทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบ ค่า (SEP1/SEP2)*(1/L) กับ ค่า (SEP1/SEP2)*L โดยถ้าค่าที่เปรียบเทียบกันนี้ มีค่ามากกว่า 1 แสดงว่า model ทั้ง 2 ที่เปรียบเทียบกัน มีความสามารถในการทำนายไม่แตกต่างกัน (Snedecor and Cochran, 1989) โดย ให้ model ที่ 1 ซึ่งมีการใช้ตัวแปรมากที่สุด และสามารถทำนายได้ดีที่สุด เป็นหลัก จากการเปรียบเทียบ พบว่า model 1 ถึง 5 สามารถทำนายค่า Reflectance ratio ได้ไม่แตกต่างกัน model ที่ 5 เป็น model ที่ดีที่สุด เนื่องจากใช้คุณสมบัติของแก้วมังกร เพียง 3 ค่า คือ ค่าความแน่นเนื้อทั้งเปลือก ค่าสี a และ b ในการทำนายค่า Reflectance ratio และคุณสมบัติทั้ง 3 ตัวนี้ สามารถใช้ทำนายแบบไม่ทำลายตัวอย่างได้ด้วย

## สรุป

ค่าอัตราการสะท้อนแสง (R550/R680) มีความสัมพันธ์กับความสุกแก่ของผลแก้วมังกรมากที่สุดในสมบัติที่ทดสอบ และ PLSR model สามารถทำนายความสุกแก่ของผลแก้วมังกรได้อย่างถูกต้อง โดยไม่ต้องทำลายตัวอย่าง เนื่องจากใช้สมบัติเพียง 3 ด้าน ได้แก่ ความแน่นเนื้อของผลทั้งเปลือก ค่าสีของผล a และ b ได้ความแม่นยำมีค่า Correlation: R=0.97 และ SEP=0.35 เท่านั้น

## ขอขอบคุณ

โครงการพัฒนาบัณฑิตศึกษาและวิจัยเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก ที่ให้การสนับสนุนการวิจัยครั้งนี้

## เอกสารอ้างอิง

ASAE Standard. 1998. Compression test of food materials of convex shap. ASAE 368.2 Mar 95 American Society Agricultural Engineers, St.Joseph, East Lansing, MI, USA

Snedecor, G.W. and W.G., Dochran. 1989. Statistical Methods. Iowa State University Press, Eighth edition Ames, IA, USA.