การพัฒนาวัสดุกันกระแทกจากแกลบผสมฟองน้ำยางธรรมชาติเพื่อการขนส่งมะม่วงน้ำดอกไม้

Development of Cushioning Material from Chaff Mixed Sponge Rubber for Transportation of Nam-Dok-Mai Mango

สุวิมล เทียกทุม* และ หทัยนุช จันทร์ชัยภูมิ

Suwimon Theakthum* and Hathainuch Janchaiyaphoom

สาขาวิชาวิศวกรรมการผลิต คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์
83 หมู่ 11 ถนนสระบุรี-หล่มสัก ตำบลสะเดียง อำเภอเมือง จังหวัดเพชรบูรณ์ 67000
Department of Production Engineering, Agricultural Technology and Industrial Technology Faculty, Phetchabun Rajabhat University,
83 Moo. 11, Saraburi – Sak Road, Sadiang, Mueang Phetchabun District, Phetchabun 67000
**Corresponding author, E mail: mapheangvan@gmail.com*

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของการศึกษาครั้งนี้เพื่อพัฒนาวัสดุกันกระแทกจากแกลบผสมฟองน้ำยางธรรมชาติเพื่อการขนส่งมะม่วงน้ำดอกไม้ สำหรับใช้เป็นทางเลือกของวัสดุกันกระแทกที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมแทนการใช้โฟมพอลีสไตรีน และเป็นการนำวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรมาใช้ประโยชน์อีกด้วย โดยผู้วิจัยได้ทำผลิตวัสดุกันกระแทกด้วยกระบวนการแบบดันล้อป ซึ่งมีการควบคุมตัวแปร ได้แก่ ปริมาณและขนาดของแกลบ ปริมาณน้ำยางพารา ปริมาณสารเคมี เวลาผลิต ความเร็วรอบ และอุณหภูมิ จากนั้นจึงได้ทำการทดสอบเปอร์เซ็นต์การหด เปอร์เซ็นต์การคืนตัวเนื่องจากแรงอัด และเปอร์เซ็นต์การกระเด้งตัวของวัสดุกันกระแทกที่ผลิตขึ้นมา ซึ่งจากการวิจัยพบว่าวัสดุกันกระแทกที่มีปริมาณแกลบ 30 กรัมของส่วนผสมทั้งหมด เป็นสูตรที่ดีที่สุดในการผลิต โดยมี เปอร์เซ็นต์การหดตัวเท่ากับ 19.96% เปอร์เซ็นต์การคืนตัวเนื่องจากแรงอัดเท่ากับ 18% และเปอร์เซ็นต์การกระเด้งตัวเท่ากับ 48.16% จากผลการทดสอบโดยรวมจึงสรุปได้ว่าวัสดุกันกระแทกจากแกลบผสมฟองน้ำยางธรรมชาติที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นมานั้นสามารถนำไปใช้งานได้จริง แต่เมื่อวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ พบว่าไม่ก่อให้เกิดความคุ้มค่าในการลงทุน เนื่องจากมีต้นทุนการผลิตสูงกว่าโฟมพอลีสไตรีนมาก

คำสำคัญ: *การขนส่ง แกลบ ยางพารา วัสดุกันกระแทก*

Abstract

The objective of this study to development of cushioning material form chaff mixed with sponge rubber latex for transportation of Nam-Dok-Mai mango, for the choice of cushioning material, which is environmental

friendly instead of using polystyrene foam by using remaining agricultural material. The cushioning material by using Dunlop process that included the following variables: the quantity and size of the chaff, quantity of rubber latex, quantity of chemical, production time, speed and temperature. Then the performance test of the cushioning material were conducted as follows: the external physical characteristics, density, percentage of shrinkage, ability to endure compression force and impact protection properties. Overall performance tests showed that the cushioning material combination sponge and the chaff that the researchers developed were powerful and can be used but analysis of economic value was found that it is not worth the investment because the cost of production is higher than the polystyrene.

Keywords: *transportation, chaff, rubber tree, cushioning materials*

1. บทนำ

มะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เป็นผลไม้ที่ประเทศไทยประสบความสำเร็จในการส่งออกมากที่สุด ซึ่งอธิบดีกรมส่งเสริมการเกษตรเปิดเผยถึงการส่งออกมะม่วงน้ำดอกไม้ของไทยปี 2557 มูลค่าพุ่งสูงถึง 3,000 ล้านบาท ปริมาณกว่า 7 หมื่นตัน (ศูนย์บริการข้อมูลและเศรษฐกิจระหว่างประเทศ, 2558) และเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคทั่วทุกมุมโลก โดยเฉพาะประเทศญี่ปุ่นและจีน จากการศึกษากระบวนการส่งออกมะม่วงน้ำดอกไม้ พบปัญหาสำคัญในการส่งออกคือผลผลิตมะม่วงน้ำดอกไม้มีรอยช้ำ และเน่าเสียระหว่างการขนส่ง ซึ่งเกิดจากแรงกระแทก การเสียดสี การกดทับ จึงเป็นผลทำให้ผลผลิตมะม่วงน้ำดอกไม้คุณภาพต่ำลง ดังนั้นจึงควรเลือกใช้วัสดุที่เหมาะสมสำหรับใช้เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดความเสียหายต่อผลมะม่วงระหว่างกระบวนการขนส่ง ซึ่งปัจจุบันนิยมใช้วัสดุกันกระแทกที่ผลิตจากโฟมพอลีสไตรีน ซึ่งย่อยสลายได้ยาก จึงก่อให้เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อมได้ ดังนั้นจึงควรเลือกใช้วัสดุกันกระแทกที่สามารถย่อยสลายได้ง่ายเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม เช่น วัสดุกันกระแทกจากก้านใบจาก (อดุลย์ คล้ายหนู, 2545) วัสดุกันกระแทกจากเชือกกล้วย ผักตบชวา กระดาษลูกฟูกหน้าเดียว กระดาษลูกฟูกสองผนังแบบใหม่และแบบที่ใช้แล้ว (ศุภกิตต์ สายสุนทร, 2550) วัสดุกันกระแทกจากเศษกระดาษลูกฟูก (นิรมล วิระเทพสุภรณ์ , 2551) วัสดุกันกระแทกจากขี้เลื่อยผสม แป้งมันสำปะหลัง และน้ำยางพารา (วรัญญู ศรีเดช และเถวียน วิทยา, 2551) วัสดุกันกระแทกจากยางฟองน้ำ (วราวุธ สุขมาก, 2552) วัสดุกันกระแทกจากกระดาษฝอย (ทรงธรรม ไชยพงษ์, 2552) วัสดุกันกระแทกจากใบสับปะรด (หทัยกาญจน์ ใบนานา, 2552) วัสดุกันกระแทกจากเยื่อหญ้าแฝกผสมเยื่อเวียน (ณัฐพงศ์ ขุนอาสา, 2553) วัสดุกันกระแทกย่อยสลายจากแป้งมันสำปะหลัง (วีระศักดิ์ เลิศสิริโยธิน , 2554) และวัสดุกันกระแทกจากเส้นใยปาล์ม (สิทธิพงศ์ สาธะวงศ์ และวรัญญู ศรีเดช, 2554)

นอกจากนี้วัสดุกันกระแทกที่ใช้ในการขนส่งมะม่วงน้ำดอกไม้ความเป็นวัสดุที่หาได้ในท้องถิ่น ราคาถูก มีปริมาณมาก เป็นวัสดุที่เหลือใช้ และสามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ เป็นต้น ซึ่งวัสดุที่ผู้วิจัยเลือกใช้ในการผลิตวัสดุกันกระแทก คือแกลบ ที่เป็นวัสดุจากธรรมชาติ เหลือใช้จากการผลิตข้าวสาร และเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม นอกจากนี้การใช้วัสดุที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมยังส่งผลดีต่อการส่งออกผลผลิตมะม่วงน้ำดอกไม้ไปยังต่างประเทศอีกด้วย เช่น ญี่ปุ่น เป็นต้น

เนื่องจากประเทศญี่ปุ่นเป็นประเทศที่ให้ความสำคัญต่อสิ่งแวดล้อม ดังนั้นการวิจัยในครั้งนี้จึงมีเป้าหมายในการพัฒนาวัสดุกันกระแทกที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมจากแกลบสำหรับใช้ในการขนส่งมะม่วงน้ำดอกไม้เพื่อทดแทนวัสดุที่ผลิตจากโฟมที่ย่อยสลายยาก โดยผลิตด้วยกระบวนการแบบดันล้อป คือกระบวนการผลิตยางพาราด้วยกระบวนการทางเคมี ทำให้เกิดฟองยางคล้ายวิปปิ้งครีม จากนั้นนำมาเทลงแบบหล่อขึ้นรูป นำไปอบด้วยความร้อนจนยางสุก นำฟองน้ำยางออกจากแม่พิมพ์ นำไปล้างสารเคมีออกไม่ให้มีกลิ่นเหม็นของสารเคมี แล้วอบให้แห้ง โดยในกระบวนการผลิตแบบดันล้อปนั้นผู้วิจัยจะมีการควบคุมตัวแปร ได้แก่ ปริมาณและขนาดของแกลบ ปริมาณน้ำยางพารา ปริมาณสารเคมี เวลาผลิต ความเร็วรอบการปั่นน้ำยาง อุณหภูมิอบด้วยความร้อน และอุณหภูมิการอบแห้ง โดยอ้างอิง จากสูตรการทำยางฟองน้ำของภาควิชาเทคโนโลยียางและพอลิเมอร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

2. วัตถุประสงค์

1. เพื่อพัฒนาวัสดุกันกระแทกซึ่งเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมที่ผลิตจากแกลบผสมฟองน้ำยางธรรมชาติสำหรับใช้ในการขนส่งมะม่วงน้ำดอกไม้

2. เพื่อทดสอบคุณสมบัติของวัสดุกันกระแทกที่พัฒนาขึ้นมา ได้แก่ การทดสอบเปอร์เซ็นต์การหด (Percent shrinkage) เปอร์เซ็นต์การคืนตัวเนื่องจากแรงอัด (Compression set) และเปอร์เซ็นต์การกระเด้งตัว (Rebound resilience) ของวัสดุกันกระแทกที่ผลิตจากแกลบผสมฟองน้ำยางธรรมชาติ

3. อุปกรณ์และวิธีการ

ขั้นตอนนี้เป็นการกำหนดรายละเอียดของประชากร ตัวแปรที่ศึกษารวมถึงรายละเอียดของการดำเนินงานที่สำคัญดังนี้

3.1 ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องทางแนวคิดด้านวัสดุวิศวกรรม เพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานและนำมาใช้อ้างอิงในงานวิจัย สำรวจและรวบรวมข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับวัสดุที่ใช้ในการผลิตวัสดุกันกระแทก

3.2 ขอบเขตการศึกษาประกอบด้วย ขอบเขตด้านเนื้อหา คือการศึกษาปริมาณแกลบสดบดละเอียดที่มีผลต่อลักษณะทางกายภาพของวัสดุกันกระแทกที่ทำจากแกลบผสมฟองน้ำยาง ขอบเขตด้านประชากรคือปริมาณแกลบสดบดละเอียด โดยกำหนดประชากรด้วยการทดลองผลิตวัสดุกันกระแทกที่มีปริมาณแกลบผสมอยู่ในส่วนผสมทั้งหมด 3 สูตร คือ 30g 40g และ50g โดยแกลบจะมีขนาด 0.5 ไมครอน ซึ่งเตรียมโดยการนำแกลบสดมาใส่เครื่องบดละเอียดที่มีตะแกรงร่อนเพื่อให้ได้ขนาดของอนุภาคที่สม่ำเสมอ และมีการควบคุมความชื้นของแกลบบดที่นำไปใช้ผลิต โดยการวัดด้วยเครื่องวัดความชื้นให้มีความชื้นอยู่ระหว่าง 8-12% ส่วนขอบเขตด้านตัวแปรได้แก่ ตัวแปรต้น คือ ปริมาณแกลบสดบดละเอียดจำนวน 30g 40g และ 50g ที่นำมาผสมกับน้ำยางพารา ตัวแปรตามคือลักษณะทางกายภาพของแผ่นกันกระแทกที่ทำจากแกลบสดบดละเอียดที่มีปริมาณแตกต่างกัน ประกอบด้วย เปอร์เซ็นต์การหดตัว เปอร์เซ็นต์การคืนตัวเนื่องจากแรงอัดและเปอร์เซ็นต์การกระเด้งตัวของวัสดุกันกระแทกจากแกลบสดบดผสมยางพารา โดยมีสมมติฐานการวิจัยคือ แกลบสดบดละเอียดผสมกับน้ำยางพาราสามารถผลิตเป็นวัสดุกันกระแทกได้

3.3 ศึกษาและออกแบบกรรมวิธีในการผลิตวัสดุกันกระแทกที่ผลิตจากวัสดุแกลบและน้ำยางพาราในการขนส่งมะม่วงน้ำดอกไม้

3.4 วัสดุอุปกรณ์ประกอบด้วย น้ำยางพารา แกลบสด บดละเอียด สารเคมีในการทำยางฟองน้ำ เครื่องตีฟอง แม่พิมพ์ในการขึ้นรูปแผ่นวัสดุกันกระแทก

3.5 ทดสอบคุณสมบัติของวัสดุกันกระแทกที่พัฒนาขึ้นมา ได้แก่ การทดสอบเปอร์เซ็นต์การหดตัวตามมาตรฐานการทดสอบ ASTM D1055 ส่วนการทดสอบการคืนตัวเนื่องจากแรงอัด จะใช้มาตรฐาน ASTM D395 สำหรับเปอร์เซ็นต์การกระเด้งตัวจะทดสอบตามมาตรฐาน ASTM-D2632 ซึ่งชิ้นงานตัวอย่างได้ถูกเตรียมและทดสอบโดยผู้เชี่ยวชาญของหน่วยงานทดสอบยางโดยเฉพาะ ณ ภาควิชาเทคโนโลยียางและพอลิเมอร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี

3.6 วิเคราะห์ผลที่ได้จากการทดสอบ

3.7 สรุปผลการศึกษาวิจัย รวบรวมปัญหา อุปสรรค และข้อเสนอแนะ

4. ผลการวิจัย

ในส่วนของผลการวิจัยเกี่ยวกับการพัฒนาวัสดุกันกระแทกที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมจากแกลบผสมฟองน้ำยางพารา สำหรับใช้ในการขนส่งมะม่วงน้ำดอกไม้ มีรายละเอียดดังนี้

4.1 ผลการออกแบบกรรมวิธีการผลิตวัสดุกันกระแทกจากแกลบผสมฟองน้ำยางพารา

สำหรับกรรมวิธีการผลิตในวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยจะแบ่งออกเป็น 3 สูตรการทดลองโดย แบ่งตามปริมาณของแกลบบดขนาด 0.5 ไมครอน คือ 30g 40g และ 50g ส่วนปริมาณส่วนผสมอื่นๆ เช่น น้ำยางพารา และสารเคมีต่างๆ เป็นดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงส่วนผสมที่ใช้สำหรับการผลิตวัสดุกันกระแทกจากวัสดุแกลบ

ประเภทวัสดุ	น้ำหนักเปียก (g)		
	สูตร 1	สูตร 2	สูตร 3
แกลบสดบดละเอียด	30	40	50
น้ำยางพารา (60% NR latex ZA)	334	334	334
Potassium - oleate solution 10%	3.0	3.0	3.0
Sulfur dispersion 50%	8.0	8.0	8.0
Zinc - N - diethl dithiocarbomate d. 50%	4.0	4.0	4.0
Zinc - 2 –mercaptobenzo thiazole d.50%	4.0	4.0	4.0
Wing stay L dispersion 50%	4.0	4.0	4.0
Zinc Oxide dispersion 50%	20.0	20.0	20.0
Diphenyl guanidine dispersion 33%	6.0	6.0	6.0
Sodium silicofluoride dispersion 20%	12.0	12.0	12.0

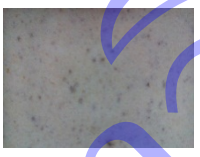
สำหรับกรรมวิธีในการผลิตจะเริ่มจากการเตรียมแกลบบด น้ำยาพารา และสารเคมี ในปริมาณที่กำหนดไว้ในตารางที่ 1 จากนั้นเริ่มทำการปั่นน้ำยางพารา แล้วผสมแกลบบดละเอียดและสารเคมีต่างๆ ลงในเครื่องผสมวัตถุดิบ จากนั้นจึงนำส่วนผสมที่ปั่นเข้าด้วยกันไปเทลงในแม่พิมพ์ แล้วทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 30 นาที จากนั้นนำไปนึ่งในหม้อไอน้ำที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง 30 นาที เพื่อให้วัสดุกันกระแทกเกิดการคงรูป จากนั้นแกะชิ้นงานกันกระแทกออกจากแม่พิมพ์ จากนั้นนำชิ้นงานกันกระแทกไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที เพื่อไล่ความชื้นออก โดยกระบวนการผลิตจะมีการควบคุมตัวแปรต่างๆ ได้แก่ ปริมาณของแกลบบด ขนาดของแกลบบด ปริมาณน้ำยางพารา ปริมาณสารเคมีต่างๆ ที่ใส่ลงไปในส่วนผสม

เวลาในการผลิต ความเร็วรอบในการปั่นส่วนผสม และอุณหภูมิที่ใช้ในการอบเพื่อไล่ความชื้น เป็นต้น

4.2 ผลการพัฒนาวัสดุกันกระแทกที่ทำจากแกลบผสมฟองน้ำยางพารา

สำหรับผลการพัฒนาวัสดุกันกระแทกจากแกลบผสมฟองน้ำยางพาราในวิจัยครั้งนี้ จะพัฒนาให้มีลักษณะเป็นแผ่นสี่เหลี่ยมผืนผ้า มีขนาด 25 x 30 x 1 ลูกบาศก์เซนติเมตร ซึ่งผลจากการทดลองผลิตโดยแบ่งออกเป็น 3 สูตร ผู้วิจัยได้พิจารณาลักษณะกายภาพภายนอก ได้ผลดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงลักษณะทางกายภาพภายนอกของวัสดุกันกระแทกจากแกลบผสมยางฟองน้ำที่พัฒนาขึ้นมา

สูตรที่	ลักษณะกายภาพภายนอก	ความเป็นเนื้อเดียวกันของส่วนผสม	ความสม่ำเสมอของรูพรุน	ผิวไม่ขรุขระ	มีความยืดหยุ่น
1		✓	✓	✓	✓
2		✓	✓	✓	✓
3		✓	✓	✓	✓

ผลการพัฒนาวัสดุกันกระแทกจากแกลบสำหรับใช้ในการขนส่งมะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง จากการพิจารณาลักษณะทางกายภาพภายนอกของวัสดุกันกระแทกที่ได้พัฒนาขึ้นมาทั้ง 3 สูตรนี้ พบว่าทั้ง 3 พบว่ามีความเป็นเนื้อเดียวกันของส่วนผสม ผิวภายนอกของเนื้อวัสดุเรียบไม่ขรุขระ และมีความยืดหยุ่น ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ทำการผลิตวัสดุกันกระแทกทั้ง 3 สูตร สำหรับใช้ในการทดสอบสมบัติต่างๆ ต่อไป

4.3 ผลการทดสอบคุณสมบัติวัสดุกันกระแทกที่ทำจากแกลบผสมฟองน้ำยางพารา

4.3.1 ผลการทดสอบเปอร์เซ็นต์การหดตัว

จากการทดสอบเปอร์เซ็นต์การหดตัวของจะอ้างอิงมาจากมาตรฐานการทดสอบ ASTM D 1055 โดยใช้จำนวนชิ้นงานทดสอบสูตรละ 5 ชิ้นงาน ได้ผลการทดสอบเปอร์เซ็นต์การหดตัว (Percent shrinkage) เป็นดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 แสดงผลการทดสอบเปอร์เซ็นต์การหดตัวของวัสดุกันกระแทกจากแกลบผสมฟองน้ำยางที่พัฒนาขึ้นมา

สูตรที่	ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การหดตัว(%)
1	19.96
2	15.07
3	12.08

จากกระบวนผลิตวัสดุกันกระแทกจากแกลบผสมฟองน้ำยาง จะสังเกตเห็นได้ว่าชิ้นงานที่ผลิตขึ้นมาจะมีการหดตัวเล็กน้อย ซึ่งส่งผลรูปทรงและความเรียบผิว ดังนั้นผู้วิจัยจึงจำเป็นต้องทำการทดสอบเปอร์เซ็นต์การหดตัวของชิ้นงานกันกระแทกจากแกลบที่พัฒนาขึ้นมาทั้ง 3 สูตร จากผลการทดสอบเปอร์เซ็นต์การหดตัวพบว่า วัสดุกันกระแทกจากแกลบสูตรที่ 1 ที่มีส่วนผสมแกลบบดละเอียด 30 g มีเปอร์เซ็นต์การหดตัวค่าเฉลี่ยเท่ากับ 19.96% วัสดุกันกระแทกสูตรที่ 2 ที่มีส่วนผสมแกลบบดละเอียด 40 g มีเปอร์เซ็นต์การหดตัวค่าเฉลี่ยเท่ากับ 15.07% และวัสดุกันกระแทกสูตรที่ 3 ที่

มีส่วนผสมแกลบบดละเอียด 50 g มีเปอร์เซ็นต์การหดตัวค่าเฉลี่ยเท่ากับ 12.08% เมื่อเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การหดตัวของชิ้นงานทดสอบทั้ง 3 สูตร พบว่าชิ้นงานตัวอย่างสูตรที่ 1 มีเปอร์เซ็นต์การหดตัวสูงที่สุด รองลงมาคือชิ้นงานสูตรที่ 2 และชิ้นงานสูตรที่ 3 มีเปอร์เซ็นต์การหดตัวต่ำที่สุด

4.3.2 ผลการทดสอบเปอร์เซ็นต์การคืนตัวเนื่องจากแรงอัด (Compression set)

จากการทดสอบเปอร์เซ็นต์การคืนตัวเนื่องจากแรงอัดของวัสดุกันกระแทกจากแกลบที่พัฒนาขึ้นมา ทดสอบตามมาตรฐาน ASTM D395 โดยนำชิ้นงานทดสอบมากดด้วยเครื่องกดอัดให้มีความหนาลดลง 50% ของความหนาเดิม แล้วนำไปเข้าตู้อบที่อุณหภูมิ (70±1)ºC เป็นเวลา 22 ชั่วโมง นำออกจากตู้อบ แกะชิ้นทดสอบ ออกจากเครื่องกดอัด วางทิ้งไว้ 30 นาที แล้วจึงวัดความหนาของชิ้นทดสอบ ซึ่งได้ผลการทดสอบ ดังตารางที่ 4

จากผลการทดสอบเปอร์เซ็นต์การคืนตัวเนื่องจากแรงอัดของวัสดุกันกระแทกทั้ง 3 สูตร พบว่าวัสดุกันกระแทกสูตรที่ 1 ที่มีส่วนผสมแกลบบด 30 g มีความสามารถในการทนแรงกดเฉลี่ยเท่ากับ 18% วัสดุกันกระแทกสูตรที่ 2 ที่มีส่วนผสมแกลบบด 40 g มีความสามารถในการทนแรงกดเฉลี่ยเท่ากับ 79.85% และวัสดุกันกระแทกสูตรที่ 3 ที่มีส่วนผสมแกลบบดละเอียด 50 g มีความสามารถในการทนแรงกดเฉลี่ยเท่ากับ 31.39% เมื่อเปรียบเทียบค่าเปอร์เซ็นต์การคืนตัวเนื่องจากแรงอัดของชิ้นงานทดสอบทั้ง 3 สูตร พบว่าชิ้นงานตัวอย่างสูตรที่ 1 เปอร์เซ็นต์การคืนตัวเนื่องจากแรงอัดน้อยที่สุด แสดงว่า Elastomer มีการหดตัวน้อยที่สุดเมื่อถูกกด

ตารางที่ 4 แสดงผลการทดสอบเปอร์เซ็นต์การคืนตัวเนื่องจากแรงอัด (Compression set) ของชิ้นงาน

สูตรที่	ครั้งที่	ความหนาเริ่มต้นของชิ้นงานตัวอย่าง (mm)	ความหนาหลังจากการอบและตั้งไว้ 30 นาที (mm)	Compression set (%)	การคืนตัวเนื่องจากแรงอัด(%)
1	1	23.20	20.50	19.57	18.00
	2	23.10	20.70	17.52	
	3	23.00	20.70	16.91	
2	1	20.40	11.00	85.45	79.85
	2	20.50	12.40	72.97	
	3	20.00	11.40	81.13	
3	1	20.70	17.00	32.74	31.39
	2	21.60	18.00	29.51	
	3	21.30	17.50	31.93	

4.3.3 การทดสอบเปอร์เซ็นต์การกระเด้งตัว (Rebound resilience)

จากการทดสอบเปอร์เซ็นต์การกระเด้งตัวของวัสดุกันกระแทกจากแกลบผสมฟองน้ำยาง จะอ้างอิงมาจากมาตรฐานการทดสอบ ASTM-D2632 ซึ่งได้ผลการทดสอบเปอร์เซ็นต์การกระเด้งตัว เป็นดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 แสดงผลการทดสอบเปอร์เซ็นต์การกระเด้งตัว (Rebound resilience) ของชิ้นงาน

สูตรที่	ครั้งที่	มุมที่เพนดูลัมกระเด้งกลับ (องศา)	Rebound resilience (%)	ค่าเฉลี่ย Rebound resilience (%)
1	1	31.00	48.77	48.16
	2	31.00	48.77	
	3	31.00	48.77	
	4	30.00	45.74	
	5	31.00	48.77	
2	1	31.00	48.77	50.01
	2	31.00	48.77	
	3	32.00	51.87	
	4	31.00	48.77	
	5	32.00	51.87	
3	1	29.00	42.81	41.67
	2	29.00	42.81	
	3	28.00	39.96	
	4	29.00	42.81	
	5	28.00	39.96	

จากผลการทดสอบทดสอบเปอร์เซ็นต์การกระเด้งตัวของชิ้นงานทดสอบทั้ง 3 สูตร โดยชิ้นงานทดสอบทุกชิ้นมีปริมาตรเท่ากัน พบว่าวัสดุกันกระแทกสูตรที่ 1 ที่มีส่วนผสมแกลบบด 30 g มีเปอร์เซ็นต์การกระเด้งตัวเฉลี่ยเท่ากับ 48.16% วัสดุกันกระแทกสูตรที่ 2 ที่มีส่วนผสมแกลบบด 40 g มีเปอร์เซ็นต์การกระเด้งตัวเฉลี่ยเท่ากับ 50.01% และวัสดุกันกระแทกสูตรที่ 3 ที่มีส่วนผสมแกลบบด 50 g มีเปอร์เซ็นต์การกระเด้งตัวเฉลี่ยเท่ากับ 41.67% เมื่อเปรียบเทียบคุณสมบัติเปอร์เซ็นต์การกระเด้งตัวของชิ้นงานทดสอบทั้ง 3 สูตร พบว่าชิ้นงานตัวอย่างสูตรที่ 2 มีเปอร์เซ็นต์การกระเด้งตัวดีที่สุด

5. การอภิปรายผล

ผลการพัฒนาวัสดุกันกระแทกจากแกลบผสมฟองน้ำยางที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นมานั้น เป็นดังนี้

5.1 เมื่อพิจารณาลักษณะทางกายภาพภายนอกเมื่อผ่านการขึ้นรูปของวัสดุกันกระแทกทั้ง 3 สูตร พบว่ามีความเป็นเนื้อเดียวกันของส่วนผสม เมื่อสัมผัสด้วยมือเปล่าจะมีผิวภายนอกเรียบไม่ขรุขระ มีความนุ่มและมีความยืดหยุ่น

5.2 เมื่อพิจารณาการทดสอบเปอร์เซ็นต์การหดของวัสดุกันกระแทกที่พัฒนาขึ้นมาทั้ง 3 สูตร พบว่ามีค่า 19.96%, 15.07% และ 12.08% ตามลำดับ ซึ่งเป็นค่าที่ใกล้เคียงกัน แสดงว่ามีการหดตัวที่ไม่แตกต่างกันมากนัก และค่าเปอร์เซ็นต์การหดจากการทดสอบถือว่าอยู่ในเกณฑ์สูง แสดงว่าวัสดุกันกระแทกที่พัฒนาขึ้นมามีความหนาแน่นต่ำ ซึ่งมีการเชื่อมต่อของโครงสร้างในลักษณะหลวม ทำให้เกิดการฉีกขาดหรือเสียหายของโครงสร้างได้ง่าย จึงส่งผลให้มีเปอร์เซ็นต์การหดตัวสูง นอกจากนี้ผู้วิจัยใช้วิธีการในการให้ความร้อนเป็นแบบนึ่ง จึงส่งผลให้วัสดุกันกระแทกมีการหดตัวสูงกว่าวิธีการให้ความร้อนแบบอบ

5.3 เมื่อพิจารณาการทดสอบเปอร์เซ็นต์การคืนตัวเนื่องจากแรงอัดของวัสดุกันกระแทกทั้ง 3 สูตร พบว่ามีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 18%, 79.85% และ 31.39% ตามลำดับ หากค่าในการทดสอบที่ได้มีค่าสูงจะถือว่าไม่ดีต่อการนำไปใช้เป็นวัสดุกันกระแทก เนื่องจาก Elastomer มีการหดตัวมากเมื่อถูกกด วัสดุจึงคืนตัวได้ยาก ดังนั้นการคืนตัวเนื่องจากแรงอัดดีที่สุด คือสูตรที่มีส่วนผสมของแกลบอยู่ 30 g เพราะมีค่าน้อยที่สุด ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ดี รองลงมาคือสูตรที่มีแกลบ 50 g ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ดี และสูตรที่มีเปอร์เซ็นต์การคืนตัวเนื่องจากแรงอัด อยู่ในเกณฑ์ไม่ดี คือ สูตรที่มีแกลบ 40 g เพราะค่าการทดสอบสูงมาก

5.4 เมื่อพิจารณาการทดสอบเปอร์เซ็นต์การกระเด้งตัวของวัสดุกันกระแทกทั้ง 3 สูตร พบว่ามีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 48.16%, 50.01% และ 41.67% ตามลำดับ ซึ่งเปอร์เซ็นต์การกระเด้งตัวเปรียบเสมือนอัตราส่วนของแรงคืนกลับที่มีต่อแรงกด หากค่าเปอร์เซ็นต์การกระเด้งตัวใกล้เคียง 100% แสดงว่าวัสดุกันกระแทกดังกล่าวมีการเด้งกลับได้ดีจึงถือว่ามีคุณภาพดี แต่เมื่อพิจารณาผลการทดสอบของทั้ง 3 สูตรแล้วนั้น ค่าที่ได้อยู่ในเกณฑ์ไม่ดี แสดงว่ากระเด้งตัวกลับได้ไม่ดี หากมีสิ่งของใดๆ มากดทับก็จะไม่กระเด้งตัวมากนัก ซึ่งเหมาะกับการนำไปใช้เป็นวัสดุกันกระแทกสำหรับผลไม้ เพื่อไม่ให้ผิวของผลไม้เสียหายเนื่องจากการกระเด้งตัวของวัสดุกันกระแทก

6. บทสรุป

งานวิจัยเป็นการพัฒนาวัสดุกันกระแทกจากแกลบผสมฟองน้ำยางธรรมชาติ โดยใช้กระบวนการผลิตแบบดันล้อป ที่มีการควบคุมปริมาณและขนาดของแกลบ ปริมาณน้ำยางพารา ปริมาณสารเคมี เวลาผลิต ความเร็วรอบ และอุณหภูมิ เพื่อให้ได้วัสดุกันกระแทกขึ้นมา โดยผู้วิจัยได้ทำการผลิตและทดสอบคุณสมบัติของวัสดุกันกระแทกที่มีปริมาณแกลบผสมอยู่ในส่วนผสมทั้งหมด 3 สูตร คือ 30g 40g และ50g โดยทำการทดสอบเปอร์เซ็นต์การหด (Percent shrinkage) เปอร์เซ็นต์การคืนตัวเนื่องจากแรงอัด (Compression set) และเปอร์เซ็นต์การกระเด้งตัว (Rebound resilience) จากผลการทดสอบคุณสมบัติของวัสดุค่าเปอร์เซ็นต์การหดและเปอร์เซ็นต์การกระเด้งตัวของการทดสอบมีค่าใกล้เคียงกัน ส่วนค่าเปอร์เซ็นต์การคืนตัวเนื่องจากแรงอัดมีค่าที่แตกต่างกันมาก จึงนำมาใช้ในการพิจารณาเพื่อหาสูตรที่ดีที่สุดในการผลิตเป็นวัสดุกันกระแทก นอกจากนี้การทดสอบเปอร์เซ็นต์การคืนตัวเนื่องจากแรงอัดยังที่ถูกกำหนดไว้ในมาตรฐาน มอก. 173-2519 เกี่ยวกับการตรวจสอบคุณภาพของโฟมยาง ผู้วิจัยจึงใช้เป็นหัวข้อสำคัญในการพิจาณา จึงพบว่าวัสดุกันกระแทกที่มีปริมาณแกลบ 30 กรัมของส่วนผสมทั้งหมด เป็นสูตรที่ดีที่สุด เพราะหากมีค่ายิ่งต่ำยิ่งดี เพราะแสดงว่า Elastomer มีการหดตัวต่ำมากเมื่อถูกแรงกด ซึ่งถือว่าเป็นคุณสมบัติที่ดีของวัสดุกันกระแทก แสดงว่าโครงสร้างจะมีความยืดหยุ่น สามารถนำไปใช้งานได้จริง แต่มีข้อเสียคือ ไม่ก่อให้เกิดความคุ้มค่าในการลงทุน เนื่องจากการวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตวัสดุกันกระแทกที่พัฒนาขึ้นมาเปรียบเทียบกับผลิตวัสดุโฟมพอลีสไตรีนที่ชาวสวนมะม่วงน้ำดอกไม้ใช้ในการขนส่งกันอยู่ในปัจจุบัน พบว่าวัสดุกันกระแทกที่พัฒนาขึ้นมามีต้นทุนการผลิต 9,997 บาทต่อลูกบาศก์เมตร ส่วนโฟมพอลีสไตรีนมีต้นทุนการผลิตเพียง 1,260 บาทต่อลูกบาศก์เมตร (วราวุธ สุขมาก, 2552) จะเห็นได้ว่าวัสดุกันกระแทกที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นมายังไม่สามารถแข่งขันกับโฟมพอลีสไตรีนที่ใช้เป็นวัสดุกันกระแทกในปัจจุบันได้

7. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณทุนวิจัยเพื่อพัฒนาชุมชนและท้องถิ่น มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ ประจำปี 2558

8. เอกสารอ้างอิง

นิรมล วิระเทพสุภรณ์. (2551). การพัฒนาวัสดุกันกระแทกจากเศษกระดาษลูกฟูกเพื่อการขนส่งมะม่วงน้ำดอกไม้, ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

วราวุธ สุขมาก. (2552). การพัฒนาวัสดุกันกระแทกจากยางฟองน้ำ, ปริญญาวิทยาศาสตร

มหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีบรรจุภัณฑ์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. สงขลา.

ณัฐพงศ์ ขุนอาสา. (2553). การพัฒนาแผ่นกันกระแทกจากเยื่อหญ้าแฝกผสมเยื่อเวียนทำใหม่ชุบโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตเพื่อยืดอายุกล้วยหอมทอง. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการพิมพ์และบรรจุภัณฑ์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. กรุงเทพฯ.

ทรงธรรม ไชยพงษ์. (2552). การพัฒนาวัสดุกันช้ำจากกระดาษฝอยเพื่อปกป้องผลไม้จากการกระแทกและการจำแนกระยะการเจริญเติบโตของผลมะพร้าวอ่อนด้วยสมบัติทางกายภาพ, เชิงกล, สรีรวิทยา และเสียง. ปริญญาปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

วรัญญ ศรีเดช และเถวียน วิทยา. (2551). ผลิตวัสดุกันกระแทกสำหรับบรรจุภัณฑ์จากขี้เลื่อย แป้งมันสำปะหลัง และน้ำยางพารา. รายงานการวิจัยที่ได้รับทุนสนับสนุนจากสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.). มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. สงขลา.

วีระศักดิ์ เลิศสิริโยธิน. (2554). การพัฒนากรรมวิธีการผลิตวัสดุกันกระแทกย่อยสลายได้ในธรรมชาติจากแป้งมันสำปะหลัง. รายงานการวิจัยที่ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ปีงบประมาณ 2548. สาขาวิชาวิศวกรรมเกษตร สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี. นครราชสีมา.

ศุภกิตต์ สายสุนทร. (2550). วิธีการทดสอบเพื่อประเมินความช้ำของแอปเปิ้ลจากการกระแทกและเปรียบเทียบวัสดุกันช้ำ. ปริญญาปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

ศูนย์บริการข้อมูลและเศรษฐกิจระหว่างประเทศ. (2558). เกาะติดข่าว: มะม่วงไทยอนาคตไกลส่งออกพุ่งลิ่ว. (ออนไลน์). แหล่งที่มา : http://www.mfa.go.th/business/th/news/84/56144.html. 11 มีนาคม 2559.

สิทธิพงศ์ สาธะวงศ์ และวรัญญ ศรีเดช. (2554). การปรับปรุงวัสดุกันกระแทกเยื่อขึ้นรูปจากเส้นใยปาล์มสำหรับการบรรจุ. บทความการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 47: สาขาอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. หน้า 331-338.

หทัยกาญจน์ ใบนานา. (2552). การศึกษาและพัฒนาบรรจุภัณฑ์กันกระแทกเครื่องแก้วจากกระดาษรีไซเคิลและเส้นใยธรรมชาติ. วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. กรุงเทพฯ.

อดุลย์ คล้ายหนู. (2545). การทดลองผลิตวัสดุกันกระแทกประเภทชิ้นจากก้านใบเพื่อการบรรจุภัณฑ์. วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาอุตสาหกรรมศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. กรุงเทพฯ