Agricultural Sci. J. 42 : 3 (Suppl.) : 620-624 (2011) ว. วิทย. กษ. 42 : 3 (พิเศษ) : 620-624 (2554)

การเปรียบเทียบวัสดุกันกระแทกสำหรับกะหล่ำปลีระหว่างการวางจำหน่ายและขนส่ง
Comparison of cushioning materials for cabbages during retailing and transportation

ศุภกิตต์ สายสุนทร[1] และ ปัณณธร ภัทรสถาพรกุล[2]
Supakit Sayasoonthorn[1] and Pannatorn Patharasathapornkul[2]

Abstract

The objective of this study was to compare the performance of various types of cushioning materials in preventing of mechanical damage in cabbages during retailing and transportation. F1 hybrid cabbages with or without outer leaves were used in this test. Testing methods included 1) impact test by free-fall drop test with 3 levels, and 2) vibration tests by real life shipment test, 300 km from the orchard to the laboratory. The cushioning materials in this study comprised stretch film, plastic foam net, blister plastic film, plastic bags and bamboo baskets. The results showed that 1) the proper cushioning material to prevent mechanical damage for cabbage retailing was blister plastic film as evaluated by its ability to prevent damage by using bruise resistance from the graph showing the relationship between impact energy and weight of bruised leaves and 2) the most appropriate packing pattern and cushioning material that could effectively prevent the mechanical damage during transportation was represented by cabbages without outer leaves wrapped with plastic foam nets (5 mm ∅) which were in plastic bag. The protective performance and packing pattern using various cushioning materials were evaluated in terms of percent weight loss (5.09%) and the number of loss leaves (0.6 removed leaves).
Keywords: cabbage, cushioning material, retailing and transportation

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อเปรียบเทียบความสามารถของวัสดุกันกระแทกในการป้องกันความเสียหายเชิงกลสำหรับกะหล่ำปลีในระหว่างการวางจำหน่ายและการขนส่ง ใช้กะหล่ำปลีพันธุ์ลูกผสม F1 ที่แกะใบแก่ออกแล้วและยังไม่แกะใบแก่ออก เป็นตัวอย่างสำหรับการทดสอบ วิธีการทดสอบประกอบด้วย 1) การทดสอบการกระแทกโดยการปล่อยให้ตกอย่างอิสระที่ความสูง 3 ระดับ และ 2) การทดสอบการสั่นสะเทือนในสภาวะการขนส่งจริงเป็นระยะทาง 300 กม. วัสดุกันกระแทกที่เลือกมาศึกษาประกอบด้วย ฟิล์มยืด โฟมตาข่าย แผ่นพลาสติกกันกระแทก ถุงพลาสติก และเข่งหวายสาน ผลการทดสอบพบว่า 1) วัสดุกันกระแทกที่เหมาะสมในการป้องกันความเสียหายเชิงกลสำหรับการวางจำหน่ายได้แก่ แผ่นพลาสติกกันกระแทก เมื่อประเมินความสามารถในการป้องกันความเสียหายโดยใช้ค่าความต้านการช้ำจากกราฟพลังงานกระแทก-น้ำหนักใบช้ำ และ 2) รูปแบบและวัสดุกันกระแทกที่เหมาะสมในการป้องกันความเสียหายเชิงกลสำหรับการขนส่งได้แก่ กะหล่ำปลีที่แกะใบแก่ออกแล้วหุ้มด้วยโฟมตาข่ายขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 5 มม. และบรรจุในถุงพลาสติก เมื่อประเมินความสามารถของวัสดุกันกระแทกและรูปแบบการห่อหุ้มโดยใช้เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก และจำนวนใบที่ต้องแกะทิ้ง ซึ่งมีค่าเท่ากับ 5.09% และ 0.6 ใบ ตามลำดับ
คำสำคัญ: กะหล่ำปลี วัสดุกันกระแทก การวางจำหน่ายและการขนส่ง

คำนำ

การขนส่งผลิตผลเกษตรจากไร่ไปสู่ตลาดจนถึงมือผู้บริโภคของเกษตรกรนั้น มักจะเกิดความเสียหายจากภาระเชิงกล เช่น การช้ำ ถลอก บาดจากของมีคม ฯลฯ นักวิจัยจำนวนหนึ่งได้ศึกษาความสามารถของวัสดุกันกระแทก ในการป้องกันความเสียหายที่เกิดขึ้นจากการกระแทก (บัณฑิต และคณะ 2547; ศุภกิตต์ และคณะ 2553; Jarimopas *et al.*, 2007) และการขนส่งผลิตผลเกษตร (Chonhenchob and Singh, 2004) และพบว่าวัสดุกันกระแทกสามารถลดความช้ำเสียหายที่เกิดจากภาระเชิงกลได้ ในกรณีของกะหล่ำปลีเมื่อเกิดความเสียหายต้องแกะเปลือกด้านนอกของกะหล่ำปลีที่เกิดความเสียหายออกเพื่อทำ

---

[1] ภาควิชาเกษตรกลวิธาน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพ 10900
[1] Department of Farm Mechanics, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok, 10900
[2] ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ปทุมธานี 12110
[2] Department of Agricultural Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Thanyaburi, Patumtani, 12110

ให้กะหล่ำปลีดูสวยและน่าซื้อไปบริโภค ยิ่งเสียหายมากยิ่งต้องแกะเปลือกมาก ทำให้ขายได้ราคาถูกลง ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบวัสดุกันกระแทกของกะหล่ำปลีชนิดต่างๆ เพื่อใช้ในการลดความเสียหายเชิงกลที่เกิดขึ้นในระหว่างการวางจำหน่ายและขนส่ง

อุปกรณ์และวิธีการ

ใช้กะหล่ำปลีพันธุ์ลูกผสม F1 เป็นตัวอย่างสำหรับการทดสอบ น้ำหนักกะหล่ำปลีอยู่ในช่วง 450-600 ก./ผล แบ่งการทดสอบเป็น 2 ลักษณะได้แก่

ก) การทดสอบการกระแทกโดยการปล่อยให้ตกอย่างอิสระของกะหล่ำปลี แบ่งการทดสอบเป็น 4 รูปแบบ คือ 1) ไม่หุ้มวัสดุกันกระแทก 2) หุ้มฟิล์มยืด 3) หุ้มโฟมตาข่าย ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 3 มม. และ 5 มม. และ 4) หุ้มแผ่นพลาสติกกันกระแทก (blister plastic film) ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางฟองอากาศ 10 มม. และความหนา 8 มม. ทำการปล่อยตกที่ระยะสูงจากพื้น 0.6, 0.79 และ 1 ม. ระยะละ 3 ซ้ำ ซึ่งระยะดังกล่าวเป็นความสูงของการเลือกซื้อ ความสูงในการถือสินค้า และความสูงที่ใช้วางจำหน่ายบนชั้นขายสินค้า ตามลำดับ ซึ่งผลไม้จะหล่นจากระยะเหล่านี้มากที่สุด โดยโอกาสที่จะตกมีค่าเท่ากับ 0.02 (Rachanukroa *et al.*, 2007) ในขณะทำการทดสอบ ต้องทำอย่างระมัดระวังเพื่อป้องกันมิให้เกิดการหมุนของกะหล่ำปลีในระหว่างตกถึงพื้น หลังจากทดสอบแล้ว ทิ้งกะหล่ำปลีไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 6 ชม. จนปรากฏรอยช้ำ จากนั้นนำพื้นที่รอยช้ำมาคำนวนหาน้ำหนักใบช้ำ และพล็อตกราฟร่วมกับค่าพลังงานกระแทก (impact energy) ซึ่งคำนวณได้จากสมการที่ (1)

$$E_I = mgh \qquad (1)$$

เมื่อ E_I คือ พลังงานกระแทก (จูล), m คือ มวลของกะหล่ำปลี (กก.) g คือ ค่าแรงโน้มถ่วงโลก (ม./วินาที^{2}) และ h คือ ความสูงของการปล่อยตก (ม.)

ข) วิธีการทดสอบการสั่นสะเทือนมี 5 รูปแบบ ได้แก่ 1) กะหล่ำปลีที่แกะใบแก่ออกแล้วไม่หุ้มวัสดุกันกระแทกบรรจุในถุงพลาสติก (K1) 2) กะหล่ำปลีที่แกะใบแก่ออกแล้วหุ้มด้วยโฟมตาข่ายขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 5 มม. และบรรจุในถุงพลาสติก (K2) 3) กะหล่ำปลีที่แกะใบแก่ออกแล้วหุ้มด้วยโฟมตาข่ายขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 5 มม. และบรรจุในเข่งหวายสาน (K3) 4) กะหล่ำปลีที่ยังไม่ได้แกะใบแก่ออก บรรจุในถุงพลาสติก (K4) 5) กะหล่ำปลีที่ยังไม่ได้แกะใบแก่ออก บรรจุในเข่งหวายสาน (K5) ทดสอบวิธีการละ 3 ถุง(เข่ง) ในแต่ละรูปแบบบรรจุถุง (เข่ง) ละ 10 ผล ทดสอบการสั่นสะเทือนในสภาวะการขนส่งจริง โดยใช้รถกระบะขนาดกลางในการขนส่ง จัดเรียงกะหล่ำปลีภายในถุงและเข่งแบบสุ่ม (random pack) และจัดเรียงในรถกระบะแบบชั้นเดียว (single layer) ณ ตำแหน่งด้านหลังสุดของรถ ในตำแหน่งเดียวกันในทุกๆ การทดสอบ เส้นทางการขนส่งจากตลาดไท-อยุธยา-ม.ก. กำแพงแสน - ม.ก. บางเขน รวมระยะทางประมาณ 300 ก.ม. วิ่งด้วยความเร็วเฉลี่ย 80-100 กม./ชม. บนถนนลาดยาง และคอนกรีตสลับกันเป็นบางช่วง หลังการทดสอบ เก็บรักษากะหล่ำปลีที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 6 ชม. จนปรากฏรอยช้ำ จากนั้นจึงนำกะหล่ำปลีไปประเมินความเสียหายตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้

เกณฑ์การประเมินความเสียหายของกะหล่ำปลี แสดงใน Table 1 เมื่อพบรอยช้ำที่ระดับคะแนน 2 และ 3 ที่ใบแรก (ใบนอกสุด) ทำการแกะใบกะหล่ำปลีออกจนกระทั่งเจอรอยช้ำที่ระดับคะแนน 1 จึงหยุดประเมิน นำใบกะหล่ำปลีที่ถูกแกะออกไปชั่งน้ำหนักเพื่อคำนวนหาความเสียหายที่เกิดขึ้น โดยพิจารณาจากจำนวนใบที่ต้องแกะทิ้ง น้ำหนักของใบที่แกะทิ้ง และเปอร์เซ็นต์น้ำหนักสูญเสีย ซึ่งคำนวณได้จากสมการที่ 2

$$\text{\% น้ำหนักสูญเสีย} = \frac{\text{น้ำหนักใบที่แกะทิ้ง}}{\text{น้ำหนักกะหล่ำปลี}} \times 100 \qquad (2)$$

Table 1 Bruised area

Rating	Bruised area (%)	Operation of farmers/sellers
1	More than 10% of leaf area	Normally sell the produce.
2	Between 10-25% of leaf area	Remove the outer leaves until the leaf with less than 10% damaged area is found.
3	More than 25% of leaf area and detecting any type of damage except bruise	Same operation with above.

ผล

ผลการทดสอบการกระแทกแสดงในกราฟซึ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานกระแทกกับน้ำหนักใบช้ำของกะหล่ำปลี (Figure 1) และ Table 2 พบว่า วัสดุกันกระแทกที่มีค่าความชันของกราฟต่ำที่สุด ได้แก่ แผ่นพลาสติกอัดอากาศ พบว่า ค่าความชัน = 0 (ไม่พบความช้ำเสียหายของกะหล่ำปลี) โฟมตาข่ายขนาด 5 มม. มีค่า A ของกราฟ W_B-E_I ต่ำที่สุด เท่ากับ 0.0028 ก./จูล โดยมีค่า R^2= 0.6728 โฟมตาข่ายขนาด 3 มม. มีค่า A ของกราฟเท่ากับ 0.0178 ก./จูล ค่า R^2= 0.95 ฟิล์มยืด มีค่า A ของกราฟ W_B-E_I เท่ากับ 0.0224 ก./จูล โดยมีค่า R^2= 0.9559 ในขณะที่กะหล่ำปลีไม่หุ้มวัสดุกันกระแทก มีค่า A ของกราฟสูงที่สุด เท่ากับ 0.0284 ก./จูล โดยมีค่า R^2= 0.9802

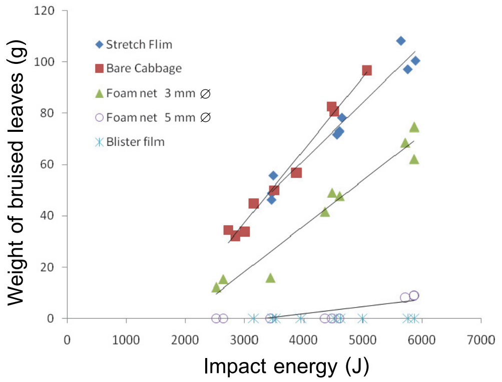

Figure 1 Relationship between Impact energy and weight of bruised leaves in cabbages with various types of cushioning materials.

Table 2 Linear regression analysis indicating the relationship between Impact energy and weight of bruised leaves in cabbages with various types of cushioning materials.

Cushioning materials	Equation of relationship	R^2
Bare cabbage	W_B = 0.0284E_I - 47.825	R^2 = 0.9802
Stretch film	W_B = 0.0224E_I - 27.992	R^2 = 0.9559
Plastic foam net (3 mm in diameter)	W_B = 0.0178E_I - 35.183	R^2 = 0.95
Plastic foam net (5 mm in diameter)	W_B = 0.0028E_I - 9.2163	R^2 = 0.6728
Blister plastic film	W_B = 0	N/A

* When W_B = weight of bruised leaves and E_I = impact energy

Table 3 แสดงจำนวนใบที่แกะทิ้งและเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของกะหล่ำปลีที่หุ้มด้วยวัสดุกันกระแทกชนิดต่างๆ ซึ่งได้จากการนับจำนวนใบที่ปรากฏรอยช้ำเสียหายที่ระดับคะแนน 2 และ 3 จากนั้นนำใบที่ช้ำเสียหายดังกล่าวชั่งน้ำหนักและประเมินเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก ตามสมการ (1) ซึ่งพบว่า K2 มีจำนวนใบที่แกะทิ้งน้อยที่สุดเท่ากับ 0.6 ใบและเปอร์เซ็นต์น้ำหนักสูญเสียเท่ากับ 5.09 ซึ่งแตกต่างจากตัวอย่างอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ รองลงมาได้แก่ K3, K4 และ K1 โดยมีจำนวนใบที่แกะทิ้ง เท่ากับ 2.8, 8.2 และ10.9 ใบ และ มีค่าเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักเท่ากับ 17.5, 21.05 และ 27.36 ตามลำดับ ในขณะที่ K5 มีจำนวนใบที่แกะทิ้งและเปอร์เซ็นต์น้ำหนักสูญเสียมากที่สุด เท่ากับ 10.9 ใบ และ 33.21

Table 3 Number of removed leaves and percent weight loss of Cabbage leaves.

Pattern and type of cushioning materials	Number of removed leaves	Weight loss (%)
K1	2.83[c]	21.05[b]
K2	0.63[a]	5.09[a]
K3	2.03[b]	17.50[b]
K4	8.23[d]	27.36[c]
K5	10.93[e]	33.21[d]

Means within the same column followed by different letters are significantly different at 95% level of probability by Duncan‘s multiple range test.

วิจารณ์ผล

จากการทดสอบการกระแทก พบว่าน้ำหนักใบช้ำของกะหล่ำปลีที่เกิดขึ้นเป็นสัดส่วนโดยตรงกับพลังงานกระแทก กล่าวคือเมื่อเพิ่มระยะความสูงในการปล่อยให้ตก จะทำให้พลังงานกระแทกเพิ่มสูงขึ้น ส่งผลให้กะหล่ำปลีมีความเสียหายเพิ่มมากขึ้น น้ำหนักใบช้ำจึงเพิ่มขึ้นในทุก ๆ เงื่อนไขการทดสอบ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยที่ผ่านมา (บัณฑิต และคณะ 2547; ศุภกิตต์ และคณะ 2553; Jarimopas *et al.*, 2007) การหุ้มกะหล่ำปลีด้วยแผ่นพลาสติกอัดอากาศ สามารถลดความเสียหายที่เกิดจากการกระแทกเมื่อเปรียบเทียบกับกะหล่ำปลีเปล่าที่ไม่หุ้มด้วยวัสดุกันกระแทกมีค่าเท่ากับ 100% เนื่องจากแผ่นพลาสติกอัดอากาศมีลักษณะโครงสร้างเป็นปุ่มอากาศ และมีความยืดหยุ่นสูง จึงทำหน้าที่ดูดซับพลังงานกระแทกไว้ และช่วยลดพลังงานกระแทกที่ส่งผ่านไปยังกะหล่ำปลี สำหรับโฟมตาข่ายเส้นผ่าศูนย์กลาง ขนาด 5 และ 3 มม. สามารถดูดซับพลังงานกระแทกไว้ได้น้อยกว่าแผ่นพลาสติกอัดอากาศจึงให้น้ำหนักใบช้ำกะหล่ำปลีมากกว่า ในขณะที่กะหล่ำปลีที่หุ้มด้วยฟิล์มยืดเสมือนกับไม่ได้หุ้มวัสดุกันกระแทก และกะหล่ำปลีที่ไม่มีวัสดุกันกระแทกหุ้มจะรับพลังงานจากการกระแทกทั้งหมดโดยตรงโดยไม่มีสิ่งใดดูดซับพลังงานกระแทก (บัณฑิต และคณะ 2547; ศุภกิตต์ และคณะ, 2553) ทำให้มีน้ำหนักใบช้ำมากที่สุด ดังนั้นเมื่อพิจารณาความสามารถในการดูดซับพลังงานของวัสดุกันกระแทกในการป้องกันความเสียหายเชิงกลจากการกระแทกจะพบว่าการหุ้มกะหล่ำปลีด้วยแผ่นพลาสติกอัดอากาศไม่ทำให้เกิดความเสียหายกับกะหล่ำปลี ถัดไปเป็นการหุ้มด้วยโฟมตาข่ายขนาด 5 และ 3 มม. การหุ้มด้วยฟิล์มยืด และไม่หุ้มวัสดุกันกระแทก ตามลำดับ

สำหรับการขนส่ง ความเสียหายที่เกิดขึ้นของ K1 เป็นผลเนื่องจากกะหล่ำปลีรับภาระเชิงกลโดยตรง เพราะถุงพลาสติกทำหน้าที่ในการบรรจุหรือรวมหน่วย (contain) ไม่ได้ทำหน้าที่เป็นวัสดุกันกระแทก ที่คอยดูดซับพลังงานที่เกิดจากภาระเชิงกลที่มากระทำจากภายนอก ภาระที่กระทำถูกส่งผ่านไปยังใบที่ 2 และใบถัดๆไป แต่กะหล่ำปลีมิได้มีลักษณะเป็นวัตถุแข็งเกร็ง (rigid body) เนื่องจากมีช่องว่างระหว่างใบ ทำให้เกิดการยุบตัวของใบกะหล่ำปลีในขณะที่โดนแรงภายนอกมากระทำส่งผลให้เกิดการส่งถ่ายภาระเชิงกลไปยังใบอื่น ๆลดลง ระดับความรุนแรงหรือความเสียหายของใบถัดไปจึงลดลง เช่นเดียวกับ K2 และ K3 เมื่อเกิดการสั่นสะเทือน โฟมตาข่ายจะดูดซับภาระสั่นสะเทือนและแรงกด จากนั้นจะส่งผ่านจากโฟมตาข่ายไปยังกะหล่ำปลี ทำให้ความเสียหายที่เกิดขึ้นกับกะหล่ำปลีลดลง

สาเหตุที่ K4 มีจำนวนใบที่ต้องแกะทิ้ง และเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักน้อยกว่า K5 เป็นผลเนื่องจากในขณะขนส่ง K4 มีการกระแทกกันเองระหว่างกะหล่ำด้วยกัน ซึ่งมีใบแก่ทำหน้าที่เป็นวัสดุกันกระแทกอยู่แล้ว ในขณะที่ K5 ซึ่งทำจากเข่งหวายสาน ผิวไม่เรียบ เมื่อเกิดการสั่นสะเทือนบริเวณสันของเข่งหวายสานทำให้เกิดการบาด การถลอก และการช้ำเสียหายมากกว่า

สรุป

วัสดุกันกระแทกที่เหมาะสมในการป้องกันความเสียหายเชิงกลสำหรับการวางจำหน่ายและขนส่งกะหล่ำปลี ได้แก่ แผ่นพลาสติกกันกระแทก และกะหล่ำปลีที่แกะใบแก่ออกแล้วหุ้มด้วยโฟมตาข่ายขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 5 มม. บรรจุในถุงพลาสติกตามลำดับ

คำขอบคุณ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่ให้ทุนสนับสนุนงานวิจัย

เอกสารอ้างอิง

บัณฑิต จริโมภาส ธาริณี มหายศนันท์ และ นงเยาว์ ศรีเอนก. 2547. การศึกษาความสามารถของตาข่ายที่ทำจากเชือกกล้วยเพื่อป้องกันผลแอปเปิ้ลจากการกระแทก. วิศวกรรมสาร มก. 17 (51): 9 - 16.

ศุภกิตต์ สายสุนทร ปัณณธร ภัทรสถาพรกุล พิไลพร ชาวขุนทด ศิริวรรณ อิ่มอำไภย และ มนตรี ตรีอาภรณ์ไพศาล. 2553. การศึกษาวัสดุกันกระแทกกล้วยหอมสำหรับการวางจำหน่าย. *ใน* การประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 11, 6-7 พ.ค. 2553, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, จ. นครปฐม. หน้า 105-109.

Chonhenchob, V. and S.P. Singh. 2004. Testing and comparison of various packages for mango distribution. J. Test. Eval. 32 : 69 - 72.

Jarimopas, B., S.P. Singh, S. Sayasoonthorn and J. Singh. 2007. Comparison of package cushioning materials to protect post-harvest impact damage to apples. Packag. Technol. Sci. 20 (5):315-324.

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.