

โมเดลคณิตศาสตร์ประเมินปริมาตรและการจัดเกณฑ์คุณภาพของผลชมพูไทย  
Mathematical Model Estimating Volume and Quality Grading of Thai Rose Apple Fruit

บัณฑิต จริโมภาส<sup>1</sup> และ ชนิตา บุพตา<sup>1</sup>  
Bundit Jarimopas<sup>1</sup> and Chanida Bupata<sup>1</sup>

Abstract

The purpose of this research was to a.) design a mathematical model estimating volume of a rose apple fruit based on conical shape assumption, b.) study quality grading of rose apple for 3 cultivars, i.e. Toon Glao, Tubtimjan and Thongsamsri graded by growers. Result showed that the linear regression between true volume ( $V_t$ ) and estimated volume ( $V_e$ ) for the 3 cultivars is  $V_t = 1.8528V_e - 54.298 \text{ cm}^3$  ( $R^2 = 0.92$ ),  $V_t = 0.792V_e + 20.187 \text{ cm}^3$  ( $R^2 = 0.99$ ),  $V_t = 0.888V_e - 2.9392 \text{ cm}^3$  ( $R^2 = 0.98$ ) respectively.

Toon Glao cultivar were divided into 3 classes namely Yod, Piset, Taeg with average fruit weight 100.70, 73.13 and 88.96 grams respectively. Tubtimjan cultivar for the foreign market consisted of 5 grades, i.e. 4A (152.09 gm), 3A (131.73 gm), 2A (119.54 gm), A (94.98 gm) and blemish respectively. For the local market there were 3 grades, i.e. big (128.78 gm), medium (111.23 gm), blemish respectively. Thongsamsri was divided into 6 grades, i.e. 5A (3-4 fruit/kg), 4A (4-5 fruit/kg), 3A (6 fruit/kg), 2A (8 fruit/kg), A (10 fruit/kg), blemish. Each grade when exported must be premium quality and without blemish.

**Keywords :** Mathematical Model, Grading, Rose Apple

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เพื่อที่จะ ก.) สร้างสมการเพื่อคาดคะเนปริมาตรของผลชมพู ข.) ศึกษาการจัดเกณฑ์คุณภาพของชมพู โดยใช้ผลชมพู 3 พันธุ์ คือ ทูลเกล้า ทับทิมจันทร์ และทองสามสีที่คัดแยกโดยเกษตรกร ผลการศึกษาปรากฏว่า สมการความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรจริง ( $V_t$ ) และปริมาตรประเมิน ( $V_e$ ) โดยใช้สมมติฐานว่าชมพูมีรูปทรงคล้ายทรงกรวยสำหรับชมพูพันธุ์ทูลเกล้า, ทับทิมจันทร์ และทองสามสี เป็น  $V_t = 1.8528V_e - 54.298 \text{ cm}^3$  ( $R^2 = 0.92$ ),  $V_t = 0.792V_e + 20.187 \text{ cm}^3$  ( $R^2 = 0.99$ ),  $V_t = 0.888V_e - 2.9392 \text{ cm}^3$  ( $R^2 = 0.98$ ) ตามลำดับ

ชมพูทูลเกล้าแบ่งเป็น 3 เกรด คือ ยอด พิเศษ เบอร์แตก มีน้ำหนักเฉลี่ยแต่ละเกรดดังนี้ 100.70, 73.13 และ 88.96 กรัม ตามลำดับ ส่วนชมพูพันธุ์ทับทิมจันทร์แบ่งเป็นตลาดต่างประเทศและตลาดในประเทศ ซึ่งตลาดต่างประเทศมี 5 เกรด คือ 4A, 3A, 2A, A และ ต่าหนิ มีน้ำหนักเฉลี่ยดังนี้ 152.09, 131.73, 119.54, 94.98 และ 117.08 กรัม ตามลำดับ ส่วนตลาดในประเทศแบ่งเป็น 3 เกรด คือ ใหญ่ กลาง และ ต่าหนิ มีน้ำหนักเฉลี่ยดังนี้ 128.78, 111.23, 136.02 กรัม ตามลำดับ และชมพูพันธุ์ทองสามสี แบ่งเป็น 6 เกรด คือ 5A, 4A, 3A, 2A, A และ แดก ซึ่งมีเกณฑ์ดังนี้ 3-4 ผล/kg, 4-5 ผล/kg, 6 ผล/kg, 8 ผล/kg, 10 ผล/kg, เบอร์แตกจะรวมทุกขนาด แต่ละเกรดของชมพูทุกพันธุ์ที่ขายในตลาดต่างประเทศจะต้องมีคุณภาพดีที่สุด ผลปลอดจากตำหนิ ยกเว้นตำหนิเล็กน้อยที่ไม่สามารถมองเห็นได้ และไม่มีผลต่อรูปลักษณะทั่วไปของผล ส่วนตลาดภายในประเทศผลจะมีตำหนิได้เล็กน้อย และเบอร์แตกหรือตำหนิคือส่วนที่ผลมีตำหนิอย่างชัดเจน เช่น รอยแตก ที่ไม่ทำให้เน่าเสีย

**คำสำคัญ :** โมเดลคณิตศาสตร์, เกณฑ์คุณภาพ, ชมพูไทย

คำนำ

ชมพูเป็นผลไม้ของเขตร้อนที่สำคัญทางเศรษฐกิจชนิดหนึ่งของไทย ซึ่งในแต่ละปีประเทศไทยนั้นมีการส่งออกชมพูมากถึง 65,000 ตัน/ปี (ข้อมูลปี 41) โดยมีการปลูกชมพูกันมากในจังหวัดเพชรบุรี และนครปฐม (จันทร์จิรา, 2546) ปัจจุบันชมพูได้รับความนิยมจากผู้บริโภคไม่แพ้ผลไม้ชนิดอื่น ดังนั้นพื้นที่ปลูกชมพูจึงขยายตัวมากขึ้นเป็นลำดับ มีการปลูกเป็นลำเป็นสันมากขึ้นและมีการพัฒนาวิธีการปลูกและการปฏิบัติที่ช่วยให้ชมพูออกดอกติดผลตามช่วงเวลาที่ต้องการได้ ผลผลิตส่วนใหญ่ใช้บริโภคกันภายในประเทศ นอกจากนี้ยังส่งไปต่างประเทศ ได้แก่ฮ่องกงและสิงคโปร์ (สุพจน์, 2543)

<sup>1</sup>ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน อ.กำแพงแสน จ.นครปฐม 73140

<sup>1</sup>Department of Agricultural Engineering, Kamphaengsaen Engineering Faculty, Kasetsart University, Nakhon Pathom 73140

ชมพู่ที่ปลูกกันในปัจจุบันนี้มีอยู่หลายพันธุ์ แต่พันธุ์เศรษฐกิจที่น่าสนใจมีดังนี้(เปรมปรี, มปป) ทูลเกล้า, ทับทิมจันทร์ และทองสามสี พันธุ์ทูลเกล้าปลูกมากในแถบอำเภอสามพราน จังหวัดนครปฐม ทูลเกล้าเป็นชมพู่ที่มีรูปทรงผลสวย ผลค่อนข้างยาว สีผลออกสีเขียวอมเหลือง แต่ในช่วงร้อนสีจะออกขาวซีด ส่วนชมพูพันธุ์ทับทิมจันทร์ ปลูกมากในอำเภอสามพราน จังหวัดนครปฐม และอำเภอดำเนินสะดวก จังหวัดราชบุรี เป็นพันธุ์ที่ได้รับความนิยมมากที่สุดในตลาด โดยที่เป็นชมพู่ที่มีผลขนาดใหญ่ ไม่มีเมล็ด รูปร่างผลสวยทรงระฆัง สีแดงเข้ม ผิวมันเป็นประกาย มีสันขึ้น เป็นแนวตามยาวของผล และชมพูพันธุ์ทองสามสีพบมากในอำเภอดำเนินสะดวก อำเภอดำเนินสะดวก จังหวัดราชบุรี พันธุ์นี้มีความโดดเด่นทางด้านรสชาติที่หวานกรอบ มีสีแดงสวยงามน่ารับประทาน ทรงผลคล้ายระฆัง ไม่มีเมล็ด

การขายชมพูของเกษตรกรในปัจจุบันจะมีการแยกเป็นเกรดต่างๆ การคัดขนาดเรียกเป็นเกรดหรือเป็นเบอร์ตามขนาดในแต่ละพันธุ์หรือสวนหรือแหล่งจำหน่ายจะมีการคัดขนาดผลแตกต่างกันไปทั้งขนาดและการเรียกชื่อ ขนาดผลนั้นโดยทั่วไปจะคัดขนาดผลตามความรู้สึกที่เห็น เช่นอาจแบ่งเป็นผลขนาดใหญ่ ขนาดกลางและขนาดเล็ก เช่นชมพูเพชรเบอร์ใหญ่มีจำนวน 7 ผลต่อกิโลกรัม เป็นต้น ชมพูแต่ละพันธุ์มีการคัดขนาดผลแตกต่างกัน (สุพจน์, 2543)

### วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาระบบการจัดเกณฑ์คุณภาพของชมพูพันธุ์เศรษฐกิจเพื่อตลาดบริโภคผลสด
  2. เพื่อสร้างสมการสำหรับการคาดคะเนปริมาตรของผลชมพูพันธุ์เศรษฐกิจ
- ผลที่ได้จากการศึกษาจะเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาแบบและอุปกรณ์คัดแยกคุณภาพผลชมพู

### อุปกรณ์และวิธีการ

วิธีการศึกษาเป็นดังนี้ คือ

#### 1.) การหาโมเดลคณิตศาสตร์ประเมินปริมาตรผลชมพู

ผลชมพูถูกสมมุติว่ามีลักษณะใกล้เคียงกับรูปทรงกรวยซึ่งสามารถหาปริมาตรได้จาก  $V = \frac{\pi}{3} \tan \theta \cdot d^3$  เมื่อ  $\theta$  (มุมความลาดเอียงของตัวผลกับระนาบของก้นผล) = 75 องศา (พันธุ์ทูลเกล้า) 79 องศา (ทับทิมจันทร์และทองสามสี) วัดเส้นผ่าศูนย์กลางมากที่สุด ( $d_{Max}$ ) เส้นผ่าศูนย์กลางน้อยที่สุด ( $d_{Min}$ ) ความสูง ( $h$ ) ของแต่ละผล ซึ่งน้ำหนักชมพูในอากาศ ( $W$ ), น้ำหนักในน้ำของแต่ละผล ตัวเลขน้ำหนักในน้ำเป็นกรัมคือค่าปริมาตรจริงของผลชมพู  $V_t$  เป็น  $cm^3$  (บัณฑิต, 2545) คำนวณค่าเฉลี่ย  $d_{Max}$  และ  $d_{Min}$  ของแต่ละผล แล้วนำค่าเฉลี่ยนี้ไปคำนวณหา  $V_e$  (ปริมาตรประเมิน) นำค่าที่ได้ต่างๆ ไปสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง  $V_t$  กับ  $V_e$  เพื่อวิเคราะห์หาสมการที่เหมาะสมและค่า  $R^2$  ใช้ตัวอย่างผลชมพูแต่ละพันธุ์ ขนาดละ 60 ผล (3 ขนาด เล็ก กลาง ใหญ่)

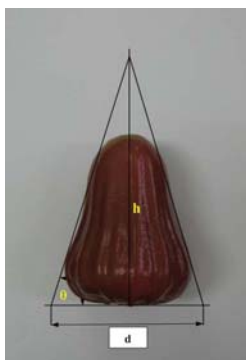


Figure 1 assume shape rose apple look like a cone.

#### 2.) การหาเกณฑ์คุณภาพของชมพูไทย

เก็บข้อมูลจากแหล่งปลูกชมพูแต่ละพันธุ์ ใช้ตัวอย่างจำนวน 5 สวน (ทูลเกล้า 1 สวน ทับทิมจันทร์ 3 สวน ทองสามสี 1 สวน) โดยสุ่มมาขนาดละ 20 ผล (เล็ก กลาง ใหญ่) วัดเส้นผ่าศูนย์กลางมากที่สุด ( $d_{Max}$ ) เส้นผ่าศูนย์กลางน้อยที่สุด ( $d_{Min}$ ) ความสูง ซึ่งน้ำหนักชมพูของแต่ละผล คำนวณค่าเฉลี่ย  $d_{Max}$  และ  $d_{Min}$  ของแต่ละผล สังเกตตำหนิที่เกิดขึ้น และแยกประเภทของตำหนิออกเป็น 4 ชนิด ดังนี้ ข้ำ, ถลอก, บาด, แตก พร้อมทั้งคำนวณหาขนาดของรอยตำหนิ สอบถามข้อมูลการคัดขนาดและการจัดเกรดจากเกษตรกรโดยใช้แบบสอบถามที่เตรียมไป

ผลการทดลองและวิจารณ์

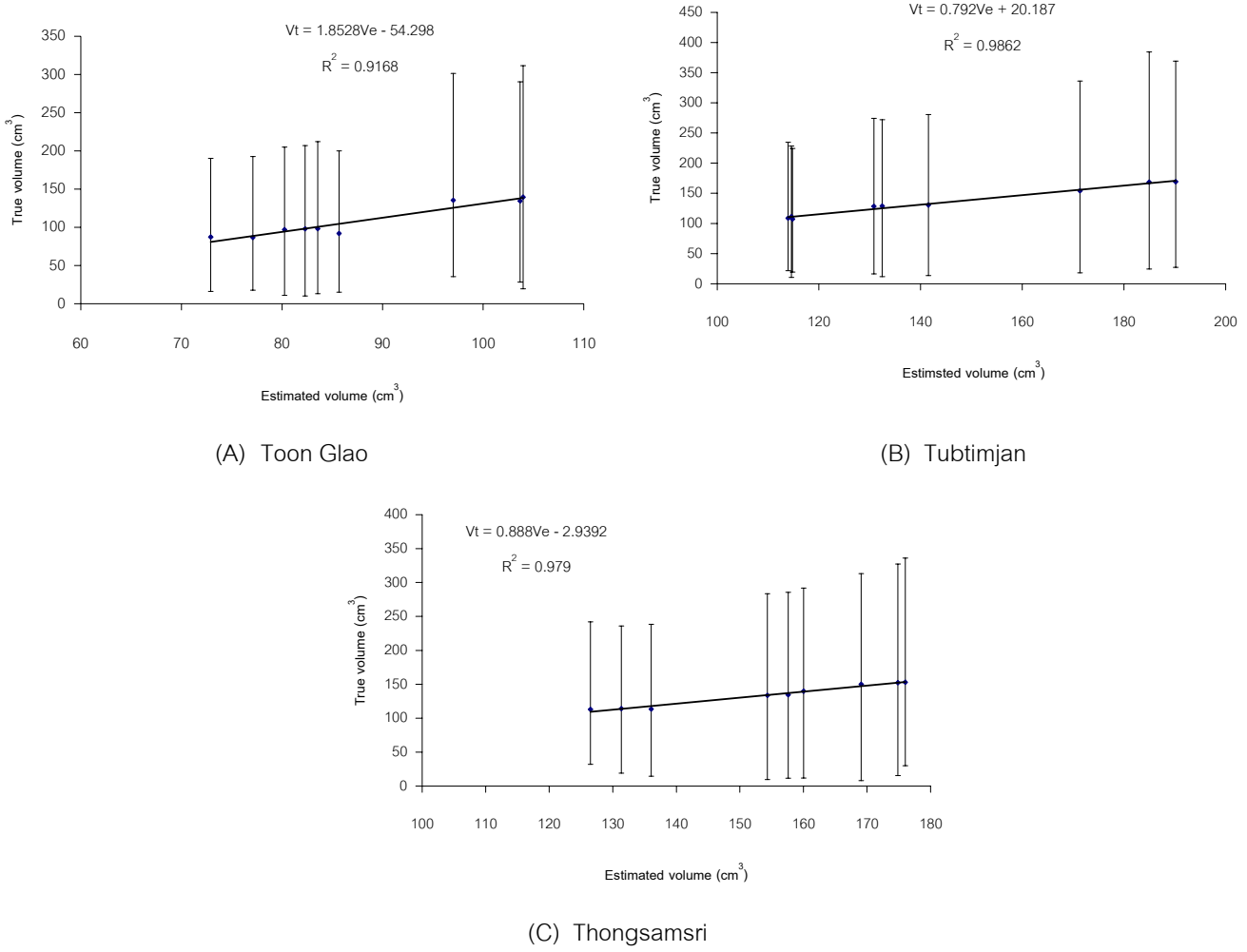


Figure 2 Linear regression of the true volume and estimated volume

เมื่อใช้สมมติฐานว่าชมพูมีลักษณะใกล้เคียงกับทรงกรวย และนำเอาปริมาตรชมพูจริงมาทำ linear regression กับ ปริมาตรที่คำนวณได้จากเส้นผ่าศูนย์กลางผลจะได้สมการพหุนามกำลังสาม, ทับทิมจันทร์ และทองสามสี ดังนี้  $V_t = 1.8528V_e - 54.298$  ( $R^2 = 0.92$ ),  $V_t = 0.792V_e + 20.187$  ( $R^2 = 0.99$ ),  $V_t = 0.888V_e - 2.9392$  ( $R^2 = 0.98$ ) ตามลำดับ (figure 2) นี่ทำให้เห็นตัวเลขปริมาตรผลชมพูขึ้นอยู่กับเส้นผ่าศูนย์กลางผลอย่างเดียว

จากการสำรวจตลาดเก็บข้อมูลของชมพูพันธุ์ทูลเกล้า, ทับทิมจันทร์ และทองสามสีจากแหล่งปลูกพบว่า ในแต่ละพันธุ์ จะมีการแบ่งเกรดแตกต่างกันออกไป โดยชื่อที่ใช้เรียกแต่ละเกรดก็จะแตกต่างกันขึ้นอยู่กับพ่อค้าคนกลางจะเป็นผู้กำหนด การแบ่งเกรดของชมพูพันธุ์ทูลเกล้าแบ่งเป็น 3 เกรด คือ ยอด พิเศษ เบอร์แตก มีน้ำหนักเฉลี่ยแต่ละเกรดดังนี้ 100.70, 73.13 และ 88.96 กรัม ตามลำดับ ส่วนชมพูพันธุ์ทับทิมจันทร์แบ่งเป็นตลาดต่างประเทศและตลาดในประเทศ ซึ่งตลาดต่างประเทศมี 5 เกรด คือ 4A, 3A, 2A, A และ ต่ำหนิ มีน้ำหนักเฉลี่ยดังนี้ 152.09, 131.73, 119.54, 94.98 และ 117.08 กรัม ตามลำดับ ส่วนตลาดในประเทศแบ่งเป็น 3 เกรด คือ ใหญ่ กลาง และ ต่ำหนิ มีน้ำหนักเฉลี่ยดังนี้ 128.78, 111.23, 136.02 กรัม ตามลำดับ และชมพูพันธุ์ทองสามสี แบ่งเป็น 6 เกรด คือ 5A, 4A, 3A, 2A, A และ แดก ซึ่งมีเกณฑ์ดังนี้ 3-4 ผล/kg, 4-5 ผล/kg, 6 ผล/kg, 8 ผล/kg, 10 ผล/kg, เบอร์แตกจะรวมทุกขนาด และในการตรวจสอบปริมาณความเสียหายหรือรอยตำหนิ ของชมพู โดยแบ่งประเภทของตำหนิออกเป็น 4 ประเภท คือ ช้ำ ถลอก แดก บาด จาก Table 1 พบว่าชมพูที่ขายในประเทศ สำหรับทุกพันธุ์จะมีความเสียหายมากกว่าชมพูที่ส่งขายต่างประเทศ เบอร์ตำหนิจะมีความเสียหายสูงที่สุดในทุกๆ พันธุ์ ชมพู ที่ส่งขายตลาดต่างประเทศถึงแม้จะมีเปอร์เซ็นต์ความเสียหาย ช้ำและถลอกใกล้เคียงกับตลาดในประเทศ แต่เมื่อดูพื้นที่ความเสียหายเฉลี่ยต่อผลพบว่าจะมีค่าน้อยกว่า ส่วนแตกและบาดจะน้อยกว่าผลที่ขายในประเทศ ซึ่งจะเห็นได้ว่ารอยแตกและบาด

เป็นรอยที่เห็นได้ชัดเจนแต่พบในชมพูที่ส่งออกน้อยหรือเกิดเป็นรอยเล็กๆ เท่านั้น ความเสียหายส่วนหนึ่งอาจเกิดขึ้นในขณะที่นำชมพูมาทดสอบโดยชมพูบางส่วนไม่ได้มีการหุ้มด้วยโฟมตาข่ายในขณะที่ขนย้ายจากสวนมาทำการทดสอบ

Table 1 Comparison of damage area per fruits and damage percent per fruits for rose apple.

cultivar	Market	calss	average damage area per fruits				average damage percent			
			bruising (cm <sup>2</sup> )	abrasion (cm <sup>2</sup> )	crack (cm)	cut (cm)	bruising (%)	abrasion (%)	crack (%)	cut (%)
Toon glao	Local market	yod	0.23	0.36	0.97	0.06	55.0	50.0	80.0	10.0
		piset	0.30	0.09	0.39	0.00	55.0	30.0	55.0	0.0
		taeg	0.72	0.55	0.92	1.40	80.0	75.0	65.0	40.0
Tubtimjua	Local market	big	0.08	0.01	0.30	0.00	25.0	15.0	55.0	0.0
		medium	0.03	0.03	0.30	0.00	20.0	15.0	40.0	0.0
		blemish	0.23	0.04	0.47	4.42	55.0	20.0	50.0	100.0
	Export	4A	0.25	0.04	0.00	0.80	50.0	15.0	0.0	55.0
		3A	0.11	0.01	0.03	0.24	40.0	15.0	5.0	25.0
Thongsamsri	Local market	2A	0.05	0.00	0.00	0.23	10.5	0.0	0.0	26.3
		A	0.45	0.04	0.00	0.24	50.0	50.0	0.0	20.0
	and Export	3A	0.06	0.23	0.09	0.00	35.0	70.0	20.0	0.0
		2A	0.08	0.30	0.05	0.04	25.0	85.0	10.0	0.0
		A	0.05	0.15	0.14	0.00	20.0	55.0	25.0	5.0
		blemish	0.81	1.52	0.23	0.00	48.0	100.0	24.0	12.0

**สรุป**

สมการคณิตศาสตร์ที่ใช้สำหรับประเมินปริมาณชมพูพันธุ์ทูลเกล้า, ทับทิมจันทร์ และทองสามสี ดังนี้  
 $V_t = 1.8528V_e - 54.298$ ,  $V_t = 0.792V_e + 20.187$ ,  $V_t = 0.888V_e - 2.9392$   
 สำหรับการแบ่งเกรดของชมพูแต่ละพันธุ์ขึ้นอยู่กับการตกลงระหว่างผู้ปลูกกับพ่อค้า ซึ่งรวมไปถึงการเรียกชื่อเกรดต่างด้วย โดยตลาดที่ขายชมพูแบ่งเป็น 2 ตลาด คือ ตลาดภายในประเทศและตลาดต่างประเทศ โดยตลาดต่างประเทศจะเป็นชมพูที่มีคุณภาพสูงกว่าชมพูที่ขายในตลาดภายในประเทศ ซึ่งจะเป็นผลที่ไม่มีตำหนิหรือมีตำหนิที่มองไม่เห็น ส่วนผลที่มีตำหนิน้อยจะขายในตลาดในประเทศ และผลที่มีตำหนิมากจะขายเป็นเบอร์ตำหนิหรือเบอร์แตก ซึ่งมักจะนำไปทำเป็นผลไม้ตัดแต่งที่ขายตามตลาดนัดทั่วไป

**คำขอขอบคุณ**

ผู้วิจัยขอขอบคุณโครงการพัฒนาบัณฑิตศึกษาและวิจัยเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว (ADB) มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ที่กรุณาสนับสนุนการวิจัย

ขอขอบคุณเกษตรกรใน อ.สามพราน, อ.กำแพงแสน จ. นครปฐม และ อ.ดำเนินสะดวก จ. ราชบุรี ที่กรุณาสละเวลาตอบแบบสัมภาษณ์การผลิตและให้รายละเอียดการผลิตชมพู

**เอกสารอ้างอิง**

เปรมปรี ธิ.สงขลา. มปพ. การลงทุนทำสวนชมพูอย่างมืออาชีพ. เจริญรัฐการพิมพ์. กรุงเทพฯ 162 น.  
 สุพจน์ ตั้งจิตพร. 2543. เอกสารประกอบการเรียนการสอนเรื่อง ชมพู. วิทยาลัยเกษตรและเทคโนโลยีชลบุรี. ชลบุรี 280 น.  
 ถนอมพรรณ เลิศไกร. 2539. การประเมินผลการจัดชั้นมาตรฐานของชมพูทูลเกล้าโดยผู้ปลูก. ปัญหาพิเศษปริญญาตรีภาควิชาพืชสวน. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ. 33 น.  
 กวีศรี วานิชกุล. 2542. การประเมินผลการจัดชั้นคุณภาพของผลชมพูพันธุ์ทูลเกล้าและเพชรสายรุ้ง. รายงานการวิจัยทุนอุดหนุนวิจัย มก. ปีงบประมาณ 2542. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ. 36 น.  
 ปิติพร ตอพรหม, นัยวัฒน์ สุขทั้ง และบัณฑิต จริโมภาส. 2548. การออกแบบและทดสอบบรรจุภัณฑ์ชมพูทองสามสี. บทความวิจัยเสนอในการสัมมนาทางวิชาการ วิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว/หลังการผลิตแห่งชาติ แห่งชาติครั้งที่ 3 จัดโดยโครงการพัฒนาบัณฑิตศึกษาและวิจัยเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว ระหว่างวันที่ 10-11 ตุลาคม 2548 ณ. โรงแรมทิพย์วิมานรีสอร์ท หาดชะอำ จังหวัดเพชรบุรี .