Agricultural Sci. J. 41 : 1 (Suppl.) : 585-588 (2010) ว. วิทย. กษ. 41 : 1 (พิเศษ) : 585-588 (2553)

การทดสอบเครื่องคัดขนาดชมพู่แบบไร้ความเสียหาย
Test of Zero Damage Java Fruit Sizer

กระวี ตรีอำนรรค[1,3], ศิวลักษณ์ ปฐวีรัตน์[1,3], อนุพันธ์ เทอดวงศ์วรกุล[1,3] และ มนูศักดิ์ จานทอง[2]
Krawee Treeamnuk[1,3], Siwalak Pathaveerat[1,3], Anupun Terdwongworakul[1,3] and Manusak Janthong[2]

Abstract

The purpose of this research was to test and evaluate the efficiency of sizing machine. The sizing machine was 598 mm X 1430 mm X 520 mm steel and feeding machine was 390 mm X 1520 mm X 765 mm. Diverging belt sizing machine were powered by two 187 Watts 220 Volts 50 Hz electric motors, gear reducer and pulley. In operation, java fruit were sat on the carrier of feeding belt station that fed to the sizing belt station through cloth sack. The fruit slowly dropped down and lightly contacted the sizing belt. The horizontal travel and divergence of the sizing belt, and fruit weight together caused the fruit to move down to the aperture where the fruit was measured and released to receiving tray. Performance test indicated that velocity and inclination angle of the sizing belt, feeding belt velocity and fruit orientation significantly affected the sizing performance at $p < 0.05$. The optimum conditions for continuous mechanical sizing depended on variety. The optimum sizing performance was characterized by error of 10.8-16.5 % and the throughput capacity of 149.7-195.1 kg/hr. Manual sizing of the exported java apple featured 27.9% error, 13.3% damage and 107.2 kg/hr capacity. The sizing machine of java apple could be operated without the observed damage.

Key word: Java apple, sizing, diverging belt

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบและประเมินประสิทธิภาพของเครื่องคัดขนาดชมพู่แบบไร้ความเสียหาย เครื่องคัดขนาดและเครื่องป้อนเป็นโครงสร้างเหล็ก ขนาด 598 mm x 1,430 mm x 520 mm และ ขนาด 390 mm x 1,520 mm x 765 mm ตามลำดับ เครื่องคัดขนาดเป็นแบบสายพานถ่าง ขับด้วยมอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 187 Watt 220 Volts 50 Hz ผ่านชุดเฟืองและล้อสายพาน ในการทำงาน ผลชมพู่จะถูกวางบนสายพานป้อนที่จะลำเลียงชมพู่ลงสู่สายพานคัดขนาดผ่านถุงผ้าเพื่อชะลอความเร็วและลดการกระแทกกับสายพานคัดขนาด จากนั้นผลชมพู่จะถูกพาให้เคลื่อนไปในแนวนอนพร้อมกับที่สายพานคัดขนาดจะถ่างออกจนเมื่อขนาดของผลน้อยกว่าระยะสัมผัสกับสายพานคัดขนาด ผลจึงร่วงหล่นจากสายพานลงสู่ถาดรองรับตามขนาดที่กำหนดไว้ต่อไป การทดสอบสมรรถนะของเครื่องคัดขนาดพบว่า มุมของสายพานคัดขนาด, ความเร็วของสายพานป้อนและสายพานคัดขนาด และรูปแบบการวางตัวของผลชมพู่ มีผลต่อสมรรถนะของการคัดขนาดอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) สภาวะที่ดีที่สุดของการคัดขนาดขึ้นอยู่กับพันธุ์ของชมพู่ สมรรถนะการคัดขนาดสูงสุดของเครื่องพบว่า เกิดการคัดผิดขนาด 10.8-16.5% และมีอัตราการคัดขนาด 149.7-195.1 kg/hr และไม่สังเกตพบความเสียหายของชมพู่จากเครื่องคัดขนาดในขณะที่การคัดขนาดด้วยคนเกิดความผิดพลาด 27.9% มีอัตราการทำงาน 107.2 kg/hr และเกิดความเสียหาย 13.3%

คำสำคัญ ชมพู่, เครื่องคัดขนาด, สายพานถ่าง

คำนำ

ชมพู่เป็นผลไม้ที่ได้รับความนิยมจากผู้บริโภคทั้งภายในและนอกประเทศ เนื่องจาก เป็นผลไม้ที่มีรสหวานกรอบ สีสันสวยงามและอุดมไปด้วยสารอาหาร โดยในปี 2549 มีมูลค่าการส่งออกสูงถึง 1.7 พันล้านบาท ภายหลังการเก็บเกี่ยวผลไม้ การคัดขนาดเป็นกิจกรรมสำคัญอย่างหนึ่ง เนื่องจาก ก)ช่วยให้ขายได้ราคาสูงขึ้นมากกว่าการขายคละขนาดกัน ข)ช่วยดึงดูดความสนใจของผู้ซื้อ และ ค)ช่วยให้ออกแบบบรรจุภัณฑ์ได้ง่ายและเหมาะสม (บัณฑิต, 2550 และ peleg, 1985) ชมพู่เป็นผลไม้ที่บอบบาง ไวต่อความเสียหายและช้ำได้ง่ายโดยเฉพาะความเสียหายเชิงกลในการปฏิบัติ (Jarimopas et al., 2007) ในการขาย

[1] ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม 73150
[1] Department of Agricultural Engineering, Faculty of Engineering at Kampeangsean, Kasetsart University Kampeangsean campus, Nakornpathom 73150
[2] ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ธัญบุรี ปทุมธานี 12110
[2] Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Rajamankala University of Technology Tanyaburi, Pathomtani 12110
[3] ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ นครปฐม 73140
[3] Postharvest Technology Innovation Center, Kasetsart University, Nakhon Pathom 73140

ส่งชมพู่พบว่าเกิดความเสียหายเป็นรอยถลอกและช้ำถึง 72.2% และ 123.3% ตามลำดับ (Toonsaengthong et al., 2006) จึงจำเป็นต้องใช้ผู้ชำนาญคัดขนาดด้วยความระมัดระวัง ซึ่งใช้เวลากับการปฏิบัติมาก ให้อัตราการทำงานต่ำ มีการคัดผิดขนาดและทำให้เกิดความเสียหายสูง การคัดขนาดทางกลใช้หลักการของสายพาน, สายพานกับแผ่นกั้นและสายพานถ่าง ได้ถูกนำมาประยุกต์สร้างเครื่องคัดขนาดผลไม้หลายชนิด Jarimopas et al. (2007) ได้ใช้สายพานและแผ่นกั้นสร้างเครื่องคัดขนาดมังคุด (3เกรด: เล็ก กลาง ใหญ่) ได้อัตราการทำงาน 1,026 kg/hr เปอร์เซ็นต์การคัดผิด 23% การใช้สายพานถ่างคัดมังคุด (บัณฑิตและคณะ, 2542) พบว่าสามารถคัดได้ที่อัตรา 1,100 kg/hr ที่ประสิทธิภาพการคัดขนาด 80% ซึ่งเครื่องเหล่านี้ยังไม่มีรายงานถึงความเสียหายเมื่อใช้คัดชมพู่ Bupata et al. (2007) ได้รายงานถึงขนาดของผลชมพู่ว่าแปรผันตามน้ำหนักของผลและความสัมพันธ์ของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางผลกับการคัดขนาดได้รายงานโดย Sarakan et al. (2007) แม้ว่าจะเป็นผลไม้ที่ได้รับความนิยมและมีศักยภาพในการส่งออกสูง แต่กลับพบว่าปัญหาความเสียหายและค่าจ้างแรงงานที่สูง ทำให้เกิดความต้องการเครื่องคัดขนาดชมพู่ขึ้น ซึ่งเครื่องคัดขนาดทั่วๆไปยังไม่สามารถใช้กับชมพู่ได้ งานวิจัยนี้มุ่งที่จะออกแบบ สร้างและทดสอบเครื่องคัดขนาดผลชมพู่สดที่มีความผิดพลาดน้อยและเกิดความเสียหายต่ำที่สุด

อุปกรณ์และวิธีการ

เครื่องคัดขนาดผลชมพู่

เป็นระบบสายพานถ่างซึ่งเป็นกลไกอย่างง่าย ไม่ซับซ้อน การทำงานของเครื่อง (Figure 1) ผลชมพู่ถูกวางบน U-shape rubber โดยให้ทางขั้วผลชี้ไปด้านหน้า ชมพู่จะเคลื่อนที่ไปและตกลงสู่ถุงผ้าที่ไม่เพียงแต่รองรับผลชมพู่ในแนวดิ่งเท่านั้น แต่ยังช่วยลดความเร็วของการตกและทำให้ผลชมพู่สัมผัสอย่างนุ่มนวลกับผิวสายพานคัดขนาดและวางตัวในแนวดิ่งอย่างถูกต้องอีกด้วย จากนั้นสายพานคัดขนาดจะเคลื่อนที่ไปพร้อมกับถ่างออกกว้างขึ้น (Figure 2) จนทำให้ผลชมพู่ตกลงสู่ถาดรองรับที่ถูกแบ่งขนาดด้วยแผ่นกั้นต่อไป Figure 2b แสดงภาพด้านบนของสายพานถ่างเครื่องคัดขนาดชมพู่ถูกแบ่งออกเป็น 3 ขนาด (S, M, L)

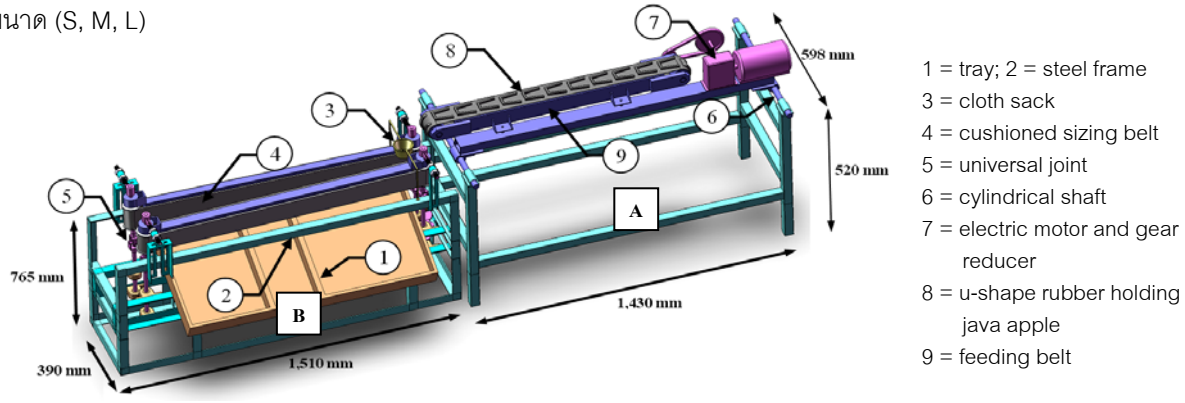
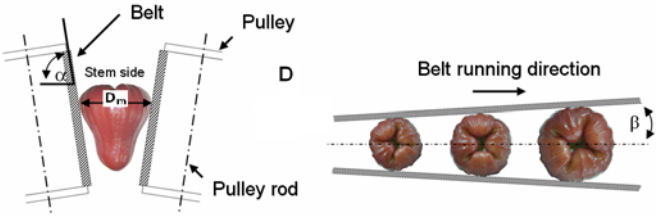


Figure 1 Schematic diagram of java fruit sizing machine

สายพานคัดขนาดนี้มีความยาว 110 cm มุมถ่าง β มีค่าเป็น 0.29^{O}, 9.55 ^{O} และ 0.34 ^{O} สำหรับชมพู่พันธุ์ ทูลเกล้า, ทับทิมจันทร์และทองสามสี (Buppata el al. 2007) มุม α คือมุมเอียงของสายพานที่รองรับผลชมพู่ไว้ โดยมุม α และ ระยะแผ่นกั้นแบ่งขนาด คำนวณจากสมการของ Peleg (1985) Figure 1 แสดงส่วนประกอบของเครื่องป้อนชมพู่ (A) และเครื่องคัดขนาด (B) เครื่องป้อนติดตั้งเพลาสำหรับปรับเลื่อนสายพานป้อนไว้ที่ด้านบน สายพานป้อนขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ไฟฟ้า 0.25 hp ที่สามารถปรับความเร็วได้ เครื่องคัดขนาดประกอบด้วยสายพานคัดขนาด 2 เส้น, ถาดรับผลชมพู่และแผ่นกั้นแบ่งขนาดทั้งหมดถูกบุด้วยโฟมยางหนา 4 mm สายพานนี้ถูกขับด้วยมอเตอร์ไฟฟ้า 220V 50Hz 1,450rpm และสามารถปรับความเร็วรอบได้ ที่ส่วนรับผลชมพู่ของเครื่องคัดขนาดติดตั้งถุงผ้าเพื่อควบคุมผลชมพู่ให้ตกอย่างนิ่มนวลและได้แนวในแนวดิ่ง



(a) (b)

Figure 2 (a) D_m and sizing mechanism (b) sizing on traveling of sizing belt

การทดสอบประสิทธิภาพการคัดขนาด

2.1 ทดสอบหามุม α เอียงของสายพานคัดขนาด (3 ค่า; 75^{O}, 80^{O}, 85^{O}) และความเร็วสายพานคัด (3 ค่า; 10, 20, 30 m/min) ที่เหมาะสม โดยป้อนชมพู่ด้วยความเร็วสายพานป้อนคงที่ 15m/min กับชมพู่ทั้ง 3 พันธุ์ (ทูลเกล้า, ทับทิมจันทร์และทองสามสี) ประเมินสมรรถนะของเครื่องคัดขนาดด้วยค่า E_w, Q และ $\overline{C}_R$ ตามสมการของ Peleg (1985)

2.2 การหาความเร็วของสายพานป้อนที่เหมาะสม ปรับตั้งมุม α และความเร็วสายพานคัดขนาดที่เหมาะสมกับชมพู่แต่ละพันธุ์ (ผลจากหัวข้อ 2.1) แล้วทดสอบป้อนชมพู่ที่ความเร็วสายพานป้อนต่างกัน (4 ค่า; 5, 15, 20, 25m/min) ทำซ้ำ 5 ซ้ำ

2.3 การวางผลชมพู่ 2 แบบ (แบบสุ่มและแบบวางให้ด้าน D_m เคลื่อนไปสัมผัสกับสายพานคัดขนาด) ปรับตั้งเครื่องด้วยมุม, ความเร็วสายพานคัดขนาดและความเร็วสายพานป้อนที่เหมาะสมกับชมพู่แต่ละพันธุ์ (ผลจากหัวข้อ 2.1 และ 2.2) ทำซ้ำ 5 ซ้ำ สุ่มชมพู่ที่ผ่านเครื่องคัดขนาดแล้วจำนวน 90 ผล นำมาเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 15^{O}C เป็นเวลา 12 ชม. แล้วตรวจสอบความเสียหายด้วยค่าเปอร์เซนต์ความเสียหาย (จำนวนผลเสีย/ผลทั้งหมด)

2.4 ทดสอบคัดต่อเนื่องกับชมพู่พันธุ์ทั้ง 3 พันธุ์ พันธุ์ละ 500 ผล ประเมินสมรรรถนะการคัดขนาดเปรียบเทียบกับการคัดขนาดด้วยแรงงานคน

ผล

1. ความเร็วที่เหมาะสมและมุมเอียงของสายพานคัดขนาด ได้ค่ามุมเอียงและความเร็วของสายพานคัดขนาดที่เหมาะสมกับชมพู่แต่ละพันธุ์เมื่อพิจารณาจากเปอร์เซนต์การเจือปนของขนาด, $\overline{C}_R$ ที่ต่ำที่สุดได้ดัง Table 2

Table 1 Effects of velocity and inclination angle of the sizing belt on sizing machine

variety	Inclination angle (degree)	Sizing belt velocity (m/min)	$\overline{C}_R$* (%)	E_w* (%)
Toonklao	85	20	23.30±4.19	79.74±5.21
Tubtimjan	75	20	12.13±3.39	92.77±2.63
Tongsamsri	80	20	18.91±3.26	88.22±7.64

Remark * $\overline{C}_R$ = Mean contamination ratio or error; E_w = Sizing efficiency

2. ความเร็วที่เหมาะสมของสายพานป้อน ภายหลังจากปรับตั้งเครื่องคัดขนาดให้มีมุมและความเร็วสายพานคัดขนาดที่เหมาะสม พบว่าความเร็วสายพานป้อนของชมพู่ทุกพันธุ์เป็น 15m/min โดยจะให้ค่า $\overline{C}_R$ ต่ำที่สุดและ E_w ที่ดีสำหรับพันธุ์ทูลเกล้า, ทับทิมจันทร์และทองสามสีเป็น 11.35±2.16, 92.26±1.99: 24.24±2.40, 86.68±5.80 และ 20.58±10.26, 80.93±12.08 ตามลำดับ

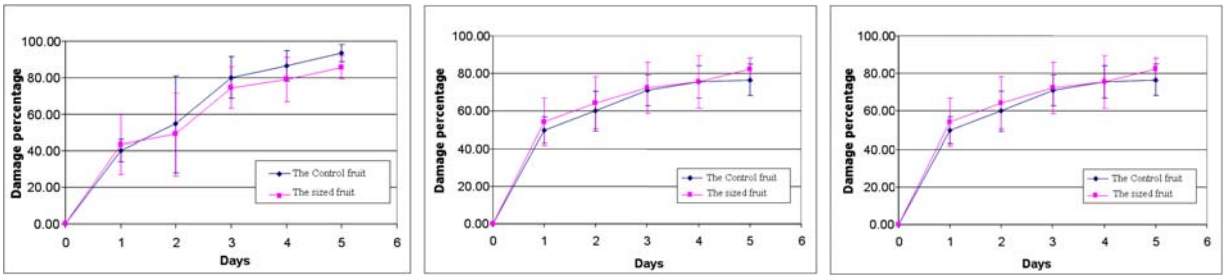
3. การวางผลชมพู่แบบให้ D_m เคลื่อนที่ไปสัมผัสกับสายพานคัดขนาดจะช่วยลด $\overline{C}_R$ ได้เกือบเท่าตัว แต่ก็ทำให้อัตราการคัดขนาดลดลงเช่นกัน (Table 2)

Table 2 Effect of fruit orientation on sizing machine performance of java apple fruit

Variety	Fruit orientation*	Q (kg/hr)	$\overline{C}_R$ (%)	E_w (%)
Toonklao	A	263.92±11.30^{b}	17.21±2.09^{b}	93.52±3.00
	B	179.87±4.90^{a}	9.84±1.93^{a}	93.62±1.83
Tubtimjan	A	333.09±28.51^{b}	6.47±2.46^{b}	91.23±10.41^{a}
	B	214.22±8.37^{a}	3.16±1.07^{a}	97.94±0.97^{b}
Tongsamsri	A	326.70±33.49^{b}	14.26±3.69^{b}	88.63±5.30^{a}
	B	187.44±5.69^{a}	8.66±1.80^{a}	91.51±2.70^{b}

Remark * A = Random placement; B = Maximum diameter placement

Figure 3 แสดงการกระจายของเปอร์เซนต์ความเสียหายของชมพู่ที่คัดขนาดด้วยเครื่องเปรียบเทียบกับชมพู่ชุดควบคุม(ไม่ถูกคัด) เปรียบเทียบการเก็บรักษาที่ 15^{O}C ตามระยะเวลา ซึ่งพบว่าชมพู่ทั้ง 3 พันธุ์ ไม่เกิดความเสียหายที่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) กับชมพู่ชุดควบคุม



(a) Tubtimjan (b) Tongsamsri (c) Toonklao

Figure 3 Damage comparison of java fruit with regard to storage time

4. การทดสอบเครื่องคัดขนาดแบบต่อเนื่อง

สมรรถนะการคัดต่อเนื่อง $\overline{C}_R$ and Q เมื่อคัดชมพู่พันธุ์ ทับทิมจันทร์, ทองสามสีและทูลเกล้าเป็น 12.2%, 195.1 kg/hr: 16.5%, 181.7 kg/hr and 10.8%, 149.7 kg/hr ตามลำดับ ซึ่งค่า $\overline{C}_R$ จะสูงมากขึ้นเล็กน้อยในขณะที่ Q จะลดต่ำกว่าข้อ 3 เนื่องจากตัวอย่างที่ใช้ทดสอบมีอัตราส่วนขนาดไม่เท่ากันโดยทับทิมจันทร์เป็น 0.2: 1: 0.24, ทองสามสีเป็น 1: 0.99: 0.57 และทูลเกล้าเป็น 0.48: 1.00: 0.33 (เล็ก: กลาง: ใหญ่) การคัดขนาดด้วยคนให้ Q เป็น 107.2 kg/hr, $\overline{C}_R$ เป็น 27.9% และเกิดความเสียหายเชิงกลถึง 13.3% (Treeamnuk et al., 2008)

วิจารณ์และสรุป

การทดสอบแสดงให้เห็นว่ามุม ความเร็วของสายพานคัดและสายพานป้อน และรูปแบบการวางผลชมพู่บนสายพานป้อน มีผลต่อสมรรถนะการคัดที่ $p < 0.05$ สภาวะที่ดีที่สุดเมื่อทดสอบคัดต่อเนื่องขึ้นกับพันธุ์ชมพู่ ค่าสมรรถนะของเครื่องคัดขนาดให้ เปอร์เซ็นต์การคัดผิด 10.8-16.5 % อัตราการคัด 149.7-195.1 kg/hr โดยไม่สร้างความเสียหายแก่ชมพู่อย่างสังเกตได้ ในขณะที่การคัดขนาดด้วยคนเกิด เปอร์เซ็นต์การคัดผิด 27.9% ความเสียหาย 13.3% และให้อัตราการคัด 107.2 kg/hr

คำขอบคุณ

ด้วยความรฤกถึง ศาสตราจารย์ ดร.บัณฑิต จริโมภาส ผู้วิจัยขอขอบคุณ สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์และศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่ได้สนับสนุนทุนวิจัย

เอกสารอ้างอิง

Jarimopas, B., S. Toomsaengtong, S.P. Singh, J. Singh and R. Sothornvit. 2007. Development of Wholesale Packaging to Prevent Post-Harvest Damage to Rose Apples. Journal of Applied Packaging Research 2:27-44.

Bupata, C., B. Jarimopas, and S. Chantong. 2007. Conditions influencing design of a java apple fruit sizing machine. In Proceedings of the International Conference on Agricultural, Food and Biological Engineering & Post Harvest/Production Technology, 22-24 January 2007, Khon Kaen.

Jarimopas, B., K. Kongwatananon, C. Rangdang, and R. Yamashita. 1988. Mangosteen sizing machine Kasetsart. J. (Nat Sci. Suppl.) 22: 91-96.

Jarimopas, B., P. Siriratchatapong, S. Sukharom, S. Sihavong, and Y.Goto. 1992. Durian sizing machine. Kasetsart J. (Nat. Sci. Suppl.) 26: 65-74.

Jarimopas, B. 2006. Postharvest Sorting Machinery, Packaging and Packing House of Fruit. Edition 1st. Funny Publishing Association Co. Ltd., Bangkok.

Jarimopas, B., S. Toomsaengtong and C. Inprasit. 2007. Design and testing of a mangosteen fruit sizing machine. Journal of Food Engineering 79: 745-751.

Peleg, K. 1985. Produce Handling, Packaging and Distribution, AVI. Pub. Co. Inc. Connecticut. 625 p.

Sarakan, S., B. Jarimopas and S. Chantong. 2007. Textural properties of Thai java apple fruits. *In* Proceedings of the International Conference on Agricultural, Food and Biological Engineering & Post Harvest/Production Technology, 22-24 January 2007, Khon Kaen.

Treeamnuk, K., B. Jarimopas and S. Jantong. 2008 Mechanical damage analysis of mechanically sized java apple fruit. *In* Proceeding of the 6th National Conference on Postharvest Technology and Post Production, organized by Postharvest Technology Innovation Center at Khon Kaen University, Khon Kaen, Thailand, 14-15 August 2008.