Agricultural Sci. J. 37 : 5 (Suppl.) : 264-267 (2006) ว. วิทย. กษ. 37 : 5 (พิเศษ) : 264-267 (2549)

การพัฒนาวัสดุกันช้ำจากกระดาษฝอยเพื่อปกป้องแอ็ปเปิ้ลจากการกระแทก
Development of Cushioning Materials from Shredded Paper for Impact Apple Protection

ทรงธรรม ไชยพงษ์[1] และ บัณฑิต จริโมภาส[2]
Songtham Chaiyapong[1] and Bundit Jarimopas[2]

Abstract

Foam net, which provides nice sale appeal and is extensively used in Thailand, absorbs appropriately fruit impact energy but degrades very slowly. This property is not desirable for fruit export. A technique to utilize the used paper which is locally available, plentiful, cheap, recyclable and easily degradable was investigated. The paper of concern was used and shredded into strips, contained in a compartmentalized cloth sack. These shredded paper (s-paper) pads were used as protective wrapping material for apples. Experiment was designed to measure and evaluate apple bruising at varying combination of five control factors, i.e. (I) paper type (typical 80 gm office paper and newspaper), (II) S-paper width (3 and 6 mm), (III) two sizes of 'Red Fuji" Chinese apples (no.88 and 100), (IV) S-paper density (36, 48, 60 and 72 kg/m^3), (V) number of partitions per pad (1, 2 and 4). The cushioned fruit were impacted by a ballistic pendulum and the resulting apple bruising was analyzed. Results indicated that the S-paper pad made of 60 kg/m^3, used 3 mm width office paper and two partitions could carry the highest bruise threshold energy of 1.25 J which is 150% better than that of the foam net.

Keywords: Shredded paper, cushioning materials, impact

บทคัดย่อ

โฟมตาข่ายเป็นวัสดุกันช้ำที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายกับผลไม้ สามารถปกป้องผลไม้จากการกระแทกได้ดีแต่ย่อยสลายได้ยาก ซึ่งไม่เหมาะกับการส่งออก การพัฒนาวัสดุกันช้ำจากกระดาษซึ่งหาได้ทั่วไป ราคาถูก นำกลับมาใช้ใหม่ได้ และย่อยสลายได้ง่ายเป็นสิ่งที่น่าสนใจและท้าทาย วิธีการคือนำกระดาษใช้แล้วมาทำให้เป็นฝอยบรรจุในถุงผ้าดิบและแบ่งเป็นช่วง เพื่อที่จะใช้เป็นวัสดุกันช้ำห่อผลแอ็ปเปิ้ล (s-paper) การทดลองถูกออกแบบมีปัจจัยควบคุม 5 ปัจจัยคือ (I) ชนิดของกระดาษฝอย (กระดาษถ่ายเอกสารใช้แล้ว 80 แกรม และกระดาษหนังสือพิมพ์ใช้แล้ว) (II) กระดาษฝอย 2 ขนาด (3 มม. และ 6 มม.) (III) ผลแอ็ปเปิ้ลพันธุ์ Red Fuji 2 ขนาด (88 และ100 ผล/กล่องจุ 20 กก.) (IV) ความหนาแน่นของกระดาษฝอยในถุงผ้า 4 ระดับ (36, 48, 60 และ 72 กก./ม.^{3}) และ (V) จำนวนช่วงแบ่งของถุงผ้า 3 ชนิด (1, 2 และ 4 ช่วง) ใช้ลูกตุ้ม ballistic pendulum กระแทกผลแอ็ปเปิ้ลที่ห่อวัสดุกันช้ำที่ระดับพลังงาน 2 จูล และประเมินผลโดยการวัดปริมาตรช้ำและพลังงานกระแทกที่สัมพันธ์กัน ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า ถุงผ้า 2 ช่วง บรรจุกระดาษถ่ายเอกสารฝอยกว้าง 3 มม. ความหนาแน่น 60 กก./ม.^{3} ให้ค่า Impact threshold energy สูงที่สุดคือ 1.25 จูล ซึ่งสูงกว่าโฟมตาข่าย 150 %

คำสำคัญ: กระดาษฝอย, วัสดุกันช้ำ, การกระแทก

คำนำ

Mohsenin (1970) กล่าวว่าการช้ำเกิดขึ้นจากแรง 3 ชนิดคือ แรงกระแทก แรงกดทับ และแรงสั่นสะเทือน การช้ำเกิดจากกระแทกอย่างรวดเร็วระหว่างผลไม้ด้วยกันเอง ผลไม้กับลำต้น หรือพื้นแข็ง Brusewitz และ Bartshch (1989) รายงานว่าการช้ำในผลไม้เกิดจากการกระแทกขณะทำการเก็บเกี่ยว บรรจุ ขนส่งและเคลื่อนย้าย และเป็นสาเหตุสำคัญให้เกิดการสูญเสียในการผลิตผลไม้เนื่องจากโรงงานจะปฏิเสธผลไม้ที่เสียหาย Bollen และคณะ(1999) เขียนไว้ว่า ความเสียหายจากการกระแทกของผลแอ็ปเปิ้ลส่วนมากจะเกิดในรูปของการช้ำ ซึ่งมักจะปรากฏเป็นเนื้อเยื่อสีน้ำตาลใต้ผิวของผลแอ็ปเปิ้ลซึ่งสามารถหาได้ในรูปของปริมาตรช้ำ (Holt and Schoorl, 1977; Mohsenin, 1970) นักวิจัยหลายคนใช้วัสดุกันช้ำเพื่อลดความเสียหายจากการ

[1]โครงการสหวิทยาการระดับบัณฑิตศึกษา สาขาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กำแพงแสน จ.นครปฐม 73140; สาขาวิศวกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพร อ.ปะทิว จ.ชุมพร 86160
[1]Post Graduate Education and Research Development Project in Post-harvest Technology Kasetsart University Kamphaengsean Campus, Nakornpathom 73140; Agricultural Engineering Department, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang Chumphon Campus, Chumphon 86160.
[2]ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กำแพงแสน จ.นครปฐม 73140
[2]Agricultural Engineering Department, Kamphaengsean Engineering Faculty, Kasetsart University Kamphaengsean Campus, Nakornpathom 73140.

ช้ำในผลไม้ (Matthew and Hyde, 1992; Barchi *et al*., 2002) การบรรจุผักผลไม้ลงในบรรจุภัณฑ์เพื่อส่งไปจำหน่ายควรมีการใช้วัสดุกันช้ำด้วย โดยวัสดุนี้จะต้องเข้ากับรูปทรงของผักผลไม้ที่จะห่อและสามารถจัดการเคลื่อนตัวของผักและผลไม้เมื่อได้รับการสั่นสะเทือนและบรรเทาแรงตกกระแทกได้ (ฉวี, 2548) ในปัจจุบันวัสดุกันกระแทกประเภทโฟมมีการใช้งานอย่างกว้างขวาง แต่เนื่องจากโฟมบางชนิดมีการสลายตัวได้ยาก และบางชนิดไม่สามารถนำกลับเข้ากระบวนการหมุนเวียนกลับมาใช้ใหม่ จึงก่อให้เกิดปัญหากับการจัดการเศษวัสดุที่เหลืออยู่ (สุพจน์, 2548) ฝอยกระดาษเป็นวัสดุกันกระแทกที่มีการใช้งานมานานโดยใช้ใส่ลงในช่องว่างของกล่องหรือลัง ความสามารถในการเป็นวัสดุกันกระแทก ขึ้นกับความหนาแน่นในการบรรจุและความชื้น ซึ่งปกติมีปริมาณประมาณ 12 ถึง 20 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ข้อดีคือมีราคาถูก และหาได้ง่าย ข้อเสียคือดูดซับความชื้นในอากาศได้ง่าย มีการปนเปื้อนของฝุ่นละอองและไม่สะอาด (สุพจน์, 2548) อย่างไรก็ตามโฟมตาข่ายไม่ใช่วัสดุกันช้ำที่ดีที่สุดในการปกป้องผลแอ็ปเปิ้ลจากการกระแทก (ศุภกิต และ บัณฑิต, 2549) ถ้ามีการพัฒนาวิธีการไม่ให้กระดาษฝอยสัมผัสผลไม้โดยตรง การพัฒนาวัสดุกันช้ำซึ่งทำจากกระดาษที่หาได้ทั่วไป สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ และย่อยสลายได้ง่าย จึงน่าจะเป็นทางเลือกในการใช้งานแทนโฟมตาข่ายในอนาคต

อุปกรณ์และวิธีการ

แอ็ปเปิ้ล Red FUJI แช่เย็นนำเข้าจากประเทศจีน ขนาด 88 และ 100 ผล/กล่องจุ 20 กก. บรรจุลงกล่องในช่วงเดือนตุลาคม - ธันวาคม 2548 ซื้อจากตลาดปฐมมงคล จ.นครปฐม กระดาษฝอยได้จากการใช้เครื่องทำลายเอกสาร (GBC, Shredmaster 750s และ TWIIN, 600s) ซึ่งสามารถตัดกระดาษฝอยขนาด 6 และ 3 มม. โดยใช้กระดาษ 2 ชนิด คือ กระดาษหนังสือพิมพ์ใช้แล้ว และกระดาษถ่ายเอกสาร 80 แกรมใช้แล้ว ถุงผ้าเย็บจากผ้าดิบขนาด 10 ซม.x 29 ซม.x 3 ซม. บรรจุกระดาษฝอยให้ได้น้ำหนัก 30, 40, 50, และ 60 กรัมโดยใช้เครื่องชั่งอิเล็กทรอนิกส์ (SARTORIUS, PT6-000V2) ความหนาแน่น 36, 48, 60 และ 72 กก./ม.^{3} และแบ่งถุงผ้าออกเป็น 1, 2 และ 4 ช่วง ใช้วัสดุกันช้ำที่พัฒนาขึ้นห่อผลแอ็ปเปิ้ลและนำไปกระแทกที่ระดับพลังงาน 2 จูล ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 24 ชม. แล้วผ่าครึ่ง วัดขนาดรอยช้ำเพื่อหาปริมาตรช้ำ พลังงานที่ใช้ในการกระแทกหาได้จาก

$$E_i = mgR(1-\cos\theta_i) \qquad \text{(Jarimopas, 1984)}$$

โดยที่ E_i=พลังงานกระแทก (จูล), m=มวลลูกตุ้ม (กก.), g=ค่าแรงโน้มถ่วงของโลก (ม./วินาที^{2}), R=ความยาวของเชือก (ม.) และ θ_i=มุมที่กระแทก (องศา) ปริมาตรช้ำหาได้จาก

$$V = \frac{\pi}{8} w^2 d \qquad \text{(Chen and Sun, 1981)}$$

โดยที่ V=ปริมาตรช้ำ (มม.^{3}), w=ความกว้างของรอยช้ำ (มม.), d=ความลึกของรอยช้ำ (มม.) ความสามารถในการปกป้องหาได้จาก

$$\text{Protection ability}\,(\%) = 1 - \frac{V}{V_B} \times 100$$

โดยที่ V=ปริมาตรช้ำ (มม.^{3}) และ V_B=ปริมาตรช้ำของผลไม้เปล่า (มม.^{3}) ความเป็นไปได้ของการช้ำหาได้จาก

$$\text{Probability of V occurrence} = \frac{\text{Number of non - zero V}}{\text{Number of replications of the same treatment}} \times 100$$

ผลและวิจารณ์

จากการทดสอบกระแทกผลแอ็ปเปิ้ลที่ห่อโดยถุงผ้าบรรจุกระดาษฝอยแบบต่างๆได้ผลดังกราฟ

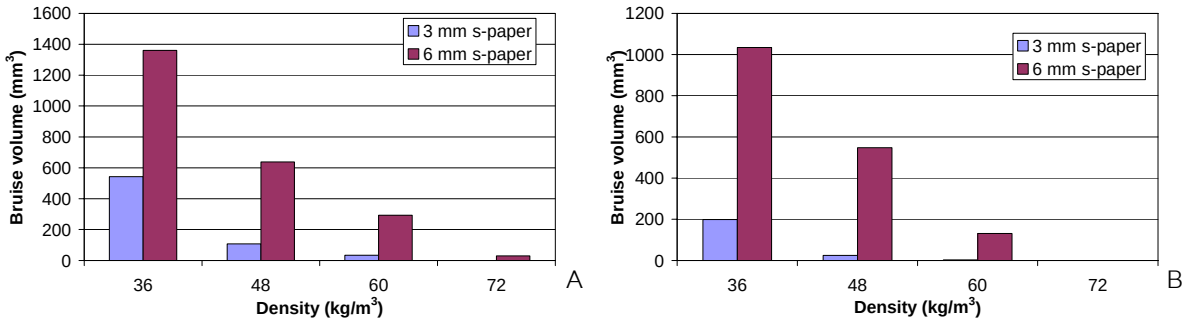

Figure 1 Performance of shredded office paper pad (A) Apple No.88 (B) Apple No.100

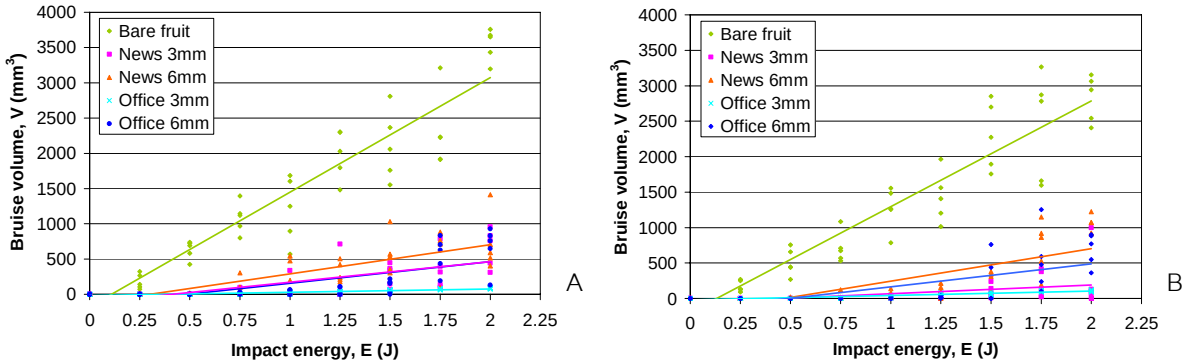

Figure 2 V-E beyond threshold relationship (A) Apple No.88 (B) Apple No.100

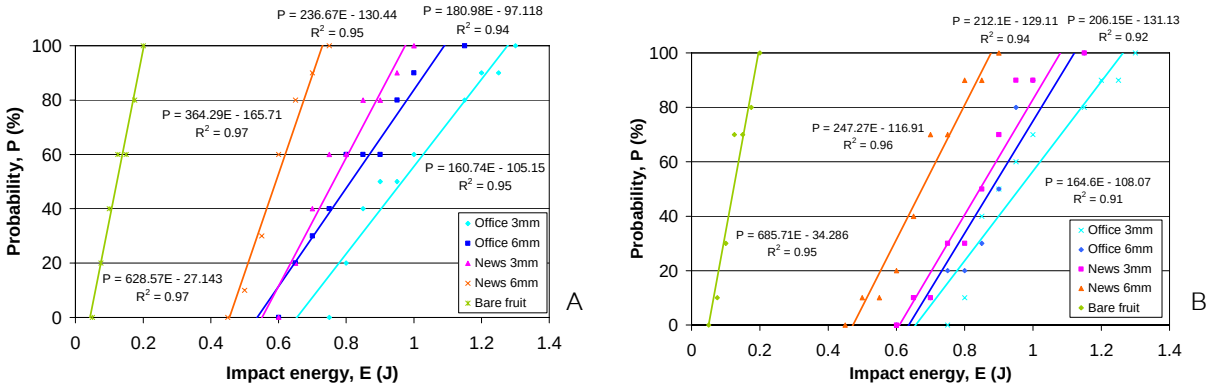

Figure 3 V–E below and upto threshold relationship (A) Apple No.88 (B) Apple No.100

Table 1 V–E below and upto threshold relationship equation and regression of apples

No. 88	Equation	R^2	No. 100	Equation	R^2
Office 3mm	V = 160.74E - 105.15	0.95	Office 3mm	V = 164.60E - 108.07	0.91
Office 6mm	V = 180.98E - 97.12	0.94	Office 6mm	V = 206.15E - 131.13	0.92
News 3mm	V = 236.67E - 130.44	0.95	News 3mm	V = 212.10E - 129.11	0.94
News 6m	V = 364.29E - 165.71	0.97	News 6mm	V = 247.27E - 116.91	0.96
Bare fruit	V = 628.57E - 27.14	0.97	Bare fruit	V = 685.71E - 34.29	0.95

จาก Fig.1 จะเห็นว่าความสามารถในการปกป้องผลแอ็ปเปิ้ลจะเพิ่มขึ้นเมื่อน้ำหนักของกระดาษฝอยเพิ่มขึ้น และจากการวิเคราะห์ความแปรปรวนโดยวิธี DMRT พบว่าปริมาตรช้ำของผลแอ็ปเปิ้ลที่ความหนาแน่นของกระดาษฝอย 60 และ 72 กก./ม.^{3} ไม่มีความแตกต่างกันในแอ็ปเปิ้ลทั้ง 2 ขนาด และเมื่อวิเคราะห์โดยใช้น้ำหนักกระดาษฝอยร่วมกับความกว้างของกระดาษฝอยและจำนวนช่วงแบ่งของถุงผ้ากับความกว้างของกระดาษฝอยพบว่า วัสดุกันช้ำที่เหมาะสมสำหรับแอ็ปเปิ้ลเบอร์ 88 คือถุงผ้าบรรจุกระดาษถ่ายเอกสารฝอยใช้แล้วขนาด 3 มม. ความหนาแน่น 60 กก./ม.^{3} โดยที่จำนวนช่วงของถุงผ้าและชนิดของกระดาษฝอยไม่มีผลต่อปริมาตรช้ำของแอ็ปเปิ้ล และวัสดุกันช้ำที่เหมาะสมสำหรับแอ็ปเปิ้ลเบอร์ 100 คือถุงผ้าบรรจุกระดาษถ่ายเอกสารฝอยใช้แล้วขนาด 3 มม. ความหนาแน่น 48 กก./ม.^{3} ไม่แบ่งช่วง จาก Fig.2, 3 และ Table 1 จะเห็นว่าถุงผ้าที่บรรจุกระดาษถ่ายเอกสารฝอยใช้แล้วขนาด 3 มม. มีความชันน้อยที่สุดและมีพลังงานที่เริ่มช้ำสูงที่สุดที่ 1.25 จูลในแอ็ปเปิ้ลทั้ง 2 ขนาด ซึ่งมากกว่าโฟมตาข่ายประมาณ 150 เปอร์เซ็นต์ (ศุภกิต และ บัณฑิต, 2549)

สรุป

เพื่อความสะดวกในการใช้งาน ถุงผ้าบรรจุกระดาษฝอยที่เหมาะสมกับการปกป้องผลแอ็ปเปิ้ลทั้ง 2 ขนาดควรบรรจุกระดาษถ่ายเอกสารฝอยใช้แล้วกว้าง 3 มม. ความหนาแน่น 60 กก./ม.^{3} และไม่แบ่งช่วง

คำขอบคุณ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ โครงการพัฒนาบัณฑิตศึกษาและวิจัยเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว (ADB) มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ที่ให้การสนับสนุนทุนวิจัย

เอกสารอ้างอิง

ฉวี สีบุบผา. 2548. วัสดุที่ใช้ในการบรรจุผักและผลไม้สด. สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย. แหล่งที่มา: http://www.tistr.or.th/t/publication/page_area_show_bc.asp?i1=85&i2=16&noshow=1, 5 กรกฎาคม 2548.

สุพจน์ ประทีปถิ่นทอง. 2548. วัสดุกันกระแทก. สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย. แหล่งที่มา: http://www.tistr.or.th/t/publication/page_area_show_bc.asp?i1=85&i2=8&noshow=1, 5 กรกฎาคม 2548.

สุพจน์ ประทีปถิ่นทอง. 2548. ชนิดของวัสดุกันกระแทก. สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย. แหล่งที่มา: http://www.tistr.or.th/t/publication/page_area_show_bc.asp?i1=85&i2=8&noshow=1, 5 กรกฎาคม 2548.

ศุภกิต สายสุนทร และ บัณฑิต จริโมภาส. 2549. การพัฒนาวัสดุกันกระแทกที่เหมาะสมในการห่อผลแอ็ปเปิ้ลสดเพื่อป้องกันการกระแทก. การประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 7, มหาสารคาม.

Bollen, A.F., Nguyen, H.X. and Dela Rue, B.T. 1999. Comparison of methods for estimating the bruise volume of apples. J. Agr. Eng. Res. 74: 325-330.

Barchi G. L., Berardinelli, A., Guarnieri, A., Ragni, L. and C. Totaro Fila. 2002. Damage to Loquats by Vibration-simulating Intra-state Transport. Biosystems Engineering. 82(3):305–312.

Brusewitz G. H. and J. A. Bartshch. 1989. Impact parameter related to post harvest bruising of apples. Transaction of ASAE. 32(3):953-957.

Chen P. and Z. Sun. 1981. Impact parameters related to bruise injury in apples. ASAE Paper No.81-3041, St. Joseph. MI. Holt, J.E. and Schoorl, D. 1977. Bruising and energy dissipation in apples. J. Text. Studies. 7:421-432.

Jarimopas B. 1984. Failure of apple under dynamic loadings. Unpublished D.Sc. dissertation. Faculty of Agricultural Engineering, Technion, Israel Institute of Technology, Technion City, Haifa, Israel. 157p.

Matthew R. and G. M. Hyde. 1992. Potato impact damage thresholds. Transaction of ASAE. 40(3):705-709. Mohsenin N. N. 1970. Physical properties of plant and animal materials, Vol. 1. Gordon and Breach Science Publishers, New York.