การเปรียบเทียบวัสดุกันกระแทกแอปเปิลด้วยกราฟความต้านทานการช้ำ

A Comparison of Apple Cushioning Materials Using Bruise Resistant Graphical

จิรวัฒน์ เส็งรอดรัตน์[1] **ปฏิพัทธ์ สุบรรณ์**[1] **ขวัญหหัย ห่วงแสง**[1] **รณกร สืบจากลี**[1] **วัตรธร ศรีล้ำ**[1] **และ ศุภกิตต์ สายสุนทร**[1]
Khanhatai Huangsaeng[1], Ronnakorn Sebjaklee[1], Wattatorn Srilam[1], Chirawat Sengrodrut[1], Patipat Suban[1] and Supakit Sayasoonthorn[1]

Abstract

This research was to compare the protective performance of cushioning material to prevent mechanical damage of apples by free fall drop test method. Fuji apples 138 (by count) were used as a sample for testing. Eight apples were packed into a corrugated sheet box. The impact test by free-fall dropping test was done with 3 levels, 0.6, 0.7 and 1 m. The test methods comprise of dropping test of the corrugated sheet boxes containing apples without cushion material and corrugated sheet boxes containing apples with cushioning materials; 1 cm long rice straw, 15 cm long rice straw, 0.5 cm in diameter foam ball, 2.5% and 6% moisture content (mc.) coconut fluff. The protective performance of cushioning material was evaluated using bruise resistance of the graph of bruise area – drop height level (BA-h). The results showed that 6% mc. coconut fluff was the most appropriate cushioning materials to prevent the mechanical damage by apple free fall drop test method with average bruise resistance of shredded paper was 6.89 sq.mm/m

Keywords: cushion material, packaging, bruising

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เพื่อเปรียบเทียบความสามารถของวัสดุกันกระแทกแอปเปิลด้วยกราฟความต้านทานการช้ำ เพื่อการป้องกันความเสียหายเชิงกลโดยการทดสอบการปล่อยตกอย่างอิสระ ใช้ผลแอปเปิลพันธุ์ฟูจิ ขนาด 138 นับ เป็นตัวอย่างสำหรับการทดสอบ โดยบรรจุลงในกล่องกระดาษลูกฟูก จำนวน 8 ผล/กล่อง วิธีการทดสอบประกอบด้วยการปล่อยกล่องตกอย่างอิสระที่ระดับความสูง 3 ระยะ ได้แก่ 0.6, 0.7 และ 1 เมตร ซึ่งภายในกล่องบรรจุด้วยผลแอปเปิลเปล่าไม่บรรจุวัสดุกันกระแทก และภายในบรรจุด้วยวัสดุกันกระแทก ได้แก่ ฟางข้าว ความยาว 1 และ 15 ซม., เม็ดโฟมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.5 ซม. ขุยมะพร้าวความชื้น 2.5 และ 6% จากนั้นเปรียบเทียบความสามารถของวัสดุกันกระแทกด้วยกราฟความต้านทานการช้ำที่กำหนดโดยความชันของกราฟพื้นที่รอยช้ำ-ความสูงของการปล่อยตก (BA-h) ผลการทดสอบพบว่า ขุยมะพร้าวความชื้น 6% เป็นวัสดุกันกระแทกที่เหมาะสมในการป้องกันความเสียหายเชิงกลสำหรับการปล่อยตกอย่างอิสระของผลแอปเปิลดีที่สุด โดยมีค่าต้านทานการช้ำเฉลี่ยเท่ากับ 6.89 ตร.มม./ม.

คำสำคัญ: วัสดุกันกระแทก, บรรจุภัณฑ์, การช้ำ

คำนำ

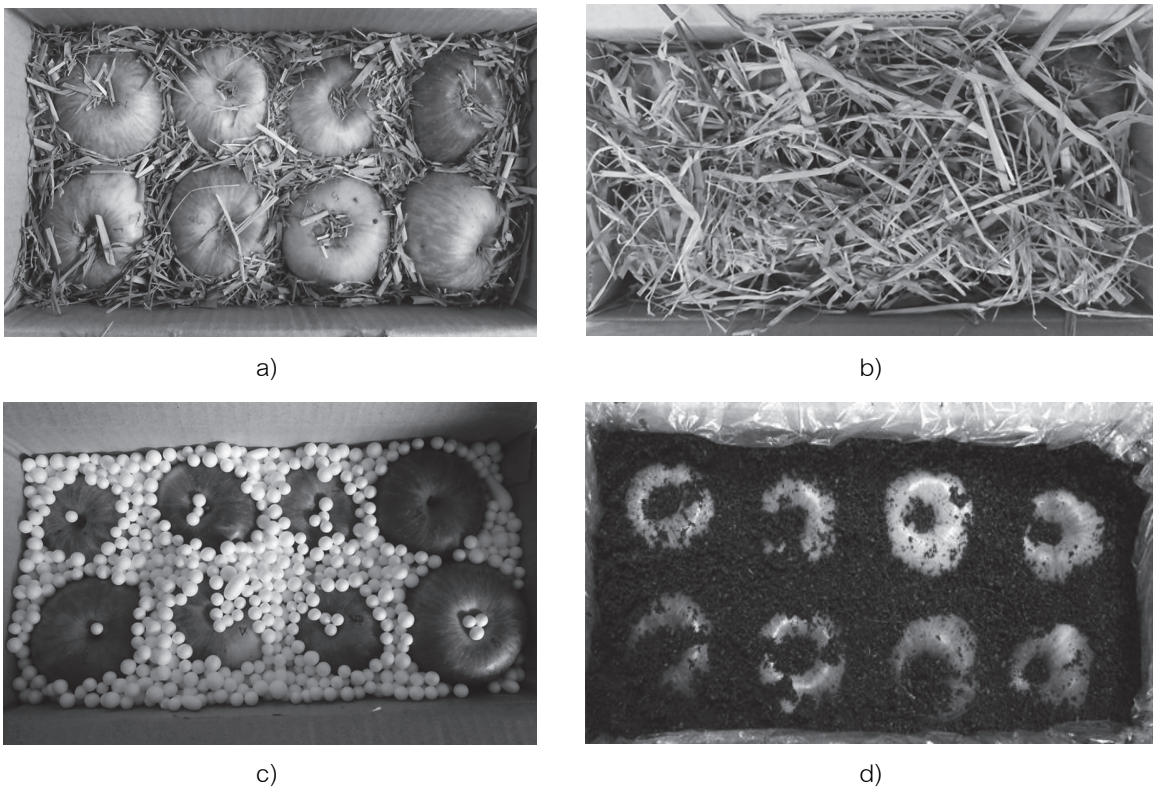
ในยุคปัจจุบันที่ภาวะโลกร้อนกำลังเป็นปัญหาสำคัญของประชาคมโลก ทุกภาคส่วนต่างพยายามช่วยกันลดการสร้างขยะโดยการลดการใช้ (Reduce) การนำกลับมาใช้ซ้ำ (Reuse) และนำกลับมาใช้ใหม่ (Recycle) บรรจุภัณฑ์และวัสุดกันกระแทก เช่น ถุงพลาสติก กล่องกระดาษ และเส้นโฟมตาข่าย เป็นอีกหนึ่งปัญหาสำคัญที่เมื่อผ่านการใช้งานแล้วกลายเป็นขยะก่อให้เกิดปัญหามลพิษทางดินและมลพิษในแหล่งน้ำเป็นจำนวนมาก (Levy, 2000) มีนักวิจัยจำนวนหนึ่งได้ศึกษาการนำวัสดุกันกระแทกที่ผลิตขึ้นจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรมาใช้ป้องกันความเสียหายของผลไม้ (Jarimopas *et al*., 2004; Jarimopas *et al*., 2007; ศรันย์ และศุภกิตต์, 2556) พบว่า มีความสามารถป้องกันความเสียหายของผลไม้ได้ในระดับหนึ่ง อย่างไรก็ตามความสามารถในการป้องกันนี้ขึ้นอยู่กับรูปแบบการนำไปใช้และลักษณะการจัดวางผลไม้ด้วย ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบวัสดุกันกระแทกที่พัฒนาขึ้นจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรสำหรับการป้องกันความเสียหายเชิงกลจากการจำหน่ายปลีกแอปเปิล

[1] ภาควิชาเกษตรกลวิธาน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน กรุงเทพฯ 10900
[1] Department of Farm Mechanics, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkhen Campus, Bangkok 10900

อุปกรณ์และวิธีการ

1. ตัวอย่างทดสอบและชนิดของวัสดุกันกระแทก

ผลแอปเปิลพันธุ์ฟูจิขนาด 138 นับ (count) ถูกเลือกเป็นตัวอย่างสำหรับการทดสอบ โดยบรรจุลงในกล่องกระดาษลูกฟูก ซึ่งทำจากแผ่นกระดาษลูกฟูก 1 ชั้น (single wall) ขนาด 13.5 x 26 x 7.5 ซม. (กว้าง x ยาว x สูง) จำนวน 8 ผล/กล่อง แบ่งการทดสอบการกระแทกโดยการปล่อยกล่องบรรจุผลแอปเปิลให้ตกอย่างอิสระเป็น 5 รูปแบบ ได้แก่ 1) ผลแอบเปิลบรรจุในกล่องกระดาษลูกฟูกไม่บรรจุวัสดุกันกระแทก และ ผลแอปเปิลบรรจุในกล่องกระดาษลูกฟูก ภายในกล่องบรรจุ 2) ฟางข้าว ความยาว 1 ซม. (Figure 1a) 3) ฟางข้าว ความยาว 15 ซม. (Figure 1b) 3) เม็ดโฟมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.5 ซม. (Figure 1c) 4) ขุยมะพร้าวความชื้น 2.5% และ 5) ขุยมะพร้าวความชื้น 6% (Figure 1d) โดยน้ำหนักของขุยมะพร้าวที่บรรจุลงไปในกล่องมีค่าเท่ากับ 100 ก.



a) b) c) d)

Figure 1 Various types of apple cushioning materials: a) 1 cm rice straw, b) 15 cm rice straw, c) 0.5 cm in diameter foam ball and d) coconut fluff with 2.5 and 6% moisture content

2. การทดสอบปล่อยตกอย่างอิสระ

ทดสอบปล่อยตกอย่างอิสระที่ความสูงจากพื้น 0.6, 0.79 และ 1 ม. ระยะละ 3 ซ้ำ ซึ่งระยะดังกล่าวเป็นความสูงของของการจำหน่ายปลีก ในการเลือกซื้อ ความสูงในการถือสินค้า และความสูงที่ใช้วางจำหน่ายบนชั้นขายสินค้า ตามลำดับ ซึ่งผลไม้จะหล่นจากระยะเหล่านี้มากที่สุด โดยโอกาสที่จะตกมีค่าเท่ากับ 0.02 (Rachanukroa *et al*., 2007) ในขณะทำการทดสอบ ต้องทำอย่างระมัดระวังเพื่อป้องกันมิให้เกิดการหมุนของกล่องกระดาษลูกฟูกในระหว่างตกถึงพื้น หลังจากทดสอบแล้วทิ้งแอปเปิลไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 24 ชม. จนปรากฏรอยช้ำที่ชัดเจน จากนั้นทำการปอกเปลือกแอปเปิลอย่างระมัดระวังเพื่อป้องกันมิให้พื้นที่ที่มีรอยช้ำเกิดขึ้นหลุดออกไปกับเปลือกที่ปอก จากนั้นทำการเปรียบเทียบความสามารถในการป้องกันความเสียหาย โดยการคำนวณหาพื้นที่รอยช้ำเฉลี่ย เมื่อได้ค่าพื้นที่รอยช้ำเฉลี่ยแล้วจึงนำไปพล็อตกราฟร่วมกับค่าระดับความสูงในการปล่อยตก จากนั้นจึงคำนวณหาความชันของกราฟเพื่อประเมินความสามารถในการป้องกันต่อไป

ผล

ผลการเปรียบเทียบวัสดุกันกระแทกชนิดต่าง ๆ

หลังจากปอกเปลือกเพื่อตรวจสอบรอยช้ำของผลแอปเปิลแล้ว (Figure 2) นำค่าพื้นที่รอยช้ำมาพล็อตกราฟแสดงความสัมพันธุ์ระหว่างพื้นที่รอยช้ำกับระดับความสูงที่ปล่อยตกของผลแอปเปิล ดังแสดงใน Table 1 และ Figure 3

Figure 2 Bruised area of apple evaluated by peeling.

Table 1 Linear regression analysis of relationship between bruised area and drop height with various types of cushioning materials.

Cushioning materials	Equation of relationship	R^2
Bare apple (Control)	B_A = 515.51x - 216.24	R^2= 0.9962
15 cm. rice straw	B_A = 284.51x - 89.423	R^2 = 0.9429
1 cm. rice straw	B_A = 218.73x - 75.21	R^2 = 0.6996
Foam ball	B_A = 191.98x - 63.815	R^2 = 0.98
2.5% MC. Coconut fluff	B_A = 25.28x - 10.502	R^2 = 0.7347
6% MC. Coconut fluff	B_A = 6.899x - 3.2988	R^2 = 0.669

* When B_A = bruised area of the apple and H = drop height

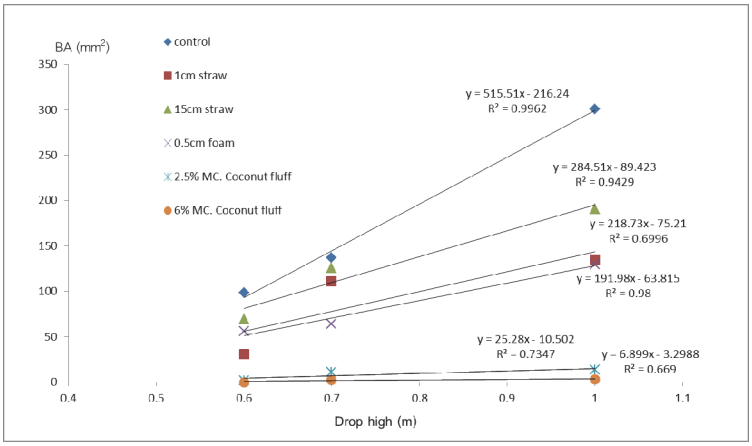


Figure 3 Relationship between bruised area and drop high with various types of cushioning materials.

Figure 3 เป็นกราฟแสดงค่าความต้านทานการช้ำ (bruise resistance) ของวัสดุกันกระแทก กล่าวคือ หากความชันของกราฟดังกล่าวมีค่าต่ำ หมายถึง วัสดุกันกระแทกมีค่าความต้านทานการช้ำสูง เนื่องจากเมื่อผลไม้ได้รับแรงกระแทกจำนวนมาก แต่กลับมีความช้ำเสียหายต่ำ ในทางกลับกัน หากความชันของกราฟดังกล่าวมีค่าสูง หมายความว่า วัสดุกันกระแทกมีค่าความต้านทานการช้ำต่ำ ถึงแม้ผลไม้ได้รับแรงกระแทกเพียงเล็กน้อย ก็เกิดความช้ำเสียหายสูง ซึ่งพบว่า วัสดุกันกระแทกที่มีค่าความชันของกราฟต่ำที่สุด ได้แก่ ขุยมะพร้าว ความชื้น 6% โดยมีค่าความชันเท่ากับ 6.89 มีค่า R^2 = 0.67 รองลงมาได้แก่ ขุย

มะพร้าว ความชื้น 2.5% มีค่าความชันเท่ากับ 25.28 มีค่า R^2 = 0.73 สำหรับ เม็ดโฟมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.5 ซม. ค่าความชันอยู่ที่ 191.98 มีค่า R^2 = 0.98 ส่วนฟางข้าว ความยาว 1 ซม. และ ฟางข้าว ความยาว 15 ซม. มีค่าความชันอยู่ที่ 218.73 และ 284.51 มีค่า R^2 = 0.69 และ 0.94 ตามลำดับ ในขณะที่ผลแอปเปิลไม่หุ้มวัสดุกันกระแทก มีค่าความชันของกราฟมากที่สุด เท่ากับ 515.5 โดยมีค่า R^2 = 0.99

วิจารณ์ผล

จากผลการทดสอบ พบว่า พื้นที่รอยช้ำเป็นสัดส่วนโดยตรงกับระดับความสูงของการปล่อยตก กล่าวคือ เมื่อเพิ่มความสูงในการปล่อยตกมากขึ้น พื้นที่รอยช้ำของแอปเปิลจะเพิ่มมากขึ้นด้วย เป็นเช่นนี้ในทุกๆ เงื่อนไขการทดสอบ ทั้งนี้เป็นผลเนื่องจากเมื่อความสูงมากขึ้น พลังงานศักย์ที่เกิดจากการตกกระแทกกระทำต่อกล่องและผลแอปเปิลมากขึ้น ดังนั้นพื้นที่รอยช้ำจึงมากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยที่ผ่านมา (ศรัณย์ และศุภกิตต์ 2556; Jarimopas *et al*., 2004; Jarimopas *et al*., 2007) สำหรับวัสดุกันกระแทกที่สามารถลดความเสียหายจากการกระแทกได้ดีที่สุด โดยพิจารณาจากค่าความชันของกราฟความต้านทานการช้ำ ได้แก่ ขุยมะพร้าว ความชื้น 6% รองลงมาได้แก่ ขุยมะพร้าว ความชื้น 2.5% เม็ดโฟมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.5 ซม. ฟางข้าว ความยาว 1 ซม. และ ฟางข้าว ความยาว 15 ซม. และผลแอปเปิลไม่หุ้มวัสดุกันกระแทก ตามลำดับ

สาเหตุที่ขุยมะพร้าว ความชื้น 6% มีค่าความต้านทานการช้ำสูง เป็นผลเนื่องจาก ขุยมะพร้าวที่มีความชื้นสูง มีลักษณะอ่อนนุ่ม จึงสามารถดูดซับแรงกระแทกไว้ได้ดี สอดคล้องกับ ศรัณย์ และศุภกิตต์ (2556) ซึ่งได้รายงานว่า ขุยมะพร้าวมีลักษณะแห้ง และคมเล็กน้อยทำให้เกิดแผลถลอกที่บริเวณผิวแอปเปิล หากมีการเพิ่มความชื้นให้กับขุยมะพร้าวจะลดความเสียหายได้มากขึ้น อย่างไรก็ตามอาจเสี่ยงต่อความเสียหายอันเนื่องมาจากโรคและเชื้อรา ดังนั้นจึงหากจะนำมาใช้จะต้องพิจารณาความเสียหายในเชิงชีวภาพร่วมกับความเสียหายเชิงกลด้วย สำหรับขุยมะพร้าว ความชื้น 2.5% เนื่องจากความชื้นต่ำกว่า ความอ่อนนุ่มจึงน้อยกว่า จึงทำให้ค่าความต้านทานความช้ำต่ำกว่าขุยมะพร้าว ความชื้น 6% ในขณะที่เม็ดโฟมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.5 ซม. มีลักษณะอ่อนนุ่มและยืดหยุ่นในตัวเองจึงสามารถดูดซับแรงกระแทกได้ อย่างไรก็ตาม เมื่อกล่องตกกระแทกสู่พื้นเม็ดโฟมบางส่วนเกิดการเคลื่อนตัวทำให้ผลแอปเปิลสัมผัสกับพื้นกล่องทำให้เกิดความเสียหายได้ สำหรับฟางข้าว ความยาว 1 ซม. เมื่อตกกระแทกจะเกิดการอัดตัว ฟางข้าวบางส่วนเกิดการทิ่มแทงทำให้เกิดความเสียหายเพิ่มมากขึ้น และฟางข้าว ความยาว 15 ซม. ด้วยความยาวดังกล่าวทำให้เกิดการอัดแน่น จึงเกิดความช้ำเสียหายได้มาก สำหรับแอปเปิลไม่หุ้มวัสดุกันกระแทก เนื่องจากไม่มีวัสดุคอยดูดซับแรงกระแทกทำให้ได้รับแรงจากการกระแทกทั้งหมดโดยตรง จึงเกิดความช้ำเสียหายมากที่สุด

สรุป

วัสดุกันกระแทกที่เหมาะสมในการป้องกันความเสียหายเชิงกลสำหรับการปล่อยตกอย่างอิสระของผลแอปเปิล เมื่อพิจารณาความสามารถในการป้องกันความเสียหายจากค่าความต้านทานการช้ำที่กำหนดโดยกราฟความต้านทานการช้ำ ได้แก่ ขุยมะพร้าว ความชื้น 6% โดยมีค่าความต้านทานการช้ำเฉลี่ยเท่ากับ 6.89 ตร.มม./ม.

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณ ภาควิชาเกษตรกลวิธาน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่กรุณาให้การสนับสนุนงบประมาณในการดำเนินงานวิจัย

เอกสารอ้างอิง

ศรัณย์ พิทยาพงศกร และ ศุภกิตต์ สายสุนทร. 2556. การเปรียบเทียบวัสดุกันกระแทกสำหรับแอปเปิ้ลด้วยวิธีการปล่อยตกอย่างอิสระ. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 44(3 พิเศษ): 363-366.

Jarimopas, B., T. Mahayosanan and N. Srianek. 2004. Study of capability of net made of banana string for apple protection against impact. Eng. J. Kasetsart. 17(51): 9-16.

Jarimopas, B., S. Sayasoonthorn, S. P. Singh and J. Singh. 2007. Test method to evaluate bruising during impacts to apples and compare cushioning materials. J. Test & Eval. 35 (3): 321-326.

Levy, G.M. 2000. Packaging, Policy and the Environment. Aspen Publisher, Inc. Gaitherburg, Maryland, USA.

Rachanukroa, D., S. P. Singh and B. Jarimopas. 2007. Development of sweet tamarind pod retail packaging, p.30. *In:* Proceedings of the International Conference on Agricultural, Food and Biological Engineering & Postharvest/Production Technology, 22-24 January 2007, Sofitel Raja Orchid Hotel, Khon Kaen, Thailand.