Agricultural Sci. J. 37 : 5 (Suppl.) : 236-239 (2006) ว. วิทย. กษ. 37 : 5 (พิเศษ) : 236-239 (2549)

กระดาษใช้แล้วแปรรูปเป็นวัสดุกันช้ำปกป้องผลแอปเปิ้ลภายใต้การกระแทก

Processed Used Papers as Cushioning Material Protecting Apples Fruit under Impact

นฤมล บุญกระจ่าง[1]และบัณฑิต จริโมภาส[1]

Narumon Boonkrachang[1] and Bundit Jarimopas[1]

Abstract

The used papers were processed and treated as cushioning material under impact. Two type of the used papers (i.e. triturated paper and Hyong paper) of there weight (5, 10 and 15 g) were put in a paper sag and brought to wrap up an apple. The cushioned apple (Chinese Red Fuji) cultivar of two sizes 100 and 125 fruit/box of 20 kg) was impact at varying loads of impact energy not over 2 J by ballistic pendulum. Bruise was measured and analyzed for the relationship of bruise volume and impact energy. Results showed that the two type of used processed paper of the weight of 15 g could best protect the apple. The bruise threshold energy of the apple size 100 and 125 was 0.668 and 1.156 J, respectively for fine type, and 0.642 and 1.018 J , respectively for the Hyong paper.

Keywords : process used papers, bruise volume, energy

บทคัดย่อ

กระดาษใช้แล้วถูกนำมาแปรรูปเป็นวัสดุกันกระแทกปกป้องผลแอปเปิ้ลจากการกระแทก กระดาษแปรรูปได้แก่ กระดาษป่น(ละเอียดเหมือนฝุ่น) และกระดาษหยอง(ลักษณะเป็นชิ้นๆ ย่น คล้ายหมูหยอง) กระดาษใช้แล้วแปรรูปทั้ง 2 แบบๆ ละ 3 ขนาด คือ 5, 10, และ 15 กรัม บรรจุในซองกระดาษ นำไปห่อผลแอปเปิ้ลและกระแทกด้วยเครื่อง Ballistic pendulum แอปเปิ้ลที่ใช้เป็นพันธุ์ Red Fuji มี 2 ขนาด คือ 100 ผล และ 125 ผลต่อกล่องบรรจุ 20 กิโลกรัม วัดรอยช้ำกับมุมปล่อยเพนดูลัมที่กระแทกผลแอปเปิ้ล โดยระดับพลังงานที่ใช้ในการกระแทกไม่เกิน 2 จูล ประเมินผลหาความสัมพันธ์ของปริมาตรรอยช้ำกับพลังงานกระแทก ผลปรากฏว่า กระดาษใช้แล้วแปรรูปทั้ง 2 แบบ ขนาด 15 กรัม สามารถป้องกันความช้ำที่จะเกิดขึ้นกับผลแอปเปิ้ลได้ดีที่สุด พลังงานกระแทกที่จุดเริ่มต้นการเกิดรอยช้ำของผลแอปเปิ้ลขนาด 100 ผล และ 125 ผล มีค่า 0.668 และ 1.156 จูล ตามลำดับ สำหรับกระดาษป่น และมีค่า 0.642 และ 1.018 จูล ตามลำดับ สำหรับกระดาษหยอง

คำสำคัญ : กระดาษใช้แล้วแปรรูป, รอยช้ำ, พลังงาน

คำนำ

วัสดุกันกระแทกกับผลไม้มีประโยชน์ช่วยป้องกันความเสียหายที่เกิดขึ้นในระหว่างการขนส่ง วัสดุกันกระแทกที่ดีต้องสามารถป้องกันความเสียหายที่จะเกิดกับผลไม้ และตัววัสดุเองต้องไม่มีผลเสียต่อผลไม้ ที่สำคัญต้องไม่เป็นพิษกับสิ่งแวดล้อม การนำวัสดุใช้แล้วหรือวัสดุเหลือใช้มาเป็นวัสดุกันกระแทกเป็นวิธีหนึ่งที่สามารถช่วยลดขยะ ไม่ว่าจะเป็นกระดาษ หรือวัสดุเกษตร(บัณฑิต และคณะ, 2547) วัสดุกันช้ำที่นิยมใช้กับผลไม้ในปัจจุบันคือ โฟมตาข่าย แต่โฟมตาข่ายมีข้อเสีย คือ อ่อนนุ่มน้อย ไม่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม (บัณฑิต และคณะ, 2546 และ บัณฑิต และคณะ, 2547) กระดาษเป็นวัสดุที่ใช้กันมากในแต่ละวัน โดยมีแนวโน้มการจำหน่ายภายในประเทศสูงขึ้นทุกปี (สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม, 2549) จึงมีกระดาษเหลือใช้มาก คิดเป็นประมาณร้อยละ 5 ของปริมาณขยะทั้งหมด (www.phcpl.com) โดยส่วนหนึ่งมีการนำกระดาษเหลือใช้ไปทำกระดาษฝอยในบรรจุภัณฑ์ผลไม้สดบ้าง อย่างไรก็ตาม การนำกระดาษใช้แล้วมาเป็นผ่านกระบวนการทำให้เป็นกระดาษชิ้นเล็กๆ และกันกระแทกกับผลไม้ได้นั้นเป็นงานท้าทาย และเป็นการเพิ่มคุณค่าขยะที่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ จึงมีวัตถุประสงค์ที่จะประเมินผลกระดาษใช้แล้วแปรรูป 2 ชนิด คือกระดาษป่น และกระดาษหยองในการป้องกันผลแอปเปิ้ลจากการกระแทก เนื่องจากแอปเปิ้ลเป็นผลไม้นำเข้าเป็นอันดับต้นๆ และในปริมาณที่มาก มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นทุกปี (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2549) และคุณสมบัติทางกายภาพเมื่อได้รับแรงกระทำสามารถตรวจหารอยช้ำได้ง่าย(Srivastava et al., 1992)

[1] ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จ. นครปฐม 73140

[1]Department of Agricultural Engineering, Kamphaengseang Engineering Faculty , Kasetsart University, Campus, Nakohnpathom. 73140

อุปกรณ์และวิธีการ

กระดาษใช้แล้วที่ผ่านการแปรรูป 2 ชนิด คือกระดาษปน(ละเอียดเหมือนฝุ่น) และกระดาษหยอง (เป็นชิ้นๆ ย่น คล้ายหมูหยอง) บรรจุลงในซองกระดาษ A4 ใช้แล้ว ขนาดบรรจุ 5, 10 และ 15 g ในกระดาษ 2 ชนิด จากนั้นนำไปห่อผลแอปเปิ้ลขนาด 100 (แบ่งตามการนับ 100 ผลต่อ 20 กิโลกรัมต่อ 1 กล่องบรรจุ) น้ำหนักเฉลี่ย 195 ± 12 กรัมต่อผล และขนาด 125 (125 ผลต่อ 20 กิโลกรัมต่อ 1 กล่องบรรจุ) น้ำหนักเฉลี่ย 153 ± 10 กรัมต่อผล นำไปกระแทกด้วยเครื่องทดสอบการกระแทก (Ballistic Pendulum) (บัณฑิต และคณะ, 2547; บัณฑิต และศุภกิตต์, 2547) ที่ระดับพลังงานต่างๆ และปล่อยทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องนาน 24 ชั่วโมง จึงวัดขนาดปริมาตรรอยช้ำ การทดลองแรกของการทดสอบระดับพลังงานที่ใช้ในการกระแทก ของขนาด 100 มีค่า 0.116 – 1.036 J และขนาด 125 ใช้ระดับพลังงานในการกระแทก 0.29 – 1.178 J โดยการเปลี่ยนขนาดกระดาษแปรรูปที่ 5, 10 และ 15 g ทั้ง กระดาษปน และกระดาษหยอง เปรียบเทียบกับการกระแทกแอปเปิ้ลที่ไม่มีวัสดุกันกระแทก แต่ละระดับพลังงานกระแทก ทำการทดลอง 5 ซ้ำ และหากราฟความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานกระแทกกับปริมาตรรอยช้ำ ดังแสดงใน Figure 1

การทดลองที่ 2 เลือกขนาดของกระดาษใช้แล้วแปรรูป(5, 10 และ 15 g) ที่ป้องกันการเกิดรอยช้ำได้ดีที่สุดจากทั้ง 2 ชนิดของกระดาษใช้แล้วแปรรูป จากกราฟการทดลองแรก เพื่อนำมาหาความสามารถในการป้องกันการเกิดรอยช้ำ ที่ระดับพลังงานเริ่มแรก โดยทำการทดลองที่ 5 ซ้ำในแต่ละระดับพลังงาน โดยใช้ระดับพลังงานตั้งแต่ 0 – 0.694 J สำหรับขนาด 100 และ 0.638 – 1.141 สำหรับขนาด 125 ในกรณีมีวัสดุกันกระแทก และระดับพลังงาน 0.019 – 0.167 J และ 0 – 0.654 J สำหรับขนาด 100 และ 125 ตามลำดับ ในกรณีไม่มีวัสดุกันกระแทก เขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง ระดับพลังงานและจำนวนครั้งของการเกิดรอยช้ำในแต่ละระดับพลังงาน และแต่ละขนาดแอปเปิ้ล

ผล

ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรช้ำกับพลังงานกระแทกเลยจุด Threshold ใน Figure1 พบว่าเมื่อพลังงานกระแทกเพิ่มขึ้น ปริมาตรช้ำก็เพิ่มขึ้น ทั้งขนาด 100 และ 125 ลักษณะความสัมพันธ์เป็นเชิงเส้น

จาก Table 1 และ Figure 1 ที่ขนาด 15 กรัม ของวัสดุกันกระแทกทั้ง 2 ชนิดให้การป้องกันได้ดีที่สุด เนื่องจากมีความชันของเส้นน้อยที่สุด และเมื่อเปรียบเทียบกับแอปเปิ้ลที่ไม่ห่อหุ้มวัสดุกันกระแทก พบว่าสามารถป้องกันรอยช้ำได้ประมาณ 4 เท่า สำหรับขนาด 100 และ 3 เท่า สำหรับขนาด 125 และเมื่อเปรียบเทียบที่ระดับพลังงานเท่ากันพบว่าวัสดุกันกระแทกสามารถป้องกันการเกิดรอยช้ำสำหรับขนาด 125 ได้ดีกว่า ขนาด 100 ในทุกขนาดของวัสดุกันกระแทก ดังนั้นเลือกขนาด 15 กรัม ของวัสดุกันกระแทกทั้ง 2 ชนิด เปรียบเทียบผลการกระแทกแอปเปิ้ลเปล่าทั้ง 2 ขนาด พบว่าขนาด 125 เกิดรอยช้ำน้อยกว่า ดังนั้นจะเห็นว่าขนาด 125 แข็งแรงกว่า ขนาด 100 พลังงานเริ่มแรกที่ทำให้เกิดการช้ำ (threshold energy) ใน Figure 1 แสดงทั้งขนาด 100 และ 125

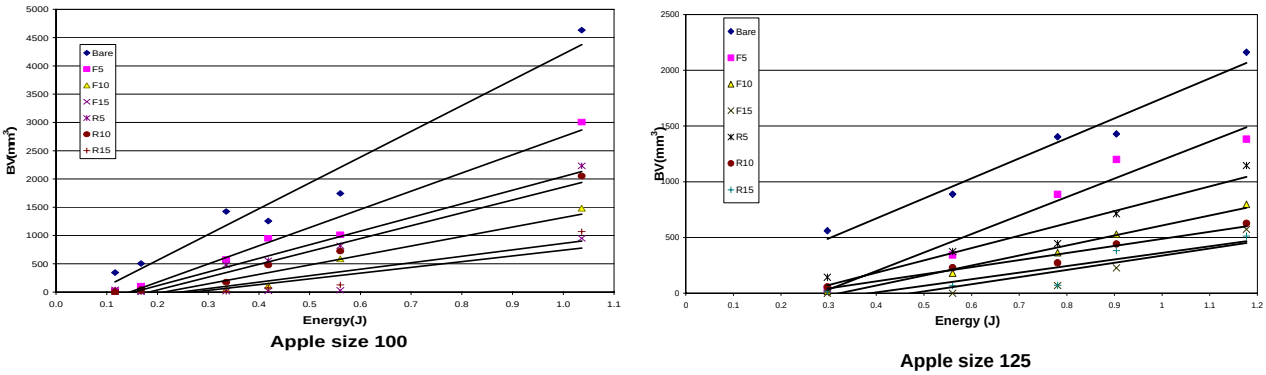

Figure 1 The relationship of impact energy and bruise volume of bare fruit and apple wrapped by two types of processed used papers of three size (5, 10 and 15 g)

Table 1 The relationship of equations of impact energy and bruise volume of bare fruit and apple wrapped by two type of processed used papers by varies in three size 5, 10 and 15 g.

cushioning material	Apple size 100		Apple size 125	
	V=AE+B	R^2	V=AE+B	R^2
Bare fruit	V=4471.5E-350.48	0.9630	V=1794.6E-46.206	0.9707
Find 5 g	V=3243.0E-468.33	0.9776	V=1659.3E-463.90	0.9562
Find 10 g	V=1695.6E-368.20	0.9359	V=897.62E-289.44	0.9832
Find 15 g	V=1006.9E-278.85	0.7909	V=641.84E-303.43	0.7882
Rough 5 g	V=2475.9E-398.49	0.9793	V=1104.5E-257.10	0.9285
Rough 10 g	V=2313.2E-442.30	0.9676	V=635.64E-147.19	0.9614
Rough 15 g	V=1144.5E-310.01	0.8177	V=590.87E-228.72	0.7947

พลังงานกระแทกที่ใช้ในการทดลองตั้งแต่ 0 – 0.166 จูล สำหรับแอปเปิ้ลเปล่าทั้ง 2 ขนาด และ 0.116 - 0.666 จูล และ 0.639 – 1.214 จูล สำหรับแอปเปิ้ลที่หุ้มด้วยวัสดุกันกระแทก ขนาด 100 และ125 ตามลำดับ พบว่าพลังงานเริ่มต้นที่ทำให้เกิดรอยช้ำสำหรับขนาด 100 และ 125 มีค่า 0.668 และ 1.156 จูล ตามลำดับ สำหรับกระดาษปน และมีค่า 0.642 และ 1.018 จูล ตามลำดับ สำหรับกระดาษหยอง (Figure 2)

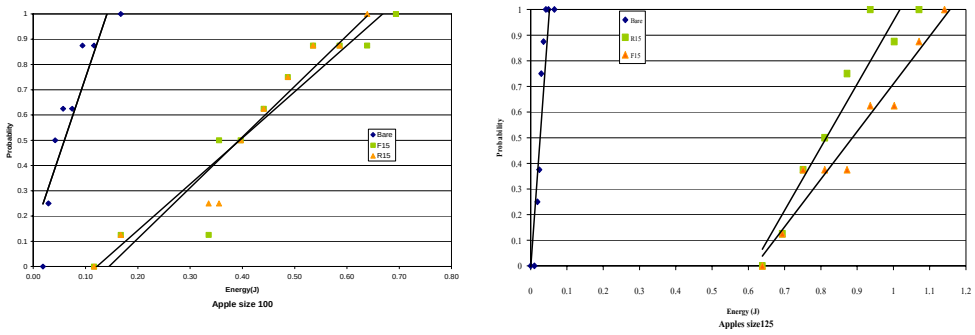

Figure 2 Threshold energy on bare fruit and apple wrapped by 15 g of triturated and Hyong papers

วิจารณ์ผล

จากค่าพลังงานเริ่มต้นที่เกิดรอยช้ำพบว่าแอปเปิ้ลที่ห่อด้วยกระดาษปน สามารถรับพลังงานมากกว่าแอปเปิ้ลที่ห่อด้วยกระหยอง สำหรับทั้ง 2 ขนาดของแอปเปิ้ล สามารถใช้ทฤษฎีการกระจายความเค้นอธิบายปรากฏการที่เกิดขึ้นกับแอปเปิ้ลได้ เนื่องจากแอปเปิ้ลเป็นวัสดุเกษตร เมื่อแอปเปิ้ลได้รับพลังงานกระแทก ความเสียหายแสดงเป็นรอยช้ำ เปรียบได้กับดินที่ได้รับแรงกระทำเกิดความเค้นในดิน ความเสียหายที่เกิดขึ้นก็คือการวิบัติตัวของดินซึ่งประกอบด้วย 2 ส่วนคือ การเปลี่ยนรูปและการแตก ดินแน่นมีช่องว่างในดินน้อย เมื่อได้รับความเค้นจึงเกิดการเปลี่ยนรูปน้อย แล้วจึงแตก ส่วนดินที่จัดเรียงอนุภาคหลวมๆ มีช่องว่างในดินมาก เมื่อได้รับความเค้นจึงเกิดการเปลี่ยนรูปมาก มีการขยายตัวมาก แล้วจึงแตก(Koolen and Kuipers, 1983) เปรียบได้กับแอปเปิ้ลขนาด 125 ผล ที่มีลักษณะเนื้อแน่นสามารถรับแรงกระแทกได้ดีกว่า ขนาด 100 ผล ในกรณีแอปเปิ้ลเปล่า และในทำนองเดียวกันกับกระดาษปนสามารถป้องกันการเกิดรอยช้ำได้ดีกว่ากระดาษหยอง

สรุป

จากการทดลองพบว่าแอปเปิ้ลที่ห่อด้วยวัสดุกันกระแทกเกิดปริมาตรรอยช้ำน้อยลงตามขนาด(ปริมาณ) ของวัสดุกันกระแทก ทำให้ที่ 15 g ของวัสดุกันกระแทกทั้งสองชนิดสามารถป้องกันการเกิดรอยช้ำได้ดี โดยมีระดับพลังงานเริ่มต้นที่ทำให้เกิดรอยช้ำที่ขนาดแอปเปิ้ล 100 และ 125 ค่า 0.668 และ 1.156 จูล ตามลำดับ สำหรับกระดาษปน และมีค่า 0.642 และ 1.018 จูล ตามลำดับ สำหรับกระดาษหยอง จากค่าระดับพลังงานเริ่มต้นที่เกิดรอยช้ำแสดงให้เห็นว่ากระดาษปนสามารถรับ

พลังงานได้สูงกว่ากระดาษหยอง ทั้งนี้ยังต้องมีการศึกษาอีกมากในการนำกระดาษใช้แล้วกลับมาใช้ เนื่องจากคุณสมบัติบางประการของกระดาษ เช่น การดูดความชื้น ยังเป็นปัญหาที่สำคัญของกระดาษ

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ รองศาสตราจารย์บัณฑิต จริโมภาส สำหรับแนวคิด และทุนการวิจัย และคุณศักดา จันทร์ทองและคุณสนธยา จันทร์ละออ ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน สำหรับเครื่องมือในการทำกระดาษใช้แล้วแปรรูป และศูนย์เครื่องจักรกลเกษตรแห่งชาติ สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่ง ที่กรุณาเอื้อเฟื้อสถานที่ในการทดสอบ

เอกสารอ้างอิง

บัณฑิต จริโมภาส, ณัฏชา เปี่ยมคล้า และปวีณา สว่างเนตร. 2546. การศึกษาเปรียบเทียบความสามารถของโฟมตาข่ายในการป้องกันผลแอปเปิ้ลจากการกระแทก. วารสารสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย 10(1) : 44-49.

บัณฑิต จริโมภาส, ธาริณี มหายศนันท์ และนงเยาว์ ศรีเอนก. 2547. การศึกษาความสามารถของตาข่ายที่ทำจากเชือกกล้วย เพื่อป้องกันผลแอปเปิ้ลจากการกระแทก. วิศวกรรมสาร มก. 17(51) : 9-16.

บัณฑิต จริโมภาส และศุภกิตต์ สายสุนทร. 2547. การปรับปรุงเครื่องทดสอบการกระแทกแบบ Ballistic Pendulum. วารสารสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย 11(1) : 51-56.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2549. แอปเปิ้ล : ปริมาณและมูลค่าการนำเข้ารายเดือน. Available : www.oae.go.th.

สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม. 2549. สถิติอุตสาหกรรม. Available : http://www.oie.go.th/select_isic.asp

Koolen, A. J. and H. Kuipers. 1983. Agricultural Soil Mechanics. Springer-Verlag, Berlin. 241 p.

Srivastava A. K., S. C. Mandhar and M. D. Singh. 1992. Apple Bruise Prediction Models Using Dimensional Analysis. Agricultural Engineering Journal, 1(1):35-52.

www.phcpl.com. 2549. ปริมาณขยะ. Available : http://www.phcpl.com/download/phb/junk1.pdf