รายงานการวิจัย

การพัฒนาบรรจุภัณฑ์กันกระแทกที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมจากแกลบ สำหรับใช้ในการขนส่งของผู้ผลิตมะม่วงน้ำดอกไม้ตำบลดงมูลเหล็ก

Development of Environmentally Friendly Cushioning Packaging Materials from Chaff for Transportation of Mango CV. Namdokmai Sethong of Producer at Dong Moon Lek Community

สุวิมล เทียกทุม

หทัยนุช จันทร์ชัยภูมิ

สาขาวิชาวิศวกรรมการผลิต คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

ประจำปีงบประมาณ 2558

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

การพัฒนาบรรจุภัณฑ์กันกระแทกที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมจากแกลบสำหรับใช้ในการขนส่งของผู้ผลิตมะม่วงน้ำดอกไม้ตำบลดงมูลเหล็ก

Development of Environmentally Friendly Cushioning Packaging Materials from Chaff for Transportation of Mango CV. Namdokmai Sethong of Producer at Dong Moon Lek Community

สุวิมล เทียกทุม สาขาวิชาวิศวกรรมการผลิต
คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

หทัยนุช จันทร์ชัยภูมิ สาขาวิชาวิศวกรรมการผลิต
คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

ทุนอุดหนุนโดย มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์/งบประมาณแผ่นดินที่พิจารณาจากโดยผ่านความเห็นชอบจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ

ประจำปีงบประมาณ 2558

ชื่องานวิจัย การพัฒนาบรรจุภัณฑ์กันกระแทกที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมจากแกลบสำหรับใช้ในการขนส่งของผู้ผลิตมะม่วงน้ำดอกไม้ตำบลดงมูลเหล็ก

Development of Environmentally Friendly Cushioning Packaging Materials from Chaff for Transportation of Mango CV. Namdokmai Sethong of Producer at Dong Moon Lek Community

ผู้วิจัย นางสาวสุวิมล เทียกทุม

ผู้ร่วมวิจัย/ที่ปรึกษา นางสาวหทัยนุช จันทร์ชัยภูมิ

สาขาวิชา วิศวกรรมการผลิต

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ ปีการศึกษา 2558

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของการศึกษาครั้งนี้เพื่อพัฒนาวัสดุกันกระแทกจากแกลบผสมฟองน้ำยางธรรมชาติเพื่อการขนส่งมะม่วงน้ำดอกไม้ สำหรับใช้เป็นทางเลือกของวัสดุกันกระแทกที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมแทนการใช้โฟมพอลีสไตรีน และเป็นการนำวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรมาใช้ประโยชน์อีกด้วย โดยผู้วิจัยได้ทำผลิตวัสดุกันกระแทกด้วยกระบวนการแบบดันล้อป ซึ่งมีการควบคุมตัวแปร ได้แก่ ปริมาณและขนาดของแกลบ ปริมาณน้ำยางพารา ปริมาณสารเคมี เวลาผลิต ความเร็วรอบ และอุณหภูมิ จากนั้นจึงได้ทำการทดสอบประสิทธิภาพวัสดุกันกระแทกที่ผลิตขึ้นมา ได้แก่ ลักษณะทางกายภาพภายนอก ความหนาแน่น เปอร์เซ็นต์การหดตัว ความสามารถในการทนแรงกด และคุณสมบัติป้องกันแรงกระแทก ซึ่งจากการทดสอบประสิทธิภาพโดยรวมพบว่า วัสดุกันกระแทกจากแกลบผสมฟองน้ำยางธรรมชาติที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นมานั้นมีประสิทธิภาพดีและสามารถนำไปใช้งานได้ แต่เมื่อวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ พบว่าไม่ก่อให้เกิดความคุ้มค่าในการลงทุน เนื่องจากมีต้นทุนการผลิตสูงกว่าโฟมพอลีสไตรีนมาก

คำสำคัญ : การขนส่ง แกลบ ยางพารา วัสดุกันกระแทก

ชื่องานวิจัย การพัฒนาบรรจุภัณฑ์กันกระแทกที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมจากแกลบสำหรับใช้ในการขนส่งของผู้ผลิตมะม่วงน้ำดอกไม้ตำบลดงมูลเหล็ก

Development of Environmentally Friendly Cushioning Packaging Materials from Chaff for Transportation of Mango CV. Namdokmai Sethong of Producer at Dong Moon Lek Community

ผู้วิจัย นางสาวสุวิมล เทียกทุม

ผู้ร่วมวิจัย/ที่ปรึกษา นางสาวหทัยนุช จันทร์ชัยภูมิ

สาขาวิชา วิศวกรรมการผลิต

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ ปีการศึกษา 2558

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 environmentally friendly instead of using foam Polystyrene and the rest of agricultural material left to come in useful. The researcher was done the cushioning material by using Dunlop process which is a variable include the following: the quantity and size of the chaff, quantity of rubber latex, quantity of chemical, production time, speed and temperature. Then test the performance of the cushioning material produced include the external physical characteristics, density, percentage of shrinkage, ability to endure compression force and impact protection properties. Overall performance tests, which showed that the cushioning material combination sponge rubber and the chaff that the researchers developed powerful and can be used but analysis of economic value found that is not worth the investment .Because the cost of production is higher than the polystyrene.

Keywords: transportation, chaff, rubber tree, cushioning materials

กิตติกรรมประกาศ

รายงานการวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยคำแนะนำต่าง ๆ จากคณาจารย์ในมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ และความร่วมมือช่วยเหลืออย่างดียิ่งจากบุคคลหลายฝ่าย ที่สละเวลาให้คำแนะนำ คำปรึกษา รวมถึงข้อเสนอแนะต่าง ๆ อันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการดำเนินการวิจัยในครั้งนี้

ผู้วิจัยขอบพระคุณ คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม สาขาวิชาวิศวกรรมการผลิต เป็นอย่างสูง ที่ได้ให้ความกรุณา ให้คำปรึกษาแนะนำ ให้แก่ผู้วิจัย จึงขอขอบพระคุณ สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ที่ได้ให้ทุนอุดหนุนการวิจัยครั้งนี้มา ณ ที่นี้ด้วย

สุวิมล เทียกทุมและคณะ

28 กุมภาพันธ์ 2559

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ก

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ข

กิตติกรรมประกาศ ..... ค

สารบัญตาราง ..... ฉ

สารบัญรูป ..... ช

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย 1

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย 2

1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย 2

1.4 ทฤษฎีสมมติฐานและกรอบแนวความคิดของโครงการวิจัย 2

1.5 ประโยชน์ของการวิจัย 3

1.6 ระยะเวลาทำการวิจัย และแผนการดำเนินงานตลอดโครงการวิจัย 4

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 6

2.1 มะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง 6

2.2 การขนส่งมะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง 7

2.3 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองระหว่างการขนส่ง 10

2.4 วัสดุกันกระแทก 11

2.5 ชนิดบรรจุภัณฑ์สำหรับขนส่งผลไม้ 15

2.6 การออกแบบพัฒนาบรรจุภัณฑ์กันกระแทก 17

2.7 แกลบ 19

2.8 ยางธรรมชาติ 20

2.9 สารเคมีที่ใช้ผลิตวัสดุกันกระแทกจากยางฟองน้ำ 20

2.10 กระบวนการผลิตยางฟองน้ำ 21

2.11 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 23

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 27

3.1 วิธีดำเนินการวิจัย 27

3.2 วัสดุอุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้ในการผลิตบรรจุภัณฑ์กันกระแทกจากแกลบ 27

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.3 หน้าที่สารเคมีที่ใช้ในการผลิตบรรจุภัณฑ์กันกระแทก.....30
3.4 กรรมวิธีในการผลิตบรรจุภัณฑ์กันกระแทกจากแกลบ.....31
3.5 วิธีการทดสอบประสิทธิภาพชิ้นงาน.....36
บทที่ 4 ผลการวิจัย..... 39
4.1 ผลการออกแบบกรรมวิธีการผลิตในการผลิตบรรจุภัณฑ์กันกระแทกที่ผลิตจากวัสดุแกลบ..... 39
4.2 ผลการพัฒนาบรรจุภัณฑ์กันกระแทกที่ทำจากแกลบสำหรับใช้ในการขนส่งมะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง 42
4.3 ผลการทดสอบประสิทธิภาพในการใช้งานบรรจุภัณฑ์กันกระแทกที่ผลิตจากแกลบในการขนส่งมะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง.....45
บทที่ 5 สรุปผล การวิจัย 52
5.1 สรุปผลการทดสอบประสิทธิภาพ 52
5.2 ปัญหาที่พบ 54
5.3 การแก้ปัญหา..... 54
5.4 ข้อเสนอแนะ.....55
บรรณานุกรม 56
ภาคผนวก 59
ประวัติคณะผู้วิจัย..... 60

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

1. แสดงส่วนผสมที่ใช้สำหรับการผลิตบรรจุภัณฑ์กันกระแทกจากวัสดุแกลบ..... 32
2. แสดงส่วนผสมที่ใช้สำหรับการผลิตบรรจุภัณฑ์กันกระแทกจากวัสดุแกลบ..... 39
3. แสดงผลการพัฒนาบรรจุภัณฑ์กันกระแทกจากแกลบสำหรับใช้ในการขนส่งมะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง..... 44
4. แสดงผลการทดสอบความหนาแน่นของบรรจุภัณฑ์กันกระแทกจากแกลบทั้ง3สูตร 45
5. แสดงผลการทดสอบค่าความสามารถในการทนแรงกดของชิ้นงาน 46
6. แสดงผลการทดสอบคุณสมบัติการป้องกันแรงกระแทกของชิ้นงาน 47
7. แสดงผลการทดสอบเปอร์เซ็นต์การหดตัวของชิ้นงานกันกระแทกจากแกลบที่พัฒนาขึ้นมา..... 48
8. แสดงราคาวัตถุดิบแต่ละชนิดที่นำมาใช้เป็นส่วนผสมในการผลิตบรรจุภัณฑ์กันกระแทกจากแกลบที่มีปริมาตรเท่ากับ 1 ลูกบาศก์เมตร 50

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

1. แสดงลักษณะของผลมะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง 7
2. แสดงขั้นตอนการขนส่งมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองส่งออก 9
3. แสดงกระดาษที่ย่อยเป็นเศษสำหรับใช้เป็นวัสดุกันกระแทก 11
4. แสดงถาดเยื่อกระดาษขึ้นรูปสำหรับใช้เป็นวัสดุกันกระแทก 12
5. แสดงถาดพลาสติกขึ้นรูปร้อนสำหรับใช้เป็นวัสดุกันกระแทก 13
6. แสดงโฟมสำหรับใช้เป็นวัสดุกันกระแทก 14
7. แสดงแผ่นพลาสติกฟองอากาศสำหรับใช้เป็นวัสดุกันกระแทก 14
8. แสดงเข่งไม้ไผ่สำหรับใช้บรรจุผลไม้เพื่อการขนส่ง 15
9. แสดงกล่องกระดาษลูกฟูกสำหรับใช้บรรจุผลไม้เพื่อการขนส่ง 16
10. แสดงภาชนะพลาสติกแบบคงรูปสำหรับใช้บรรจุผลไม้เพื่อการขนส่ง 16
11. แสดงภาชนะไม้สำหรับใช้บรรจุผลไม้เพื่อการขนส่ง 17
12. แสดงลักษณะของแกลบ 19
13. แสดงลำดับการเตรียมยางฟองน้ำ 22
14. แสดงวัสดุที่ใช้ในงานวิจัยแกลบสดบดและน้ำยางพารา 28
15. แสดงสารเคมีที่ใช้ในงานวิจัย 28
16. แสดงเครื่องชั่งน้ำหนักดิจิตอล ยี่ห้อAND รุ่น EK-1200i 29
17. แสดงเครื่องผสมวัตถุดิบยี่ห้อHouse worth รุ่น HW-3470 29
18. แสดงหม้อนึ่งไอน้ำ ยี่ห้อ Hanabishi รุ่น HTP-360S 30
19. แสดงเครื่องอบชิ้นงานยี่ห้อ OTTO รุ่น To-733 30
20. แสดงแม่พิมพ์หล่อวัสดุขนาด 25×30×1 cm 30
21. แสดงลำดับขั้นตอนการผลิตบรรจุภัณฑ์กันกระแทกจากวัสดุแกลบ 33
22. แสดงขั้นตอนการปั่นผสมวัตถุดิบ 34
23. แสดงขั้นตอนการเทส่วนผสมลงในแม่พิมพ์ 34
24. แสดงขั้นตอนการทิ้งให้ชิ้นงานคงรูปก่อนนำไปทำการนึ่งด้วยไอน้ำ 35
25 แสดงขั้นตอนการนึ่งชิ้นงานด้วยไอน้ำ 35
26. แสดงขั้นตอนการถอดชิ้นงาออกจากแม่พิมพ์ 35

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

27. แสดงขั้นตอนการอบไล่ความชื้นออกจากชิ้นงาน 34
28. แสดงการปรับตั้งอุปกรณ์สำหรับการทดสอบคุณสมบัติการป้องกันแรงกระแทกของวัสดุ 37
29. แสดงการขึ้นรูปวัสดุกันกระแทกจากแกลบโดยใช้ปริมาณแกลบต่ำกว่า30g..... 40
30. แสดงการขึ้นรูปวัสดุกันกระแทกจากแกลบโดยใช้ปริมาณแกลบต่ำกว่า50g..... 38
31. แสดงสถานที่ทำการสำรวจความต้องการจากเกษตรกรสวนมะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง 42
32. แสดงภาชนะสำหรับใช้ในการขนส่งมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองไปยังโรงงาน..... 43
33. แสดงลักษณะจัดเรียงแต่ละชั้นของบรรจุภัณฑ์กันกระแทกที่ทำจากแกลบที่พัฒนาขึ้นมา..... 43

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย

มะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เป็นมะม่วงที่ประเทศไทยประสบความสำเร็จในการส่งออกมากที่สุด และเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคทั่วทุกมุมโลก โดยเฉพาะประเทศญี่ปุ่น และจีน ซึ่งปัจจุบันมีการสั่งซื้อมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองจากประเทศไทยเพิ่มขึ้นเป็นจำนวนมาก ดังนั้นประเทศไทยจึงจำเป็นต้องส่งเสริมการสร้างตลาดส่งออกมะม่วงน้ำดอกไม้ที่เข้มแข็ง โดยชาวสวนมะม่วงจะต้องเน้นเรื่องการพัฒนาคุณภาพของผลผลิตมะม่วง และพัฒนาศักยภาพในการผลิตมะม่วงน้ำดอกไม้ในทุกๆ ด้าน เพื่อให้สามารถนำผลผลิตส่งออกไปขายยังต่างประเทศได้ โดยแหล่งผลิตมะม่วงดอกไม้สีทองในประเทศไทยที่มีคุณภาพเพื่อการส่งออกนอกจากตำบลบางคล้า จังหวัดฉะเชิงเทราแล้ว ยังพบว่ามีตำบลดงมูลเหล็ก จังหวัดเพชรบูรณ์ ที่เป็นกลุ่มชาวสวนผู้ผลิตมะม่วงเพื่อการส่งออกที่มีคุณภาพเช่นกัน ในฐานะที่มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ตั้งอยู่ในพื้นที่จังหวัดเพชรบูรณ์ จึงมุ่งเน้นในการถ่ายทอดองค์ความรู้และเทคโนโลยีสู่ชุมชนที่ตำบลดงมูลเหล็ก เพื่อก่อให้เกิดการพัฒนาศักยภาพในการผลิตมะม่วงน้ำดอกไม้เพื่อการส่งออกที่มีคุณภาพ

จากการศึกษากระบวนการส่งออกมะม่วงน้ำดอกไม้ พบปัญหาสำคัญในการส่งออกคือผลผลิตมะม่วงน้ำดอกไม้มีรอยช้ำ และเน่าเสียระหว่างการขนส่ง ซึ่งเกิดจากแรงกระแทก การเสียดสี การกดทับ จึงเป็นผลทำให้ผลผลิตมะม่วงน้ำดอกไม้คุณภาพต่ำลง ดังนั้นจึงควรเลือกใช้วัสดุที่เหมาะสมสำหรับใช้เป็นบรรจุภัณฑ์มะม่วงเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดความเสียหายต่อผลมะม่วงระหว่างกระบวนการขนส่ง ซึ่งปัจจุบันมีการใช้บรรจุภัณฑ์ที่เป็นโฟมตาข่ายในการป้องกันการกระแทกสำหรับผลมะม่วงน้ำดอกไม้ แต่บรรจุภัณฑ์ที่เป็นโฟมนั้นย่อยสลายได้ยาก จึงก่อให้เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อมได้ ดังนั้นจึงควรเลือกใช้บรรจุภัณฑ์ที่ผลิตจากวัสดุที่สามารถย่อยสลายได้ง่าย เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม นอกจากวัสดุที่ใช้ในการผลิตบรรจุภัณฑ์มะม่วงนี้ควรที่เป็นวัสดุที่หาได้ในท้องถิ่น ราคาถูก มีปริมาณมาก เป็นวัสดุที่เหลือใช้ และสามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ เป็นต้น ซึ่งวัสดุที่ผู้วิจัยเลือกใช้ในการผลิตบรรจุภัณฑ์คือแกลบ ที่เป็นวัสดุจากธรรมชาติ เหลือใช้จากการผลิตข้าวสาร และเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม นอกจากนี้การใช้บรรจุภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมยังส่งผลดีต่อการส่งออกผลผลิตมะม่วงน้ำดอกไม้ไปยังประเทศญี่ปุ่นอีกด้วย เนื่องจากประเทศญี่ปุ่นเป็นประเทศที่ให้ความสำคัญต่อสิ่งแวดล้อมเป็นอันดับต้นๆ ของแผนพัฒนาประเทศ ดังนั้นการวิจัยในครั้งนี้จึงมีเป้าหมายในการพัฒนาบรรจุภัณฑ์กันกระแทกที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมจากแกลบสำหรับใช้ในการขนส่งมะม่วงน้ำดอกไม้เพื่อทดแทนบรรจุภัณฑ์ที่ผลิตจากโฟมที่ย่อยสลายยาก

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1. เพื่อศึกษาและรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับวัสดุและการผลิตบรรจุภัณฑ์กันกระแทกที่ใช้สำหรับขนส่งมะม่วงน้ำดอกไม้ และปริมาณในการขนส่งมะม่วงน้ำดอกไม้ของตำบลดงมูลเหล็ก จังหวัดเพชรบูรณ์

2. เพื่อเป็นการประยุกต์ความรู้ทางด้านวิศวกรรมวัสดุเข้ากับภูมิปัญญาท้องถิ่น ในการพัฒนาบรรจุภัณฑ์กันกระแทกสำหรับบรรจุมะม่วงน้ำดอกไม้ ที่สามารถย่อยสลายได้ง่าย และเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

3. เพื่อศึกษาเทคโนโลยีและศักยภาพในการผลิตบรรจุภัณฑ์กันกระแทกจากวัสดุแกลบสำหรับบรรจุมะม่วงน้ำดอกไม้

4. เพื่อนำวัสดุแกลบ ซึ่งเป็นเศษวัสดุที่เหลือจากการเกษตรมาพัฒนาและประยุกต์ใช้ในการผลิตบรรจุภัณฑ์กันกระแทกสำหรับบรรจุมะม่วงน้ำดอกไม้

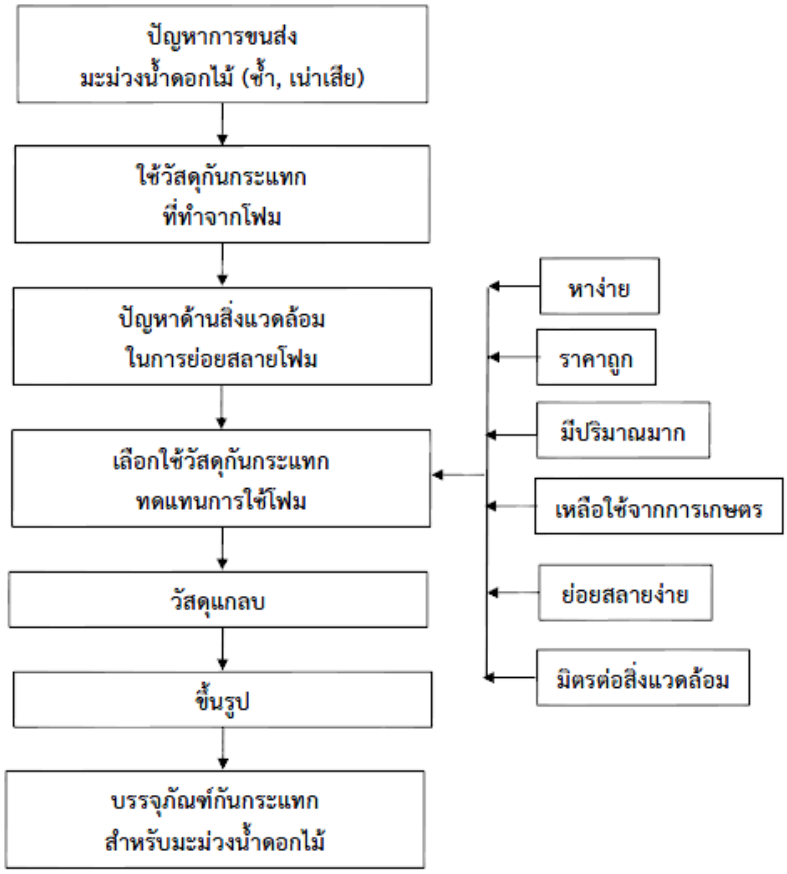
5. เพื่อทดสอบประสิทธิภาพในการใช้งานบรรจุภัณฑ์กันกระแทกที่ผลิตจากวัสดุแกลบในการขนส่งมะม่วงน้ำดอกไม้

1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย

งานวิจัยนี้เน้นพัฒนาศักยภาพในการผลิตบรรจุภัณฑ์กันกระแทกจากแกลบที่สามารถย่อยสลายได้และเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมในการบรรจุมะม่วงน้ำดอกไม้ของตำบลดงมูลเหล็ก จังหวัดเพชรบูรณ์

1.4 ทฤษฎี สมมติฐาน (ถ้ามี) และกรอบแนวความคิดของโครงการวิจัย

รูปแบบที่จะทำการพัฒนางานนวัตกรรมด้านวัสดุวิศวกรรมที่ใช้สำหรับผลิตบรรจุภัณฑ์กันกระแทกในการบรรจุมะม่วงน้ำดอกไม้เพื่อการส่งออก โดยเลือกวัสดุที่สามารถนำมาใช้ทดแทนโฟมกันกระแทกได้ ต้องเป็นวัสดุที่หาได้ในท้องถิ่น ราคาถูก มีปริมาณมาก เหลือใช้จากการเกษตร สามารถย่อยสลายได้ง่าย และเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม วัสดุดังกล่าวคือ แกลบ ซึ่งเป็นวัสดุที่เหลือใช้จากการผลิตข้าวสาร โดยวัสดุกันกระแทกที่ผลิตจากแกลบจะอาศัยเทคโนโลยีในการขึ้นรูปอย่างง่ายให้กลายเป็นบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมในการใช้บรรจุมะม่วงน้ำดอกไม้ เพื่อป้องกันไม่ให้ผลของมะม่วงน้ำดอกไม้ช้ำและเน่าเสียระหว่างการขนส่ง



1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. แกลบสามารถนำมาใช้เป็นวัสดุในการผลิตบรรจุภัณฑ์กันกระแทกสำหรับมะม่วงน้ำดอกไม้ได้

2. เกษตรกรผู้ส่งออกมะม่วงน้ำดอกไม้เห็นความสำคัญของการใช้วัสดุกันกระแทกที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมทดแทนการใช้โฟม

3. สามารถพัฒนาองค์ความรู้ด้านวิศวกรรม ทั้งกรรมวิธีการผลิตและวัสดุวิศวกรรมที่ใช้ในงานวิจัยเพื่อพัฒนาวัสดุกันกระแทกที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมจากแกลบสำหรับใช้ในการขนส่งมะม่วงน้ำดอกไม้ได้

4. สามารถเผยแพร่องค์ความรู้เกี่ยวกับกรรมวิธีการผลิตบรรจุภัณฑ์กันกระแทกที่ใช้แกลบเป็นวัสดุในการผลิต ให้แก่ชุมชนผู้ส่งออกมะม่วงน้ำดอกไม้ได้

1.6 ระยะเวลาทำการวิจัย และแผนการดำเนินงานตลอดโครงการวิจัย

กิจกรรม	เปรียบเทียบ	ระยะเวลา (เดือน)													ผู้ทำการศึกษา
		พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	
1.ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องทางแนวคิดด้านวัสดุวิศวกรรม เพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานและนำมาใช้อ้างอิงในงานวิจัย	แผน	←	→												ผู้วิจัยและผู้ร่วมวิจัย
	จริง	←	→												
2.สำรวจและรวบรวมข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับวัสดุที่ใช้ในการผลิตบรรจุภัณฑ์กันกระแทกและปริมาณการขนส่งมะม่วงน้ำดอกไม้ของชุมชน	แผน		←	—	—	→									
	จริง		←	—	—	→									
3.ศึกษาและออกแบบกรรมวิธีในการผลิตบรรจุภัณฑ์กันกระแทกที่ผลิตจากวัสดุแกลบ	แผน						←	→							
	จริง						←	→							
4.ศึกษาเกี่ยวกับอิทธิพลของอัตราส่วนผสมของวัสดุที่ใช้ในการผลิตบรรจุภัณฑ์กันกระแทกในเชิงปริมาณ	แผน						←	—	→						
	จริง						←	—	→						
5.พัฒนาบรรจุภัณฑ์กันกระแทกที่ทำจากแกลบสำหรับใช้ในการขนส่งมะม่วงน้ำดอกไม้	แผน								←	—	—	→			
	จริง								←	—	—	→			

กิจกรรม	เปรียบเทียบ	ระยะเวลา (เดือน)														ผู้ทำการศึกษา
		พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	
6. ทดสอบประสิทธิภาพในการใช้งานบรรจุภัณฑ์กันกระแทกที่ผลิตจากแกลบในการขนส่งมะม่วงน้ำดอกไม้	แผน												↔	↔	↔	ผู้วิจัยและผู้ร่วมวิจัย
	จริง												↔	↔	↔	
7.วิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการทดสอบผลิตภัณฑ์	แผน												↔	↔	↔	
	จริง												↔	↔	↔	
8. สรุปผลการศึกษาวิจัย รวบรวมปัญหา อุปสรรค และข้อเสนอแนะ	แผน												↔	↔	→	
	จริง												↔	↔	→	
9.จัดทำรูปเล่มโครงการวิจัย	แผน														↔	
	จริง														↔	

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 มะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง

มะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง เป็นมะม่วงพันธุ์หนึ่งของประเทศไทยที่มีลักษณะทางพฤกษศาสตร์เหมือนกับมะม่วงทั่วไปทุกอย่าง “ผล” เป็นรูปกลมรีและยาว ทรงผลสวย เมื่อโตเต็มที่แต่ละผลจะมีน้ำหนักเฉลี่ยระหว่าง 300 – 400 กรัม ติดผลดกเป็นพวง 5 – 7 ผล ติดผลดกเต็มต้นตลอดทั้งปี ผลเป็นสีเหลืองตั้งแต่ผลเล็กจนกระทั่งผลแก่สุกสวยงามน่าชมยิ่ง เมล็ดลีบบาง เนื้อเยอะ รสชาติหวานหอม ไม่มีเสี้ยน รับประทานอร่อยมาก สามารถขยายพันธุ์ได้ด้วยเมล็ด ตอนกิ่ง ทาบกิ่ง และเสียบยอด

มะม่วงน้ำดอกไม้สีทองมีต้นกำเนิดมาจากมะม่วงน้ำดอกไม้ของอำเภอพระประแดง โดยเกิดจาก พ.อ.อ.สมาน เอมอ่อง ที่ได้ทำการเพาะเมล็ดเป็นต้นกล้าแล้วปลูกเลี้ยงจนต้นโตมีดอกและติดผลปรากฏว่ามีความแตกต่างจากพันธุ์ดั้งเดิมคือ ขณะผลยังอ่อนได้ 1 – 2 เดือน สีผลจะเป็นสีเขียว แต่เมื่อพ้น 1 – 2 เดือนไปแล้วจะเปลี่ยนเป็นสีเหลืองอ่อนตลอดทั้งผล และจะเป็นเช่นนี้ไปจนกระทั่งผลแก่หรือสุกสีเหลืองจะเข้มขึ้น ทำให้เวลาติดผลดกทั้งต้นดูสวยงามมาก เนื้อสุกรสชาติหวานหอม เมล็ดบางเสี้ยนน้อย รับประทานอร่อยมาก ที่สำคัญคือ สามารถติดผลดกได้ตลอดทั้งปี จึงตั้งชื่อว่า “มะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง” พร้อมจดลิขสิทธิ์ถูกต้องตามกฎหมาย และขยายพันธุ์ออกวางขายได้รับความนิยมจากผู้ซื้อไปปลูกอย่างแพร่หลายและต่อเนื่องจนกระทั่งปัจจุบัน [1]

มะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เป็นมะม่วงที่ประเทศไทยประสบความสำเร็จในการส่งออกมากที่สุดและเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคทั่วทุกมุมโลก โดยมีญี่ปุ่นเป็นตลาดหลัก แต่ในปัจจุบันมะม่วงน้ำดอกไม้โดยเฉพาะน้ำดอกไม้สีทอง สามารถเข้าไปมีส่วนแบ่งในตลาดยุโรป นิวซีแลนด์ สหรัฐอเมริกา สาธารณรัฐประชาชนจีน ฯลฯ โดยเฉพาะ สาธารณรัฐประชาชนจีน มีตัวเลขการสั่งซื้อมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองจากประเทศไทยเพิ่มขึ้นเป็นจำนวนมาก เพราะจีนจะนิยมผลไม้ที่มีสีเป็นมงคล เช่น สีแดง หรือสีเหลืองทอง ดังนั้นจึงเป็นโอกาสดีที่ประเทศไทยจะเป็นผู้นำด้านการตลาดมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองในจีนให้เป็นที่นิยมแพร่หลายมากขึ้น [2]

รูปที่ 1 แสดงลักษณะของผลมะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง

ที่มารูปภาพ: http://www.thairath.co.th/content/481512

2.2 การขนส่งมะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง

การขนส่งมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองเพื่อส่งออกไปยังตลาดต่างประเทศ มีขั้นตอนหลัก 13 ขั้นตอน ดังนี้

1. ขั้นตอนการจัดซื้อ: จะจัดซื้อมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองจากผู้จัดหามะม่วงน้ำดอกไม้หลายๆ ราย ได้แก่ สวนที่ได้รับการรับรองมาตรฐานสินค้าเพื่อการส่งออก จากกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ เป็นต้น

2. ขั้นตอนการการรับและล้างมะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง: ภายหลังจากรับมะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง จะตรวจเช็คน้ำหนักตามรายการสั่งซื้อแต่ละรายการ มะม่วงทุกลูกจะถูกล้างด้วยน้ำคลอรีนเพื่อฆ่าเชื้อโรค จากนั้นจะใส่รหัสสินค้า และเครื่องหมายการค้าของบริษัทที่สั่งสินค้า วันที่รับสินค้า และชื่อสินค้า

3. ขั้นตอนการควบคุมคุณภาพ: การพิจารณาให้ตรงตามรหัสสินค้าแต่ละรหัสที่ตั้งมาตรฐานไว้

4. ขั้นตอนการจัดเรียงเข้าตู้อบไอน้ำ: ภายหลังจากการตรวจสอบคุณภาพมะม่วง จะส่งต่อเรียงเข้าตู้อบไอน้ำ ตามรหัสของสินค้าในแต่ละตะกร้า

5. ขั้นตอนการฆ่าเชื้อโรคด้วยวิธีการอบไอน้ำ: มะม่วงจะถูกนำไปฆ่าเชื้อโรคภายในตู้อบไอน้ำตามประเภท และอุณหภูมิของสินค้าที่กำหนดไว้

6. ขั้นตอนการดูแลและฆ่าเชื้อโรคมะม่วงภายในตู้อบไอน้ำ: ภายใต้อุณหภูมิ 47 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 20 นาที

7. ขั้นตอนการทำความเย็น: เมื่อนำมะม่วงออกจากห้องอบไอน้ำ จำเป็นต้องทำให้แห้งด้วยแรงดันอากาศ

8. ขั้นตอนการแบ่งชนิด และการติดฉลากสินค้า: การแบ่งแยกมะม่วงตามประเภท จากนั้นชั่งน้ำหนักและติดฉลากให้ถูกต้องตามรหัสสินค้า ฉลากสีขาวแสดงถึงข้อมูลสวนผลไม้ ในกรณีที่สินค้าไม่ได้มาตรฐานสามารถตรวจเช็คได้ว่าสินค้ามาจากสวนใด

9. ขั้นตอนการบรรจุภัณฑ์: มะม่วงจะถูกนำไปบรรจุหีบห่อ ตามชนิดและรหัสที่ได้กำหนดไว้

10. ขั้นตอนการประทับตราบรรจุภัณฑ์: กล่องสินค้าจะถูกปิดอย่างแน่นหนาด้วยแถบพลาสติกใส และแปะ สติ๊กเกอร์ตัวหนังสือ สีแดงเขียนว่า TREATED PQ – DOA – THAILAND หมายถึง ผ่านการอบไอน้ำ จากไทยที่ได้มาตรฐานสินค้าแล้ว

11. ขั้นตอนการตรวจตราเครื่องหมายการค้า

12. ขั้นตอนการขนย้ายมะม่วงภายในห้องเย็น: มะม่วงจะถูกวางไว้ในห้องเย็น อุณหภูมิ 13-15 องศาเซลเซียส เพื่อรักษาคุณภาพ และรสชาติสินค้าก่อนถึงผู้บริโภค

13. ขั้นตอนการขนส่งสินค้า: มะม่วงที่บรรจุอยู่ในภายในห้องเย็นของรถบรรทุก จะถูกส่งไปที่สนามบิน เพื่อทำการขนส่งทางอากาศถึงผู้บริโภคในต่างประเทศ [3]

1. การจัดซื้อมะม่วงจากสวน

2. การรับและล้างมะม่วง

3. การควบคุมคุณภาพ

4. การจัดเรียงเข้าตู้อบไอน้ำ

5. การฆ่าเชื้อโรคด้วยวิธีการอบไอน้ำ

6. การดูแลและฆ่าเชื้อโรคมะม่วงภายในตู้อบไอน้ำ

6. การดูแลและฆ่าเชื้อโรคมะม่วง
ภายในตู้อบไอน้ำ

7. การทำความเย็น

8. การแบ่งชนิด และการติดฉลากสินค้า

9. การบรรจุภัณฑ์

10. การประทับตราบรรจุภัณฑ์

11. การตรวจตราเครื่องหมายการค้า

12. การขนย้ายมะม่วงภายในห้องเย็น

13. การขนส่งสินค้า

รูปที่ 2 แสดงขั้นตอนการขนส่งมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองส่งออก

ที่มารูปภาพ: http://www.pk-siam.com

2.3 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองระหว่างการขนส่ง

กระบวนการระหว่างการขนส่งหรือเคลื่อนย้ายมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองล้วนส่งผลให้เกิดแรงกระทำภายนอกต่อมะม่วง เช่น การกดทับ (compression) การกระแทก (impact) การสั่นสะเทือน (vibration) และการเสียดสี (abrasion) ซึ่งทำให้เกิดการช้ำที่บริเวณผิวของมะม่วง ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของเนื้อสัมผัส สี และกลิ่น ทำให้คุณภาพและความสดของมะม่วงลดลง ความเสียหายจากแรงทางกลจะเพิ่มขึ้นเมื่อผิวถนนระหว่างการขนส่งขรุขระ ใช้ยานพาหนะสำหรับการขนส่งที่ไม่เหมาะสม และลักษณะของบรรจุภัณฑ์ที่ใช้บรรจุมะม่วงไม่เหมาะสม สำหรับการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของมะม่วงระหว่างการขนส่ง มีดังนี้ [4]

1. การเปลี่ยนแปลงคุณภาพเนื่องจากการกดทับ (compression)

ความเสียหายจากการกดทับมักเกิดจากการบรรจุมะม่วงลงในภาชนะบรรจุมากเกินไปจนเกิดการอัดแน่น โดยเฉพาะเมื่อต้องวางซ้อนกันระหว่างการขนส่ง น้ำหนักของผลมะม่วงที่อยู่ด้านบนจะกดทับลงยังผลมะม่วงที่อยู่ด้านล่าง รอยช้ำจากการกดทับจะมองไม่เห็นเมื่อผลมะม่วงยังไม่สุก แต่จะปรากฏให้เห็นชัดเมื่อมะม่วงเริ่มสุกขึ้น ดังนั้นควรหลีกเลี่ยงการบรรจุมะม่วงลงในภาชนะที่มากเกินไปจนอัดแน่น และหากต้องการซ้อนภาชนะบรรจุมะม่วงทับกันหลายๆ ชั้น ควรมีไม้ขัดรองรับเพื่อป้องกันไม่ให้มะม่วงที่อยู่ในภาชนะด้านล่างเกิดความเสียหาย

2. การเปลี่ยนแปลงคุณภาพเนื่องจากการกระแทก (impact)

ความเสียหายเกิดจากแรงกระแทกระหว่างการขนส่ง เช่น ภาชนะที่บรรจุมะม่วงเกิดการตกหล่นหรือถูกโยน ซึ่งเป็นสาเหตุให้เกิดรอยช้ำ ความเสียหายอาจพบที่ผิวนอกหรือด้านในของเนื้อมะม่วง โดยการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากการกระแทกในระยะเริ่มต้นความเสียหายจะยังไม่ปรากฏให้เห็น แต่รอยช้ำจะค่อยๆ ปรากฏให้เห็นภายหลังขณะเก็บรักษา

3. การเปลี่ยนแปลงคุณภาพเนื่องจากการสั่นสะเทือน (vibration)

ความเสียหายเกิดจากแรงสั่นสะเทือนระหว่างการขนส่งหรือเคลื่อนย้ายมะม่วง จะส่งผลให้มะม่วงภายในภาชนะบรรจุเกิดการเคลื่อนไหวตามแรงสั่นสะเทือนอย่างต่อเนื่อง มะม่วงจะเคลื่อนที่ไปมา ทำให้มะม่วงเกิดการกระแทกเสียดสีกัน หรือมะม่วงกระแทกเสียดสีกับภาชนะที่ใช้บรรจุ ทำให้มะม่วงเกิดผิวถลอกและเกิดรอยช้ำ ดังนั้นการบรรจุมะม่วงใช้บรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสม สามารถป้องกันความเสียหายที่เกิดจากการสั่นสะเทือนได้

4. การเปลี่ยนแปลงคุณภาพเนื่องจากการเสียดสี (abrasion)

เกิดจากการเสียดสีขณะขนส่ง เนื่องจากบรรจุแน่นเกินไป ทำให้ผิวของมะม่วงถลอกและเกิดรอยช้ำ

2.4 วัสดุกันกระแทก [5], [6], [7]

วัสดุกันกระแทก (cushioning material) คือ วัสดุที่ถูกนำมาใช้เพื่อป้องก้นสินค้าจากการเสียหายเนื่องจากการกระแทกอย่างรุนแรง หรือการสั่นสะเทือน ระหว่างกระบวนการขนส่งเคลื่อนย้าย ขนถ่าย วัสดุกันกระแทกที่มีการใช้งานอยู่ในปัจจุบัน ได้แก่ แผ่นกระดาษ ลูกฟูก โฟมพอลิสไตรีน โฟมพอลิ-ยูรีเทน โฟมพอลิเอทิลีน แผ่นพลาสติกอัดอากาศ ฝอยไม้ และฝอยกระดาษ วัสดุแต่ละชนิดมีคุณลักษณะเฉพาะแตกต่างกันไป [4] โดยหลักการพื้นฐานที่สำคัญ 2 ประการของวัสดุกันกระแทกในการป้องกันความเสียหายที่จะเกิดขึ้นกับสินค้า คือ

1. วัสดุกันกระแทกถูกนำมาใช้เพื่อดูดซับแรงกระแทกและปกป้อง การส่งผ่านแรงกระแทกมายังตัวสินค้า

2. วัสดุกันกระแทกมีประสิทธิภาพในการลดการเคลื่อนที่ของสินค้า ในหีบห่อ ซึ่งเป็นการลดการเคลื่อนที่มากระแทกกันจากการสั่นสะเทือน [5]

วัสดุกันกระแทกที่ใช้สำหรับบรรจุผลไม้เพื่อป้องกันความเสียหายและรอยช้ำที่เกิดจากการสั่นสะเทือน และการกระแทกในระหว่างการขนส่ง โดยการเลือกวัสดุบรรจุภัณฑ์กันกระแทกนั้นจะต้องพิจารณาความเหมาะสมของรูปทรงผลไม้ที่จะบรรจุ และต้องสามารถป้องกันความเสียหายที่เกิดจากการสั่นสะเทือนและการตกกระแทกได้ โดยทั่วไปวัสดุกันกระแทกที่ใช้ในปัจจุบัน มีดังนี้

1. กระดาษที่ย่อยเป็นเศษ (Shredded Paper)

กระดาษที่ใช้สำหรับบรรจุผลไม้จะต้องมีคุณสมบัติที่นิ่ม เรียบ สะอาด ไม่มีกลิ่นและสี ข้อดี คือ มีราคาถูกและหาง่าย แต่มีข้อด้อย คือ มีคุณสมบัติในการเป็นวัสดุกันกระแทกที่เลว เพราะว่ากระดาษพวกนี้จะดูดซับความชื้นและไม่ถูกสุขอนามัย ในประเทศอุตสาหกรรม กระดาษที่บดย่อยเป็นเศษโดยเฉพาะที่เป็นพวกกระดาษหนังสือพิมพ์ไม่ได้รับการยอมรับ

รูปที่ 3 แสดงกระดาษที่ย่อยเป็นเศษสำหรับใช้เป็นวัสดุกันกระแทก
ที่มารูปภาพ: http://www.foodnetworksolution.com/news_and_articles/article/

2. กระดาษลูกฟูก

กระดาษลูกฟูกมักใช้ในรูปแบบของการขัดเป็นไส้กล่องตามแนวตั้ง เพื่อป้องกันการสัมผัสโดยตรงของผลไม้ และยังช่วยเสริมความแข็งแรงให้แก่ตัวกล่องลูกฟูก นอกจากนี้แผ่นกระดาษลูกฟูกยังสามารถใช้วางตามแนวราบเพื่อรองรับผลไม้ กระดาษลูกฟูกสามารถลดความเสียหายจากการกระแทกได้บ้าง ใช้ทำหน้าที่แผ่นรองตัวกั้นหรือแผ่นกั้น เพื่อเก็บสินค้าภายในบรรจุภัณฑ์ หรือทำหน้าที่เป็นตัวห่อหุ้มผลไม้ กระดาษลูกฟูกมีข้อจำกัดในการดูดซับแรงกระแทกอย่างรุนแรง และไม่คืนรูปกลับหลังถูกแรงกระทำ มีการดูดซึมความชื้นและอ่อนตัวลงในสภาวะอากาศที่มีความชื้นสูง แต่เนื่องจากที่สามารถนำกลับเข้ากระบวนการหมุนเวียนกลับมาใช้ใหม่ได้ จึงไม่ก่อให้เกิดปัญหาจากเศษวัสดุเหลือหลังใช้งาน

3. ถาดเยื่อกระดาษขึ้นรูป

เยื่อกระดาษขึ้นรูป หมายถึง วัสดุหรือภาชนะบรรจุสามมิติที่ทำจากการขึ้นรูปของเยื่อกระดาษให้เป็น รูปร่างตามต้องการ เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากเศษกระดาษเหลือใช้ที่มีเยื่อบริสุทธิ์ผสมอยู่บ้าง การเลือกใช้วัตถุดิบชนิดใดนั้นขึ้นอยู่กับชนิดของผลิตภัณฑ์และ ความต้องการในการใช้งาน สำหรับผลิตภัณฑ์อาหารส่วนใหญ่จะใช้กระดาษที่มีคุณภาพสูง และไม่เปื้อนหมึกพิมพ์ เช่น กระดาษที่ได้จากการตัดขอบกระดาษของโรงงานผลิตกระดาษ เป็นต้น

คุณสมบัติของเยื่อกระดาษขึ้นรูป คือ มีน้ำหนักเบาและไม่คืนตัวแต่สามารถขึ้นรูปตามต้องการได้ ความสามารถในการดูดซับแรงกระแทกมีจำกัด และมีความไวต่อความชื้นพอสมควรถ้าไม่ได้ผ่านกรรมวิธีการผลิตเพิ่มเติม เยื่อกระดาษขึ้นรูปจะป้องกันผลิตภัณฑ์ไม่ให้เคลื่อนตัวภายในบรรจุภัณฑ์ และสามารถทำจากกระดาษรีไซเคิลซึ่งเป็นที่นิยมใช้ แต่มีข้อจำกัดที่ว่า ห้ามบรรจุอาหารเนื่องจากทำจากกระดาษรีไซเคิล ยกเว้นจะมีการเคลือบ

รูปที่ 4 แสดงถาดเยื่อกระดาษขึ้นรูปสำหรับใช้เป็นวัสดุกันกระแทก
ที่มารูปภาพ: http://www.phtnet.org/article/view-article.asp?aID=23

4. ถาดพลาสติกขึ้นรูปร้อน

เป็นแผ่นพลาสติกที่นำมาขึ้นรูปด้วยความร้อน มีลักษณะเป็นถาดหลุมคล้ายคลึงกับถาดเยื่อกระดาษขึ้นรูป สามารถทนต่อการคายน้ำของผลไม้ได้

รูปที่ 5 แสดงถาดพลาสติกขึ้นรูปร้อนสำหรับใช้เป็นวัสดุกันกระแทก
ที่มารูปภาพ: http://www.foodnetworksolution.com/news_and_articles/article/

5. เศษฝอยของไม้

เป็นวัสดุที่เหลือจากโรงงานเฟอร์นิเจอร์ที่ไสจากเนื้อไม้ เศษฝอยของไม้ ควรเลือกเส้นเล็กๆ ไสจากไม้นิ่มเพื่อใช้จัดในบรรจุภัณฑ์ขนส่ง ช่วยลดพื้นที่ว่าง ส่วนใหญ่จะใช้กับผลไม้ที่ขนาดใหญ่และผิวขรุขระ เช่น สับปะรด ปัจจุบันความนิยมใช้เศษฝอยของไม้ลดลง

6. โฟม

โฟม เป็นผลิตภัณฑ์พลาสติกประเภทหนึ่งที่นิยมในมาบรรจุผลไม้ เนื่องจากโฟมมีคุณสมบัติเด่นเหนือวัสดุอื่นตรงที่มีความหนาแน่นต่ำ มีความยืดหยุ่นและป้องกันการกระแทกได้ดี ป้องกันการสั่นสะเทือน ป้องกันการซึมผ่านของไอน้ำได้ดี อีกทั้งขึ้นรูปให้เป็นรูปทรงต่างๆ ได้ง่าย ซึ่งใช้เงินทุนไม่สูงมากนัก ดังนั้นบรรจุภัณฑ์โฟม จึงเป็นที่นิยมใช้กันอย่างกว้างขวางในปัจจุบัน โฟมแบ่งออกได้เป็นหลายชนิดตามลักษณะรูปทรง สำหรับโฟมที่นิยมใช้กับผลิตภัณฑ์ผักและผลไม้คือ โฟมชนิดถาดแบน ซึ่งเวลาใช้จะมีการห่อรัดด้วยฟิล์มยืดใสที่ทำมาจากพอลิไวนิลคลอไรด์ เพื่อป้องกันฝุ่นละออง และช่วยเก็บรักษาความสดไว้ในระยะเวลาสั้นๆ โฟมถือเป็นบรรจุภัณฑ์ที่ใช้ในการอำนวยความสะดวกในการขายปลีก มากกว่าประโยชน์ด้านการขนส่งหรือป้องกันการกระทบกระเทือน

รูปที่ 6 แสดงโฟมสำหรับใช้เป็นวัสดุกันกระแทก
ที่มารูปภาพ: http://www.foodnetworksolution.com/news_and_articles/article/

7. แผ่นพลาสติกฟองอากาศ (Air Bubble Film)

แผ่นพลาสติกฟองอากาศ (Air Bubble Film) ทำจากฟิล์ม Polyethylene 2 ชั้น และประกบกันเพื่อให้เกิดฟองอากาศเล็กๆ ระหว่างชั้น ส่วนใหญ่จะวางรองในกล่องผลไม้สด พลาสติกฟองอากาศมีคุณสมบัติเหนียว สะอาดและไม่เกิดสนิม ไม่ดูดซับความชื้น จึงเหมาะสมที่จะใช้เป็นวัสดุกันกระแทกสำหรับผลิตภัณฑ์ที่ต้องการป้องกันการ ตกกระแทกมากกว่าที่จะป้องกันการสั่นสะเทือน โดยทั่วไปแผ่นพลาสติกฟองอากาศจะมีหน้าเรียบหนึ่งหน้า และอีกหนึ่งหน้าเป็นปุ่มๆ อัดอากาศอยู่ภายใน แต่ละช่องสามารถป้องกันการสั่นสะเทือนและการตกกระแทกได้

รูปที่ 7 แสดงแผ่นพลาสติกฟองอากาศสำหรับใช้เป็นวัสดุกันกระแทก
ที่มารูปภาพ: http://www.foodnetworksolution.com/news_and_articles/article/

2.5 ชนิดบรรจุภัณฑ์สำหรับขนส่งผลไม้ [7]

1. เข่งไม้ไผ่

เข่งไม้ไผ่ เป็นบรรจุภัณฑ์พื้นบ้านที่ได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายในประเทศ เนื่องจากราคาถูก หาซื้อได้ง่าย เข่งสามารถบรรจุผลิตผลเกษตรได้ทุกชนิด และช่วยระบายอากาศได้ มีรูปทรงหลายแบบเช่น แบบปากกว้าง หรือแบบสอบเรียวลง บรรจุผลิตผลได้ตั้งแต่ 15 – 25 กิโลกรัม เข่งมีข้อเสียคือ มีโครงสร้างไม่แข็งแรง ทำให้ผลิตผลได้รับการกระทบกระเทือนง่าย นอกจากนี้เข่งยังอาจทำลายผิวของผลไม้ โดยเฉพาะผลไม้ที่มีผิวบาง การจัดเรียงเพื่อขนส่งทำได้ยาก ด้วยเหตุนี้จึงไม่นิยม ใช้เข่งสำหรับบรรจุสินค้าเพื่อการส่งออกไปยังประเทศที่พัฒนาแล้ว

รูปที่ 8 แสดงเข่งไม้ไผ่สำหรับใช้บรรจุผลไม้เพื่อการขนส่ง
ที่มารูปภาพ: http://www.phtnet.org/article/view-article.asp?aID=23

2. กล่องกระดาษลูกฟูก

กล่องกระดาษลูกฟูก เป็นภาชนะที่นิยมใช้บรรจุผลิตผลเกษตรเพิ่มขึ้นในปัจจุบัน แบบที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในปัจจุบันคือ แบบฝากล่องสวมทับตัวกล่องและแบบธรรมดา ขนาด ความจุและความแข็งแรง แตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับวัสดุและโครงสร้างที่ใช้ การจะเลือกใช้กล่องกระดาษลูกฟูกแบบใดจะขึ้นอยู่กับ ประเภท น้ำหนักของสินค้า วิธีการลำเลียง และขนส่ง เป็นต้น

กล่องกระดาษลูกฟูกมีข้อดี คือ มีผิวเรียบไม่ทำความเสียหายกับผลิตผล และยังช่วยป้องกันการกระแทกได้ด้วย นอกจากนี้ ยังสามารถพิมพ์รายละเอียดของสินค้าเพื่อดึงดูดความสนใจของลูกค้าได้อีกด้วย ช่วยรักษาสิ่งแวดล้อมโดยสามารถนำกลับมาเข้าขบวนการผลิตใหม่ได้ แต่ข้อเสียของกล่องกระดาษลูกฟูกคือ ไม่ทนน้ำ ต้องระมัดระวังเรื่องความชื้น การระบายอากาศระบายได้ เฉพาะบริเวณที่มีการเจาะรู ในการใช้กล่องกระดาษลูกฟูกอาจมีการประยุกต์ ใช้แผ่นกระดาษลูกฟูกในรูปแบบของการขัดเป็นไส้ กล่อง เพื่อป้องกันการสัมผัสโดยตรงของผลไม้ และยังช่วยเสริมความแข็งแรงให้แก่ตัวกล่องลูกฟูก และช่วยป้องกันความเสียหายจากการกระแทก

รูปที่ 9 แสดงกล่องกระดาษลูกฟูก สำหรับใช้บรรจุผลไม้เพื่อการขนส่ง
ที่มารูปภาพ: http://www.phtnet.org/article/view-article.asp?aID=23

3. ภาชนะพลาสติกแบบคงรูป

ภาชนะพลาสติกแบบคงรูป เข้ามามีบทบาทกับบรรจุภัณฑ์ผลไม้มากขึ้น เนื่องจากคุณสมบัติที่ดีของพลาสติก คือ ความแข็งแรง ทนทาน วางซ้อนได้ดี ทนต่อความชื้นและเปียกน้ำได้ ผิวภายในเรียบ ไม่ทำลายผลผลิต ทำความสะอาดง่าย นำกลับมาใช้ได้ใหม่ แต่พลาสติกมีราคาค่อนข้างแพงจึงเหมาะสมกับการใช้เป็นบรรจุภัณฑ์หมุนเวียน

รูปที่ 10 แสดงภาชนะพลาสติกแบบคงรูป สำหรับใช้บรรจุผลไม้เพื่อการขนส่ง
ที่มารูปภาพ: http://www.phtnet.org/article/view-article.asp?aID=23

4. ภาชนะไม้

ภาชนะไม้ ควรเป็นไม้ที่มีราคาถูก วัสดุหาง่าย และสะดวกต่อการใช้งาน ข้อดีของภาชนะไม้ คือ มีความแข็งแรง ทนทานต่อการวางซ้อน สามารถออกแบบให้อากาศถ่ายเทได้ ตามต้องการ ทนต่อ

ความชื้นและเปียกน้ำได้แต่ต้องระวังการเกิดเชื้อรา สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ ส่วนข้อเสีย คือ ผิวภายในแข็งและหยาบอาจทำความเสียหายต่อผลไม้ได้ การขึ้นรูป การเก็บรักษา การขนย้าย และการพิมพ์ข้อความทำได้ยาก

รูปที่ 11 แสดงภาชนะไม้ สำหรับใช้บรรจุผลไม้เพื่อการขนส่ง
ที่มารูปภาพ: http://www.phtnet.org/article/view-article.asp?aID=23

5. โฟม

โฟมที่นิยมใช้เป็นบรรจุภัณฑ์สำหรับผลไม้คือ โฟมชนิดถาดแบน ซึ่งเวลาใช้จะมีการห่อรัดด้วยฟิล์มยืดใสที่ทำมาจากพอลิไวนิลคลอไรด์เพื่อป้องกันฝุ่นละอองและช่วยเก็บรักษาความสดไว้ในระยะเวลาสั้นๆ โฟมถือเป็นบรรจุภัณฑ์ที่ใช้ในการอำนวยความสะดวกในการขายปลีก มากกว่าประโยชน์ด้านการขนส่งหรือป้องกันการกระแทก

6. บรรจุภัณฑ์เยื่อกระดาษขึ้นรูป

บรรจุภัณฑ์เยื่อกระดาษขึ้นรูป เป็นภาชนะบรรจุสามมิติที่ทำจากการขึ้นรูปของเยื่อกระดาษให้เป็นรูปร่างตามต้องการ เยื่อกระดาษขึ้นรูปนั้นมักจะนำมาใช้เป็นวัสดุกันกระแทก วัสดุช่วยบรรจุหรือภาชนะบรรจุสินค้าที่บอบบาง แตกหักง่าย เพื่อช่วยในการขนส่ง ตัวอย่างการใช้งานของเยื่อกระดาษขึ้นรูป เช่น การทำเป็นถาดหลุมใส่ผลไม้สด โดยการเลือกใช้นั้นต้องพิจารณาถึงลักษณะของผลไม้ชนิดนั้นๆ ลักษณะการขนส่ง และกฎระเบียบของแต่ละประเทศในกรณีที่ต้องมีการส่งออก

2.6 การออกแบบพัฒนาบรรจุภัณฑ์กันกระแทก [6]

การออกแบบพัฒนาบรรจุภัณฑ์เพื่อป้องกันการกระแทก คือ การเลือกใช้วัสดุกันการสั่นกระแทก (Cushioning Materials) ภายในบรรจุภัณฑ์ขนส่งในทุกสภาวะการขนส่ง โดยคำนึงถึงวัตถุประสงค์ของการใช้บรรจุภัณฑ์กันกระแทก คือ การป้องกันผลิตภัณฑ์จากความเสียหาย อันมีสาเหตุมาจากการตกกระแทกและหรือการสั่นสะเทือนระหว่างการขนส่งและการเคลื่อนย้าย

1. ปัจจัยในการเลือกสารกันการกระแทก มีดังนี้

1.1 รูปทรง ขนาด และน้ำหนักของผลิตภัณฑ์

1.2 ความเปราะของผลิตภัณฑ์ในแง่ของการตกกระแทกและการสั่นสะเทือน ประเภทของการตกกระแทกและอัตราการขยาย (Magnitude) ของการตกกระแทกซึ่งจะมีผลทำให้ผลิตภัณฑ์เสียหาย

1.3 การตกกระแทกและการสั่นสะเทือนที่เกิดขึ้นในวงจรของกระบวนการขนส่งและจัดจำหน่ายเนื่องจากผลิตภัณฑ์มีการเคลื่อนย้ายตลอดเวลา ตั้งแต่จากโกดังเก็บสินค้า ท่าเรือ โกดัง ผู้ค้าขายส่ง ผู้ค้าขายปลีกจนถึงหิ้งขายสินค้า

1.4 คุณสมบัติ ต้นทุน และความสามารถในการจัดหาวัสดุกันการสั่นกระแทกที่เลือกไว้

1.5 ความต้องการของตลาด

2 การเลือกวัสดุกันการกระแทกสำหรับใช้บรรจุผลไม้ชนิดต่างๆ มีปัจจัยในการเลือก ดังนี้

2.1 ลักษณะตามธรรมชาติของผลไม้

หมายถึงลักษณะเฉพาะของผลไม้แต่ละชนิด เช่น รูปร่าง ขนาด สรีรวิทยาหลังการเก็บเกี่ยว เนื่องจากปัจจัยเหล่านี้ มีผลกับการเน่าเสียของผลไม้ระหว่างการขนส่ง เช่น ขนาดของผลไม้ ถ้าผลไม้มีขนาดใหญ่ก็ต้องการบรรจุภัณฑ์ที่แข็งแรงกว่าผลไม้ขนาดเล็ก นอกจากนี้ผลไม้ที่มีน้ำหนักมากยังต้องพิถีพิถันในการจัดวางเพื่อไม่ให้น้ำหนักของตัวผลไม้เองทำให้ผิวของผลไม้บอบช้ำ

2.2 ความต้องการการทำให้เย็นของผลไม้

เนื่องจากการลดอุณหภูมิเป็นปัจจัยสำคัญในการรักษาคุณภาพของผลไม้ในระหว่างการขนส่ง โดยเฉพาะการขนส่งที่ต้องใช้เวลานานอย่างการส่งออกไปต่างประเทศ ซึ่งการทำความเย็นก็มีหลายวิธี ไม่ว่าจะเป็นการใช้น้ำแข็ง การใช้อากาศเย็น แต่ทั้งนี้ ในการทำความเย็นให้มีประสิทธิภาพดีก็ต้องอาศัยบรรจุภัณฑ์ที่เอื้ออำนวยต่อการทำความเย็นด้วย เช่น ในการทำความเย็นโดยผ่านตัวกลางอากาศนั้น บรรจุภัณฑ์ที่ใช้จะต้องมีลักษณะเอื้ออำนวยต่อการผ่านของอากาศไปอย่างผลิตภัณฑ์อย่างทั่วถึง โดยต้อง มีการเจาะรูรอบๆบรรจุภัณฑ์อย่างเพียงพอ ที่จะทำให้ผลิตภัณฑ์ได้รับอากาศเย็นอย่างทั่วถึง

2.3 ความต้องการในการปกป้องจากการสูญเสียน้ำ

ผลไม้ส่วนใหญ่จะมีองค์ประกอบเป็นน้ำและเกิดการสูญเสียน้ำได้ง่าย ซึ่งการสูญเสียน้ำมากอาจทำให้ผลไม้เหี่ยวได้ ดังนั้นบรรจุภัณฑ์จะต้องมีส่วนช่วยรักษาน้ำให้กับผลไม้ด้วย

2.4 ความต้องการการปฏิบัติพิเศษ

ผลไม้บางชนิดต้องการการปฏิบัติเป็นพิเศษ เช่น ต้องมีการบ่มให้สุกก่อนการจำหน่ายด้วยเอทิลีน หรือบางชนิดต้องการใช้ ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์เพื่อฆ่าเชื้อ เพราะฉะนั้นบรรจุภัณฑ์ก็ต้องเอื้ออำนวยต่อการใช้สารเหล่านี้ด้วย เช่นกรณีของสารเอทิลีนที่ใส่ ลงไปเพื่อให้ผลไม้สุกนั้นจะต้องเลือกบรรจุภัณฑ์ที่มีรูช่วยในการแพร่กระจายให้ทั่วถึงผลไม้เหล่านั้น และในส่วนของซัลเฟอร์ซึ่งเติม ลงไป

อาจก่อให้เกิดปัญหาได้ถ้าระเหยออกไปไม่หมดเพราะฉะนั้นจึงต้องเลือกบรรจุภัณฑ์ที่ช่วยระบายก๊าซซัลเฟอร์ ไม่ให้มีสารตกค้างในผลไม้

2.7 แกลบ [8]

แกลบ คือ วัสดุเหลือทิ้งที่ได้จากกระบวนการสีข้าวเปลือกซึ่งทำให้เกิดเศษของเปลือกข้าวออกมา มีลักษณะสีเหลืองทอง สีเหลืองอ่อน สีน้ำตาลแดงขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ข้าว แกลบประกอบด้วยสารอินทรีย์ และซิลิกา ปริมาณสารอินทรีย์จะประกอบด้วยธาตุคาร์บอนประมาณร้อยละ 51 ออกซิเจนร้อยละ 42 ส่วนที่เหลือจะเป็นไฮโดรเจน และไนโตรเจน ส่วนซิลิกาจะพบมากบริเวณผิวนอกของแกลบ จึงทำให้แกลบมีความแข็งสูงสามารถนำมา ใช้เป็นวัสดุขัดผิวได้ แกลบที่ได้จากการสีข้าวเปลือกจะมีประมาณร้อย 22 – 25 โดยน้ำหนักจากเมล็ดข้าวเปลือก ทำให้การสีข้าวเปลือกแต่ละครั้งจะเกิดแกลบจำนวนมาก ซึ่งปัจจุบันมีการนำแกลบมาใช้ประโยชน์อย่างกว้างขวางในหลายด้านด้วยกัน ได้แก่

1. ใช้เป็นเชื้อเพลิงหุงต้มในภาคครัวเรือน เช่น เชื้อเพลิงในเตาประหยัดพลังงาน เชื้อเพลิงอัดแท่ง เป็นต้น

2. ใช้เป็นเชื้อเพลิงในภาคอุตสาหกรรม เช่น โรงงานผลิตกระแสไฟฟ้าชีวมวล เชื้อเพลิงสำหรับเครื่องจักรไอน้ำของโรงสีข้าว เชื้อเพลิงโรงงานเครื่องปั้นดินเผา โรงงานผลิตปูนซีเมนต์ เป็นต้น

3. ใช้เป็นวัสดุขัดผิวทั้งในภาคครัวเรือน และอุตสาหกรรม

4. ใช้ในการเผาถ่านเพื่อลด และควบคุมอุณหภูมิให้เหมาะสมสำหรับการเผาถ่าน ป้องการการลุกไหม้เป็นเปลวไฟ

5. ใช้เป็นส่วนผสมของวัสดุก่อสร้าง เช่น อิฐบล็อก อิฐมอญ รวมถึงผสมดินเหนียวสำหรับงานก่อต่างๆ

6. ใช้ในการปรับปรุงดินในหลายด้าน อาทิ การปรับปรุงดินเค็ม การเพิ่มความร่วนซุยของดิน การเพิ่มอินทรีย์วัตถุ และแร่ธาตุอาหารในดิน เป็นต้น

7. ใช้ประโยชน์ในฟาร์มเลี้ยงสัตว์ เช่น ใช้รองพื้นสำหรับฟาร์มไก่หรือสุกร

8. ใช้ทำชนวนเทคลุมก้อนน้ำแข็งป้องกันน้ำแข็งละลาย

รูปที่ 12 แสดงลักษณะของแกลบ

ที่มารูปภาพ: http://puechkaset.com

2.8 ยางธรรมชาติ (Natural Rubber) [9]

ยางธรรมชาติ ส่วนมากเป็นยางที่ได้มาจากต้นยางพารา น้ำยางสดที่กรีดได้จากต้นยางมีลักษณะสีขาวข้นและมีเนื้อยางแห้ง (dry rubber) ประมาณ 30 % แขวนลอยอยู่ในน้ำ ถ้านำน้ำยางที่ได้นี้ไปผ่านกระบวนการปั่นเหวี่ยง (centrifuge) จนกระทั่งได้น้ำยางที่มีปริมาณยางแห้งเพิ่มขึ้นเป็น 60 % เรียกว่า น้ำยางข้น (concentrated latex) การเติมสารแอมโมเนียลงไปจะช่วยรักษาสภาพของน้ำยางข้นให้เก็บไว้ได้นาน น้ำยางข้นส่วนหนึ่งจะถูกส่งออกสู่ตลาดต่างประเทศ ส่วนที่เหลือจะถูกนำไปใช้เป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมถุงมือยางและถุงยางอนามัย เป็นต้น

ลักษณะเด่นอีกอย่างของธรรมชาติ คือ ความยืดหยุ่น (elasticity) ยางธรรมชาติมีความยืดหยุ่นสูง เมื่อแรงภายนอกที่มากระทำกับมันหมดไป ยางก็จะกลับคืนสู่รูปร่างและขนาดเดิม (หรือใกล้เคียง) อย่างรวดเร็ว ยางธรรมชาติยังมีสมบัติดีเยี่ยมด้านการเหนียวติดกัน (tack) ซึ่งเป็นสมบัติสำคัญของการผลิตผลิตภัณฑ์ที่ต้องอาศัยการประกอบ (assemble) ชิ้นส่วนต่างๆ เข้าด้วยกัน เช่น ยางรถยนต์ เป็นต้น อย่างไรก็ตาม ยางดิบตามลำพังจะมีขีดจำกัดในการใช้งาน เนื่องจากมีสมบัติเชิงกลต่ำ และลักษณะทางกายภาพจะไม่เสถียรขึ้นอยู่กับการเปลี่ยนแปลงแปลงอุณหภูมิมาก กล่าวคือยางจะอ่อนเยิ้มและเหนียวเหนอะหนะเมื่อร้อน แต่จะแข็งเปราะเมื่ออุณหภูมิต่ำ ด้วยเหตุนี้การใช้ประโยชน์จากยางจำเป็นต้องมีการผสมยางกับสารเคมีต่างๆ เช่น กำมะถัน ผงเขม่าดำ และสารตัวเร่งต่างๆ เป็นต้น หลังจากการบดผสมยางผสมหรือยางคอมพาวด์ (rubber compound) ที่ได้จะถูกนำไปขึ้นรูปในแม่พิมพ์ภายใต้ความร้อนและความดัน กระบวนการนี้เรียกว่าวัลคาไนเซชั่น (vulcanization) ยางที่ผ่านการขึ้นรูปนี้ เราเรียกว่า " ยางสุกหรือยางคงรูป " (vulcanizate) ซึ่งสมบัติของยางคงรูปที่ได้นี้จะเสถียร ไม่เปลี่ยนแปลงตามอุณหภูมิมากนัก และมีสมบัติเชิงกลดีขึ้น

2.9 สารเคมีที่ใช้ในการผลิตวัสดุกันกระแทกจากยางฟองน้ำ [10]

1. น้ำยางพารา (60% NR latex ZA) เป็นน้ำยางพาราประเภทที่มีเนื้อยางแห้งประมาณ 60% ของปริมาณน้ำยางทั้งหมด และเก็บรักษาด้วยแอมโมเนีย 0.7%

2. สารละลายโพแทสเซียมโอลีเอต (Potassium - oleate solution 10%) จะถูกเตรียมอยู่ในรูปสารละลายเข้มข้น 10% (w/v) สารละลายมีลักษณะใส หนืด ทำหน้าที่เป็นสารก่อตัว (Foaming agent)

3. ซิงค์ออกไซด์ (Zinc oxide, ZnO) เป็นสารเคมีที่มีลักษณะเป็นผงสีขาวครีมขุ่น ใช้ในรูปของสารแขวนลอยที่มีความเข้มข้น 50% ทำหน้าที่เป็นสารกระตุ้นปฏิกิริยาวัลคาไนซ์ของน้ำยาง (Activator gelling agent)

4. กำมะถัน (Sulphur, S) เป็นกรดที่มีลักษณะเป็นผงสีเหลืองขุ่น ใช้ในรูปสารแขวนลอยที่มีความเข้มข้น 50% ทำหน้าที่เป็นสารวัลคาไนซ์ (Vulcanizing agent)

5. ซิงค์ไดเอททิลไดไธโอคาร์บาเมต (Zinc - N - diethl dithiocarbomate dispersion, ZDEC) เป็นสารเคมีที่มีลักษณะเป็นผงสีขาวขุ่น ใช้ในรูปของสารแขวนลอยที่มีความเข้มข้น 50% ทำหน้าที่เป็นสารตัวเร่ง (Accelerator)

6. ซิงค์เมอร์แคปโตเบนโซไทอาโซล (Zinc - 2 - mercaptobenzothiazole dispersion, ZMBT) เป็นสารเคมีที่มีลักษณะเป็นผงเหลืองขุ่น ใช้ในรูปของสารแขวนลอยที่มีความเข้มข้น 50% ทำหน้าที่เป็นสารตัวเร่ง (Accelerator)

7. วิงค์สเตย์แอล (Wing stay L dispersion, WSL) เป็นสารเคมีที่ใช้ในรูปสารแขวนลอยที่มีความเข้มข้น 50% ทำหน้าที่เป็นสารแอนตี้ออกซิเดนซ์ (Antioxidant)

8. โซเดียมซิลิโคฟลูออไรด์ (Sodium silicofluoride dispersion, SSF) เป็นสารเคมีที่มีลักษณะเป็นเม็ดสีขาวขุ่น ใช้ในรูปสารแขวนลอยที่มีความเข้มข้น 20% ทำหน้าที่เป็นสารก่อเจลหลัก (Gelling agent)

9. แคลเซียมคาร์บอเนต (Calcium carbonate dispersion, $CaCO_3$) เป็นสารเคมีที่มีลักษณะเป็นผงสีขาวครีมขุ่น ใช้ในรูปสารแขวนลอยที่มีความเข้มข้น 50% ทำหน้าที่เป็นสารตัวเติม (Filling agent)

10. ไดฟีนิลกัวดีน (Diphenyl guanidine dispersion, DPG) เป็นสารเคมีที่มีลักษณะเป็นผงสีขาวขุ่น ใช้ในรูปสารแขวนลอยที่มีความเข้มข้น 33% ทำหน้าที่เป็นสารก่อเจลเสริม (Secondary gelling agent)

2.10 กระบวนการผลิตยางฟองน้ำ [11]

หลักการสำคัญของการผลิตยางฟองน้ำ ประกอบด้วยขั้นตอนหลักๆ 3 ขั้นตอน คือ

1. ทำให้น้ำยางเกิดฟองเป็นฟองอากาศหรือฟองของก๊าซต่างๆ
2. ทำให้น้ำยางที่เป็นฟองแล้วเกิดเจลในเบ้าหรือในบริเวณที่กำหนด
3. วัลคาไนซ์ฟองยางที่ได้

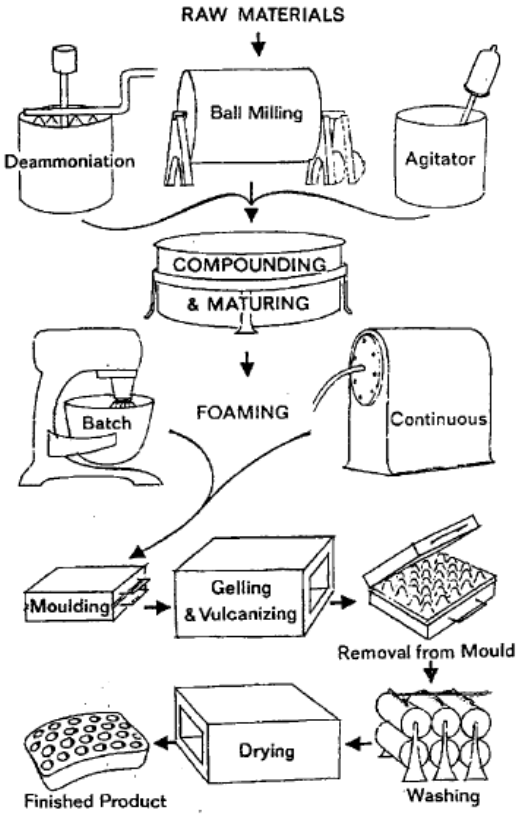
เทคนิคการผลิตยางฟองน้ำ [11]

เทคนิคการผลิตยางฟองน้ำมี 3 เทคนิค ดังนี้

1. การผลิตยางฟองน้ำโดยกระบวนการแบบดันล้อป

กระบวนการแบบดันล้อป หรือกระบวนการซิลิโคฟลูออไรด์ คือ การทำให้ยางกลายเป็นฟองด้วยการใช้เครื่องปั่นเพื่อนำอากาศเข้าไปในน้ำยางที่มีส่วนผสมของสารเคมีต่างๆ อย่างเหมาะสม เมื่อได้ฟองดีแล้วจึงเติมสารเคมีที่จะช่วยให้เกิดเจลอย่างช้าๆ เพื่อให้ฟองเหลวได้มีเวลาฟอร์มรูปร่างตามแบบของเบ้าก่อนการเกิดเจล จากนั้นจึงวัลคาไนซ์ฟองเจลที่เปียก แล้วนำยางฟองน้ำที่ได้ไปล้าง แล้วอบแห้งและตกแต่งในขั้นสุดท้ายต่อไป

หลักการและขั้นตอนของกระบวนการแบบดันล้อป คือ ขั้นแรกจะใช้น้ำยางพาราเข้มข้นมาทำการปรับปริมาณแอมโมเนียในน้ำยาง จากนั้นนำน้ำยางมาเติมสารเคมีต่างๆ ลงไป เช่น สบู่ สารวัลคาไนซ์ สารตัวเร่ง สารช่วยเกิดฟอง สารป้องกันการเสื่อมสภาพของยาง สารตัวเติม เป็นต้น ซึ่งการเติมสารเคมีต่างๆ จะแบ่งออกเป็น 2 ช่วง คือ เมื่อเติมสารเคมีลงไปส่วนหนึ่งแล้วจะทิ้งน้ำยางไว้ระยะหนึ่ง แล้วจึงเติมซิงค์ออกไซด์ที่อยู่ในรูปของสารแขวนลอย และสารก่อเจลเสริม แล้วจึงใส่สารก่อเจลหลักเป็นตัวสุดท้าย แล้วจึงเทยางฟองน้ำลงในแม่พิมพ์หรือเบ้า หลังจากนั้นยางฟองน้ำจะเริ่มเกิดเจลอย่างช้าๆ ในเบ้า จากนั้นนำยางฟองน้ำไปทำการวัลคาไนซ์โดยใช้ความร้อน จากนั้นแกะยางฟองน้ำออกจากแม่พิมพ์ แล้วนำไปล้างน้ำ แล้วนำไปอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 60 – 70 °C เป็นเวลา 16 ชั่วโมง ซึ่งลำดับการเตรียมยางฟองน้ำ แสดงดังรูปภาพที่ 13



รูปที่ 13 แสดงลำดับการเตรียมยางฟองน้ำ [11]

2. การผลิตยางฟองน้ำโดยกระบวนการแบบทาลาเลย์ (Talalay process)

กระบวนการแบบทาลาเลย์ (Talalay process) มีขั้นตอนเริ่มจากการทำให้น้ำยางที่ปั่นเป็นฟองโดยทางกล ทำให้ฟูตัวโดยใช้สุญญากาศ แล้วใช่ความเย็นทำให้ฟองยางเกิดการเจล ซึ่งความเย็นนี้ใช้ส่วนผสมของเอทิลีนไกลคอล – น้ำ ให้ได้อุณหภูมิประมาณ -30 °C หล่อแม่พิมพ์ที่บรรจุยางฟองน้ำที่ฟูตัวแล้ว เพื่อให้ยางฟองน้ำที่ได้มีอุณหภูมิต่ำ แล้วจึงผ่านก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ไปที่แม่พิมพ์ระบบ

สูญญากาศ ซึ่งได้เปลี่ยนเป็นส่วนผสมของคาร์บอนไดออกไซด์ – อากาศ จากนั้นจึงอุ่นแม่พิมพ์ให้อุณหภูมิเป็น 4 °C และต่อมาเพิ่มขึ้นเป็น 38 °C จากนั้นเพิ่มขึ้นเป็น 110 °C ตามลำดับ เพื่อให้เกิดการวัลคาไนซ์

3. การผลิตยางฟองน้ำโดยกระบวนการแบบรีเวอเท็ก (Revertex process)

กระบวนการทำยางฟองน้ำอีกเทคนิคหนึ่ง คือ “กระบวนการรีเวอเท็ก” (Revertex process) โดยกระบวนการนี้จะใช้น้ำยางเข้มข้น 75% จากวิธีการระเหยน้ำและรักษาไว้ด้วยโปแตสเซียมไฮดรอกไซด์ ทำให้น้ำยางฟูตัวโดยใช้ก๊าซออกซิเจน ซึ่งได้มาจากการแตกตัวของไฮโดรเพอร์อกไซด์ ที่ถูกเร่งการแตกตัวด้วยสารตัวเร่ง แล้วทำการเกิดเจลโดยใช้โซเดียมซิลิโคฟลูออกไรด์ร่วมกับแอมโมเนียมซัลเฟต แล้ววัลคาไนซ์ด้วยไอน้ำที่อุณหภูมิ 100 °C นานเป็นเวลาอย่างน้อย 20 นาที

2.11 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. อดุลย์ คล้ายหนู (2545) ได้ทำการทดลองผลิตวัสดุกันกระแทกประเภทชิ้นจากก้านใบเพื่อการบรรจุภัณฑ์ โดยทำการทดสอบและเปรียบเทียบคุณลักษณะด้านการใช้งานระหว่างวัสดุกันกระแทกประเภทชิ้นจากก้านใบจาก และวัสดุกันกระแทกประเภทชิ้นจากโพลิสไตรีนที่ขยายตัวแล้วในภาชนะบรรจุภัณฑ์ โดยทดสอบคุณสมบัติการใช้งานด้านการต้านแรงกด การต้านแรงกระแทกเมื่อตก และการต้านแรงสั่นสะเทือนของภาชนะบรรจุภัณฑ์เพื่อการขนส่งตามเกณฑ์มาตรฐาน ASTM คือ มาตรฐาน ASTM D – 642, ASTM D – 5276 และ ASTM D – 999 ตามลำดับ โดยวัสดุกันกระแทกจากก้านใบทั้งหมด 3 รูปทรง ได้แก่ รูปทรงสี่เหลี่ยม รูปทรงตัวอักษรเอส และรูปทรงกระบอก จากการทดสอบพบว่ามีค่าการต้านแรงสั่นสะเทือนอยู่ในระดับดีเมื่อเทียบกับเกณฑ์มาตรฐาน และเมื่อเทียบกับวัสดุกันกระแทกจากโพลิสไตรีนที่ขยายตัวแล้ว พบว่ามีค่าการต้านแรงสั่นสะเทือนดีเหมือนกัน ไม่แตกต่างกัน [19]

2. ศุภกิตต์ สายสุนทร (2550) ได้ทำการวิจัยเพื่อหาวิธีการทดสอบเพื่อประเมินความช้ำของแอปเปิ้ลจากการกระแทกและเปรียบเทียบวัสดุกันช้ำที่นำมาใช้ทดแทนตาข่ายโฟม โดยทำการทดสอบวัสดุกันกระแทกด้วยเครื่องทดสอบการกระแทกแบบ Ballistic Pendulum กับผลแอบเปิ้ลพันธุ์ฟูจิ 2 ขนาด (เบอร์ 80 และ 100) ห่อด้วยวัสดุกันกระแทกที่ไม่ทำลายสิ่งแวดล้อม ได้แก่ เชือกกล้วย, ผักตบชวา , กระดาษลูกฟูกหน้าเดียว, กระดาษลูกฟูกสองผนังแบบใหม่และแบบใช้แล้ว และวัสดุที่เป็นที่นิยมใช้แต่ย่อยสลายยาก คือ ตาข่ายโฟม โดยการทดสอบแบ่งออกเป็น 2 ช่วงคือ การทดสอบก่อนเกิดการช้ำ และการทดสอบหลังเกิดการช้ำ จากการศึกษาพบว่าวัสดุกันกระแทกที่เหมาะสมที่สุดคือกระดาษลูกฟูกหน้าเดียวแบบหันลอนออกจากผลแอปเปิ้ล ที่มีพลังงานที่จุดเริ่มเกิดรอยช้ำสูงสุดและพลังงานดูดกลืนสูงสุด

เท่ากับ 0.11 จูลต่อตารางเซนติเมตร นอกจากนี้ยังพบว่าเชือกกล้วยและผักตบชวาที่ถูกนำมาสานเป็นตาข่ายไม่สามารถปกป้องผลแอปเปิ้ลได้ เพราะบริเวณจุดตัดของวัสดุที่นำมาถักสร้างปมทำให้เกิดการกระแทกแบบ Plunger และเกิดการช้ำได้ง่าย และหลายรอยช้ำจากการกระแทกเพียงครั้งเดียว [16]

3. นิรมล วิระเทพสุภรณ์ (2551) ได้ทำการวิจัยเพื่อพัฒนาวัสดุกันกระแทกจากเศษกระดาษลูกฟูกเพื่อการขนส่งมะม่วงน้ำดอกไม้ทดแทนวัสดุกันกระแทกจากโฟม จากการศึกษาพบว่าอัตราส่วนของเศษกระดาษลูกฟูกต่อน้ำเพิ่มขึ้นจะทำให้ปริมาณผลผลิตเพิ่มมากขึ้น และเมื่อระยะเวลาในการตีเยื่อเพิ่มขึ้นจะทำให้ปริมาณผลผลิตลดลง โดยอัตราส่วนเศษกระดาษลูกฟูกต่อน้ำเป็น 1:50 ระยะเวลาในการตีเยื่อกระดาษนาน 30 นาที จะให้ปริมาณผลผลิตร้อยละ 90.29 และมีประสิทธิภาพในการป้องกันการกระทำเชิงกลต่อมะม่วงระหว่างการขนส่งได้ดีกว่าโฟมตาข่าย จึงมีความเป็นไปได้ที่จะผลิตกระดาษลูกฟูกทดแทนโฟมตาข่าย [4]

4. วรัญญู ศรีเดช และ เถวียน วิทยา (2551) ได้ทำการวิจัยเพื่อผลิตวัสดุกันกระแทกสำหรับบรรจุภัณฑ์จากขี้เลื่อย แป้งมันสำปะหลัง และน้ำยางพารา โดยวิธีการอัดร้อนที่มีคุณสมบัติในการรับแรงกระแทกได้ดี ต้านทานการดูดซับความชื้น และเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม และทำการศึกษาลักษณะโครงสร้าง คุณสมบัติทางกลของบรรจุภัณฑ์กันกระแทกที่ผลิตจากขี้เลื่อย แป้ง และน้ำยางพารา และทำการศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตวัสดุกันกระแทกจากขี้เลื่อย น้ำยางพาราธรรมชาติ และแป้งมันสำปะหลัง จากการศึกษาพบว่า ขี้เลื่อยที่ขึ้นรูปผ่านการเคลือบผิวด้วยน้ำยางจะมีค่าพลังงานศักย์โน้มถ่วงมากที่สุดและค่าความแข็งแรงต่อการตกกระแทกเท่ากับ 30.87 ซึ่งจะมีสมบัติในการป้องกันแรงกระแทกดีที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับขี้เลื่อยขึ้นรูปผสมน้ำยางที่ไม่เคลือบผิวด้วยน้ำยางและโฟมแป้งมันสำปะหลังผสมน้ำยางที่มีแคลเซียมคาร์บอเนตและขี้เลื่อยเป็นสารเสริมแรง [14]

5. วราวุธ สุขมาก (2552) ได้ทำการวิจัยเพื่อพัฒนาวัสดุกันกระแทกจากยางฟองน้ำซึ่งสามารถย่อยสลายได้ทางชีวภาพ โดยได้ศึกษาผลจองสารก่อฟอง, สารตัวเติม, ผลของกระบวนการให้ความร้อนและความหนาของชิ้นยางฟองน้ำต่อสมบัติทางกายภาพของยางฟองน้ำ ผลจากการทดลองพบว่าสมบัติจองยางฟองน้ำขึ้นอยู่กับปริมาณสารก่อฟอง ยิ่งสารก่อฟองมากจะทำให้ยางฟองน้ำมีความหนาแน่นและความสามารถในการต้านทานแรงกดลดลง นอกจากนี้สารก่อฟองยังส่งผลให้ยางฟองน้ำที่ผ่านการให้ความร้อนแบบอบในขณะเติมสารตัวเติม ซึ่งส่งผลให้ยางฟองน้ำมีความหนาแน่น ความสามารถในการต้านทานแรงกดและเปอร์เซ็นต์การหดตัวสูงขึ้น และยังสามารถต้านทานแรงกดได้ดีกว่ายางฟองน้ำที่ผ่านการให้ความร้อนแบบนึ่ง นอกจากนี้พบว่ายางฟองน้ำที่มีความหนามากสามารถต้านทานแรงกดและป้องกันแรงกระแทกได้ดี จากการทดสอบรับแรงกระแทกหลายๆ ครั้ง พบว่ายางฟองน้ำมีสมบัติป้องกันแรงกระแทกได้ดี เนื่องจากยางฟองน้ำมีความยืดหยุ่นและมีความสามารถในการคืนตัวกลับได้ดีกว่าโฟมพอลีสไตรีน ยางฟองน้ำจึงมีความเป็นไปได้ในการใช้เป็นวัสดุกันกระแทกแบบใช้ซ้ำหรือแบบป้องกันการกระแทกซ้ำ [10]

6. ทรงธรรม ไชยพงษ์ (2552) ได้วิจัยเพื่อพัฒนาวัสดุกันช้ำจากกระดาษฝอยเพื่อปกป้องผลไม้จากการกระแทกและการจำแนกระยะการเจริญเติบโตของผลมะพร้าวอ่อนด้วยสมบัติทางกายภาพ, เชิงกล, สรีรวิทยา และเสียง ซึ่งกระดาษฝอยสามารถพัฒนาเป็นวัสดุกันช้ำที่ใช้ในการป้องกันความเสียหายของผลไม้ได้ดี โดยในการทดสอบที่พลังงานกระแทก 2 จูล สามารถป้องกันผลแอ็บเปิ้ลจากกระแทกได้ดี โดยมีรูปแบบที่เหมาะสมคือ ถุงผ้าดิบบรรจุกระดาษฝอยที่มีความกว้าง 3 มิลลิเมตร ความหนาแน่น 60 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร สำหรับการทำนายความอ่อนแก่ของผลมะพร้าวอ่อนโดยการใช้สมบัติทางกายภาพ เชิงกล สรีรวิทยา และเสียง สามารถระบุความอ่อนแก่ของผลมะพร้าวอ่อนในแต่ละช่วงระยะการเจริญเติบโตได้ด้วยใช้วิธี Discriminant Analysis โดยใช้ตัวแปร 3 ตัวคือ ความถี่ธรรมชาติ (fn) แรงกดเปลือกแตก (HFr) และ ความหนากะลา (ST) สามารถสร้างสมการทำนายความหนาเนื้อของมะพร้าวอ่อนได้ถูกต้อง 96.7 เปอร์เซ็นต์ เมื่อใช้วิธี Partial Least Square Regression กับตัวแปร 2 ตัว คือ แรงกดเปลือกแตก (HFr) และ ความชันของกราฟแรง-การเปลี่ยนรูปกะลา (SSL) ได้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R), ค่าความคลาดเคลื่อนจากการทำนาย (RMSEP) และค่าแตกต่าง (Bias) เท่ากับ 0.994, 0.153 และ 0.001 ตามลำดับ [13]

7. หทัยกาญจน์ ใบนานา (2552) ได้ทำการวิจัยเพื่อการศึกษาและพัฒนาบรรจุภัณฑ์กันกระแทกเครื่องแก้วจากกระดาษรีไซเคิลและเส้นใยธรรมชาติ ผลจากการวิจัยพบว่าวัสดุที่มีความเหมาะสมมากที่สุดคือใบสับปะรด โดยอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างกระดาษรีไซเคิลกับเส้นใยจากใบสับปะรดคือ 30:70 และตัวประสานที่เหมาะสมคือ กาวจากแป้งมันสำปะหลัง 10% ผลจากการออกแบบและพัฒนาบรรจุภัณฑ์กันกระแทกเครื่องแก้วจากกระดาษรีไซเคิลและเส้นใยธรรมชาติพบว่า โครงสร้างของบรรจุภัณฑ์เป็นรูปทรงสี่เหลี่ยมซึ่งมีตัวล็อคปะกบและแผ่นกันกระแทกภายใน โดยมีขั้นตอนการผลิตแบบผสมผสานระหว่างการขึ้นรูปแผ่นวัสดุด้วยตะแกรงแบบเปียกและนำแผ่นวัสดุมาอัดด้วยเครื่องอัดไฮโดรลิคแบบแห้งด้วยแรงดันที่เหมาะสมคือ 5,000 kg/In^2 ใช้เวลาในการอัด 20 นาที มีความหนาของชิ้นงานที่ 1 – 1.5 มม. เมื่อทำการทำสอบประสิทธิภาพตามมาตรฐานการทดสอบบรรจุภัณฑ์เพื่อการขนส่ง พบว่ามีประสิทธิภาพตามเกณฑ์มาตรฐานกำหนด [18]

8. ณัฐพงศ์ ขุนอาสา (2553) ได้ทำการวิจัยเพื่อพัฒนาแผ่นกันกระแทกจากเยื่อหญ้าแฝกผสมเยื่อเวียนทำใหม่ชุบโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตเพื่อยืดอายุกล้วยหอยทอง โดยได้ทำการศึกษาองค์ประกอบของเยื่อหญ้าแฝกที่ผลิตได้ แล้วทำการทดสอบคุณสมบัติของกระดาษในอัตราส่วนอัลคินคีทีนไดเมอร์ต่างๆ ศึกษาการยืดอายุกล้วยหอมทอง และทดสอบการกันกระแทก โดยนำเยื่อที่ผลิตได้มาหาองค์ประกอบของเยื่อ พบว่ามีอัลฟาเซลลูโลส 87.13 เปอร์เซนต์ นำมาผสมเยื่อดราฟท์ในอัตราส่วน 50:50 โดยใส่สารอัคคีทีนไดเมอร์ในอัตราส่วน ร้อยลละ 0, 0.4 และ 0.8 ของน้ำหนักเยื่อแห้ง พบว่าอัตราส่วนที่เหมาะสมที่สุดคือ อัลคีลคีทีนไดเมอร์ร้อยละ 0.4 ของ น้ำหนักเยื่อแห้ง เพราะคุณสมบัติทางด้านการดูดซับน้ำของอัลคิลคีทีนไดเมอร์ของ 0.4 และ 0.8 ไม่มี ความแตกต่างกันทางสถิติ จึงเลือก

สูตรนี้ในการทำกระดาษหญ้าแฝกซึ่งนำไปชุบโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต จากนั้นนำกระดาษชุบโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตถูกนำมาทดสอบคุณสมบัติกระดาษและคุณสมบัติการยืดอายุกล้วยหอมทองพบว่า คุณสมบัติของกระดาษหลังชุบโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตมีค่าด้อยลง แต่สามารถยืดอายุกล้วยหอมทองภายในกล่องปิดสนิทเพิ่มขึ้น 25 เปอร์เซนต์เมื่อบรรจุใส่ กล่องเพื่อเป็นแผ่นรองกันกระแทกระหว่างหวีกล้วยและจำลองการขนส่ง พบว่าสามารถกันกระแทก ได้ด้อยกว่าโฟมเล็กน้อย แต่ยังสามารถเพิ่มอายุการเก็บกล้วยหอมทองได้ 2 วัน [12]

9. วีระศักดิ์ เลิศสิริโยธิน (2554) ได้ทำการวิจัยเพื่อพัฒนากรรมวิธีการผลิตวัสดุกันกระแทกย่อยสลายได้ในธรรมชาติจากแป้งมันสำปะหลัง โดยพัฒนาวิธีการเตรียมเรซินพลาสติกที่มีแป้งมันสำปะหลังสำหรับผลิต loose-fill foam และพัฒนาวิธีการขึ้นรูปเป็น loose-fill foam แล้วทำการทดสอบวัสดุกันกระแทกที่ผลิตได้ โดยทดสอบสมบัติทางกลซึ่งประกอบด้วยค่า tensile strength elongation at break Young's modulus, หาค่า melt flow index, หาความหนาแน่น, อัตราการพองตัว, compressive strength และอัตราการผลิต ผลการวิจัยแสดงถึงผลสำเร็จของการพัฒนาสูตรคอมปาด์วที่มีแป้งมันสำปะหลังเป็นส่วนประกอบซึ่งเหมาะสำหรับการผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ loose-fill foam [15]

10. สิทธิพงศ์ สาธะวงศ์ และวรัญญู ศรีเดช (2554) ได้ทำการวิจัยเพื่อปรับปรุงวัสดุกันกระแทกเยื่อขึ้นรูปจากเส้นใยปาล์มสำหรับการบรรจุ โดยทดสอบสมบัติทางกลและทางกายภาพของแผ่นเยื่อเคมีที่ผลิตจากเส้นใยปาล์ม โดยเยื่อเคมีจากเส้นใยปาล์มผลิตจากกระบวนการคราฟท์ ซึ่งจากการทดลองพบว่าเมื่อต้มเยื่อด้วยกระบวนการคราฟท์ที่สภาวะ effective alkaline เท่ากับร้อยละ 25 อุณหภูมิ 160 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 90 นาทีให้ผลผลิตเยื่อและสมบัติความต้านทานดึงดีที่สุด ทั้งนี้แผ่นเยื่อขึ้นรูปสามารถปรับปรุงคุณสมบัติโดยการเคลือบด้วยน้ำยางคอมโพสิท ซึ่งคุณสมบัติของแผ่นเยื่อที่ผ่านการเคลือบด้วยน้ำยางคอมโพสิททั้ง 3 สูตร จะให้สมบัติทางกลที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($\rho \geq 0.05$) แต่จะให้ลักษณะปรากฏที่แตกต่างกัน โดยน้ำยางคอมโพสิทที่มีปริมาณ wood resin dispersion ในปริมาณน้อยที่สุดจะให้ลักษณะปรากฏที่ดีที่สุด ทั้งนี้ค่าการยืดตัวเมื่อขาดของแผ่นเยื่อขึ้นรูปที่เคลือบด้วยน้ำยางคอมโพสิทสูงกว่าเยื่อขึ้นรูปที่ไม่ได้เคลือบน้ำยางคอมโพสิทถึง 200 เท่า การยืดหยุ่นที่ดีของเยื่อขึ้นรูปที่เคลือบด้วยน้ำยางคอมโพสิทบ่งบอกถึงความสามารถในการรับแรงกระแทก ดังนั้นมีความเป็นไปได้ที่จะนำมาประยุกต์ใช้เป็นวัสดุกันกระแทก [17]

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

ในส่วนของการวิจัยเกี่ยวกับการพัฒนาบรรจุภัณฑ์กันกระแทกที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมจากแกลบสำหรับใช้ในการขนส่งของผู้ผลิตมะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง เนื้อหาในบทนี้ประกอบด้วย วิธีดำเนินการวิจัย วัสดุ อุปกรณ์ และสารเคมีที่ใช้ผลิตบรรจุภัณฑ์กันกระแทกจากแกลบ กรรมวิธีในการผลิตบรรจุภัณฑ์กันกระแทกที่ผลิตจากวัสดุแกลบ และวิธีการทดสอบประสิทธิภาพบรรจุภัณฑ์กันกระแทกที่ผลิตจากแกลบในการขนส่งมะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง ซึ่งมีรายละเอียด ดังนี้

3.1 วิธีดำเนินการวิจัย

1. ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องทางแนวคิดด้านวัสดุวิศวกรรม เพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานและนำมาใช้อ้างอิงในงานวิจัย
2. สำรวจและรวบรวมข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับวัสดุที่ใช้ในการผลิตบรรจุภัณฑ์กันกระแทกและปริมาณการขนส่งมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองของชุมชน
3. ศึกษาและออกแบบกรรมวิธีในการผลิตบรรจุภัณฑ์กันกระแทกที่ผลิตจากวัสดุแกลบ
4. พัฒนาบรรจุภัณฑ์กันกระแทกที่ทำจากแกลบสำหรับใช้ในการขนส่งมะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง
5. ทดสอบประสิทธิภาพบรรจุภัณฑ์กันกระแทกที่ผลิตจากแกลบในการขนส่งมะม่วงน้ำดอกไม้
6. วิเคราะห์ผลที่ได้จากการทดสอบประสิทธิภาพ
7. สรุปผลการศึกษาวิจัย รวบรวมปัญหา อุปสรรค และข้อเสนอแนะ

3.2 วัสดุ อุปกรณ์ และสารเคมี ที่ใช้ผลิตบรรจุภัณฑ์กันกระแทกจากแกลบ

1. วัสดุ ได้แก่

- แกลบสดบด
- น้ำยางพารา (60% NR latex ZA)

รูปที่14 แสดงวัสดุที่ใช้ในงานวิจัย แกลบสดบดและน้ำยางพารา

2.สารเคมี ได้แก่

- Potassium - oleate solution 10%
- Sulfur dispersion 50%
- Zinc - N - diethl dithiocarbomate dispersion 50%
- Zinc - 2 - mercaptobenzothiazole dispersion 50%
- Wing stay L dispersion 50%
- Zinc Oxide dispersion 50%
- Diphenyl guanidine dispersion 33%
- Sodium silicofluoride dispersion 20%

รูปที่ 15 แสดงสารเคมีที่ใช้ในงานวิจัย

3. อุปกรณ์สำหรับผลิต ได้แก่

- เครื่องชั่งน้ำหนักดิจิตอล

- เครื่องผสมวัตถุดิบ
- หม้อนึ่งไอน้ำ
- แม่พิมพ์หล่อวัสดุ
- เครื่องอบแผ่นชิ้นงาน

รูปที่ 16 แสดงเครื่องชั่งน้ำหนักดิจิตอล ยี่ห้อ AND รุ่น EK-1200i

รูปที่ 17 แสดงเครื่องผสมวัตถุดิบ ยี่ห้อ House worth รุ่น HW – 3470

รูปที่ 18 แสดงหม้อนึ่งไอน้ำ ยี่ห้อ Hanabishi รุ่น HTP-360S

รูปที่ 19 แสดงอบแผ่นชิ้นงาน ยี่ห้อ OTTO รุ่น To-733

รูปที่ 20 แสดงแม่พิมพ์หล่อวัสดุ ขนาด 25x30x1 cm

3.3 หน้าที่ของสารเคมีที่ใช้ในการผลิตบรรจุภัณฑ์กันกระแทก

1. น้ำยางพารา (60% NR latex HA) เป็นน้ำยางพาราประเภทที่มีเนื้อยางแห้งประมาณ 60% ของปริมาณน้ำยางทั้งหมด และเก็บรักษาด้วยแอมโมเนีย 0.7% สั่งซื้อมาจากบริษัทเคมีคอล แอนด์ แมททีเรียลล์ จำกัด

2. สารละลายโพแทสเซียมโอลีเอต (Potassium - oleate solution 10%) จะถูกเตรียมอยู่ในรูปสารละลายเข้มข้น 10% (w/v) สารละลายมีลักษณะใส หนืด ทำหน้าที่เป็นสารก่อตัว (Foaming agent) สั่งซื้อมาจากบริษัทเคมีคอล แอนด์ แมททีเรียลส์ จำกัด

3. ซิงค์ออกไซด์ (Zinc oxide, ZnO) เป็นสารเคมีที่มีลักษณะเป็นผงสีขาวครีมขุ่น ใช้ในรูปของสารแขวนลอยที่มีความเข้มข้น 50% ทำหน้าที่เป็นสารกระตุ้นปฏิกิริยาวัลคาไนซ์ของน้ำยาง (Activator gelling agent) สั่งซื้อมาจากบริษัทเคมีคอล แอนด์ แมททีเรียลส์ จำกัด

4. กำมะถัน (Sulphur, S) เป็นกรดที่มีลักษณะเป็นผงสีเหลืองขุ่น ใช้ในรูปสารแขวนลอยที่มีความเข้มข้น 50% ทำหน้าที่เป็นสารวัลคาไนซ์ (Vulcanizing agent) สั่งซื้อมาจากบริษัทเคมีคอล แอนด์ แมททีเรียลส์ จำกัด

5. ซิงค์ไดเอททิลไดไธโอคาร์บาเมต (Zinc - N - diethl dithiocarbomate dispersion, ZDEC) เป็นสารเคมีที่มีลักษณะเป็นผงสีขาวขุ่น ใช้ในรูปของสารแขวนลอยที่มีความเข้มข้น 50% ทำหน้าที่เป็นสารตัวเร่ง (Accelerator) สั่งซื้อมาจากบริษัทเคมีคอล แอนด์ แมททีเรียลส์ จำกัด

6. ซิงค์เมอร์แคปโตเบนโซไทอาโซล (Zinc - 2 - mercaptobenzothiazole dispersion, ZMBT) เป็นสารเคมีที่มีลักษณะเป็นผงเหลืองขุ่น ใช้ในรูปของสารแขวนลอยที่มีความเข้มข้น 50% ทำหน้าที่เป็นสารตัวเร่ง (Accelerator) สั่งซื้อมาจากบริษัทเคมีคอล แอนด์ แมททีเรียลส์ จำกัด

7. วิงค์สเตย์แอล (Wing stay L dispersion, WSL) เป็นสารเคมีที่ใช้ในรูปสารแขวนลอยที่มีความเข้มข้น 50% ทำหน้าที่เป็นสารแอนตี้ออกซิเดนซ์ (Antioxidant) สั่งซื้อมาจากบริษัทเคมีคอล แอนด์ แมททีเรียลส์ จำกัด

8. โซเดียมซิลิโคฟลูออไรด์ (Sodium silicofluoride dispersion, SSF) เป็นสารเคมีที่มีลักษณะเป็นเม็ดสีขาวขุ่น ใช้ในรูปสารแขวนลอยที่มีความเข้มข้น 20% ทำหน้าที่เป็นสารก่อเจลหลัก (Gelling agent) สั่งซื้อมาจากบริษัทเคมีคอล แอนด์ แมททีเรียลส์ จำกัด

9. ไดฟีนิลกัวดีน (Diphenyl guanidine dispersion, DPG) เป็นสารเคมีที่มีลักษณะเป็นผงสีขาวขุ่น ใช้ในรูปสารแขวนลอยที่มีความเข้มข้น 33% ทำหน้าที่เป็นสารก่อเจลเสริม (Secondary gelling agent) สั่งซื้อมาจากบริษัทเคมีคอล แอนด์ แมททีเรียลส์ จำกัด

3.4 กรรมวิธีในการผลิตบรรจุภัณฑ์กันกระแทกที่ผลิตจากวัสดุแกลบ

1. ปริมาณส่วนผสมในการผลิตบรรจุภัณฑ์กันกระแทก

สำหรับการวิจัยนี้ได้ใช้ปริมาณส่วนผสมในการผลิตบรรจุภัณฑ์กันกระแทกโดยอ้างอิงจากสูตรการทำยางฟองน้ำของภาควิชาเทคโนโลยียางและพอลิเมอร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ แต่จะมีการเพิ่ม

ปริมาณแกลบบดเข้าไปในส่วนผสม และได้ปรับปรุงอัตราส่วนของสารเคมีใหม่เพื่อให้เหมาะสมกับปริมาณแกลบที่ใส่ลงไปในส่วนผสม ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงส่วนผสมที่ใช้สำหรับการผลิตบรรจุภัณฑ์กันกระแทกจากวัสดุแกลบ

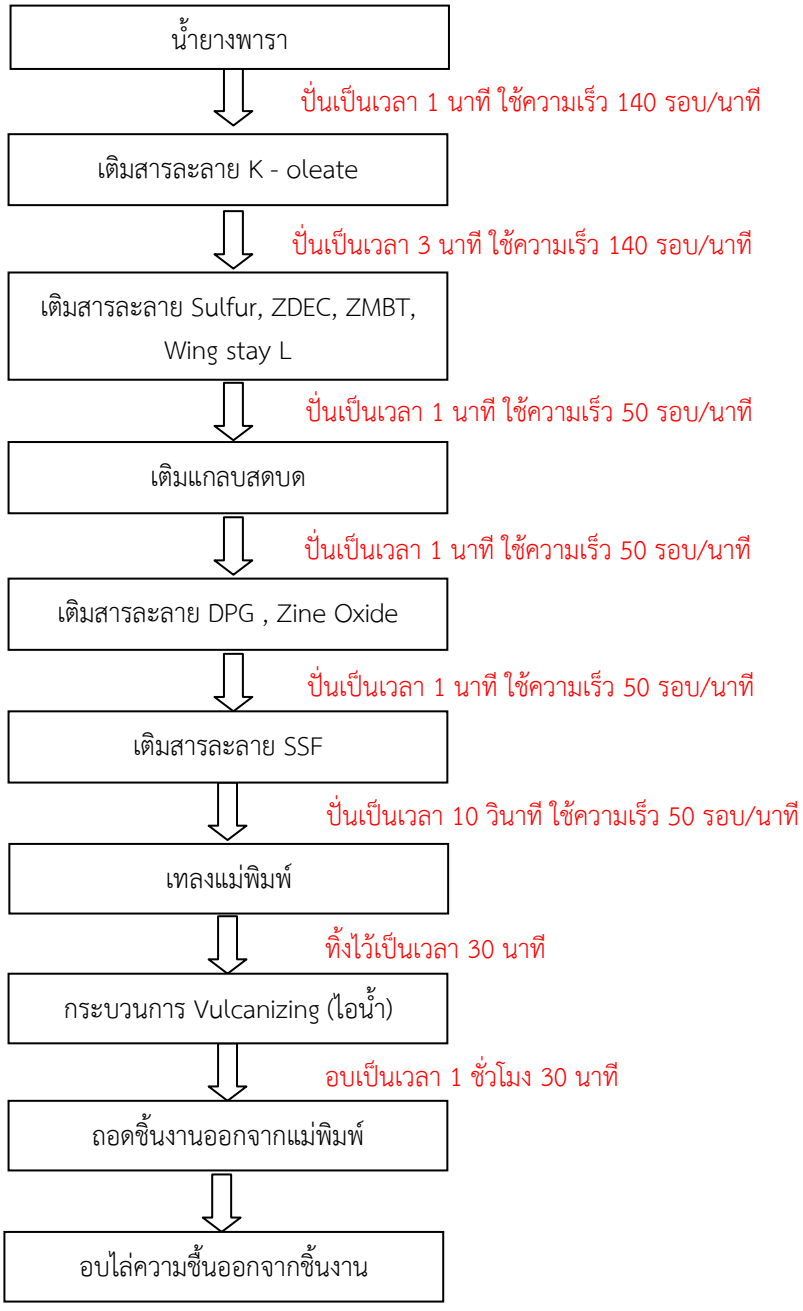
วัสดุ	**น้ำหนักเปียก (g)**
แกลบสดบด	30, 40, 50
น้ำยางพารา (60% NR latex ZA)	334
Potassium - oleate solution 10%	30
Sulfur dispersion 50%	8.0
Zinc - N - diethl dithiocarbomate dispersion 50%	4.0
Zinc - 2 - mercaptobenzothiazole dispersion 50%	4.0
Wing stay L dispersion 50%	4.0
Zinc Oxide dispersion 50%	20.0
Diphenyl guanidine dispersion 33%	6.0
Sodium silicofluoride dispersion 20%	12.0

สำหรับการเตรียมปริมาณส่วนผสมในการผลิตบรรจุภัณฑ์กันกระแทกจะถูกปรับปรุงให้มีความเหมาะสม เพื่อให้ได้ลักษณะทางกายภาพของบรรจุภัณฑ์กันกระแทกที่ดี มีการหดตัวน้อย มีความยืดหยุ่นสูง โดยปริมาณส่วนประกอบในการผลิตจากตารางที่ 1 จะถูกนำไปใช้การเตรียมส่วนประกอบสำหรับผลิตวัสดุกันกระแทกจากแกลบสำหรับนำไปใช้ป้องกันความเสียหายระหว่างการขนส่งของมะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง

2. ขั้นตอนการเตรียมส่วนประกอบสำหรับผลิตวัสดุกันกระแทกจากแกลบ

1. เตรียมแกลบบด น้ำยาพารา และสารเคมี ในปริมาณที่กำหนดไว้

2. ปั่นน้ำยางพาราและแกลบบด แล้วเติมสารเคมีต่างๆ ลงในเครื่องผสมวัตถุดิบตามลำดับ ดังรูปที่ 1



รูปที่ 21 แสดงลำดับขั้นตอนการผลิตบรรจุภัณฑ์กันกระแทกจากวัสดุแกลบ

3. เทส่วนผสมที่ผ่านการปั่นลงในแม่พิมพ์ แล้วทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 30 นาที

4. นำไปนึ่งในหม้อไอน้ำที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง 30 นาที เพื่อให้ชิ้นงานกันกระแทกเกิดการคงรูป

5. ถอดชิ้นงานกันกระแทกออกจากแม่พิมพ์

6. นำชิ้นงานกันกระแทก ไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที เพื่อไล่ความชื้นออกจากชิ้นงาน

รูปที่ 22 แสดงขั้นตอนการปั่นผสมวัตถุดิบ

รูปที่ 23 แสดงขั้นตอนการเทส่วนผสมลงในแม่พิมพ์

รูปที่ 24 แสดงขั้นตอนการทิ้งให้ชิ้นงานคงรูปก่อนนำไปทำการนึ่งด้วยไอน้ำ

รูปที่ 25 แสดงขั้นตอนการนึ่งชิ้นงานด้วยไอน้ำ

รูปที่ 26 แสดงขั้นตอนการถอดชิ้นงานออกจากแม่พิมพ์

รูปที่ 27 แสดงขั้นตอนการอบไล่ความชื้นออกจากชิ้นงาน

3.5 วิธีการทดสอบประสิทธิภาพชิ้นงาน

1. การทดสอบความหนาแน่น (Density)

การทดสอบตามมาตรฐาน ASTM D 3574-95 ตามงานวิจัยของวรวุธ สุขมาก [10] ซึ่งทำการทดลองโดยการเตรียมชิ้นงานที่ใช้สำหรับทดสอบเป็นรูปสี่เหลี่ยมขนาด 2 X 2 X 2 เซนติเมตร จากนั้นนำชิ้นงานไปชั่งน้ำหนัก แล้วคำนวณความหนาแน่นของตัวอย่างโดยใช้สูตร ดังนี้

$$D = \frac{M}{V}$$

เมื่อ D = ความหนาแน่นของชิ้นงานทดสอบ (g/cm^3)

M = น้ำหนักชิ้นงานทดสอบ (g)

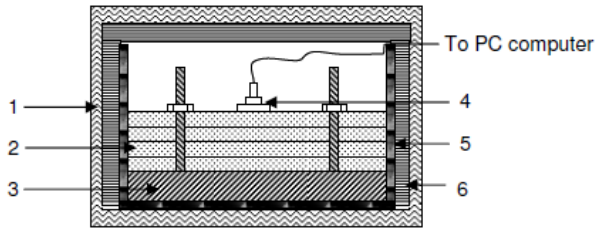
V = ปริมาตรทดสอบ (cm^3)

2. การทดสอบค่าความสามารถในการทนแรงกด (Compression resistance)

ทดสอบโดยการใช้หัวกดทรงกระบอกที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 3.17 เซนติเมตร กดลงบนชิ้นงานวัสดุกันกระแทกที่ได้ผลิตขึ้นมาให้ยุบตัวลงเหลือ 50% ของความสูงเดิมหรือจนกว่าชิ้นงานวัสดุกันกระแทกจะเกิดความเสียหาย ใช้ความเร็วในการกด 1 มิลลิเมตรต่อวินาที ตามงานวิจัยของ วรวุธ สุขมาก [10] สำหรับการทดสอบค่าความสามารถในการทนแรงกดนี้ทางผู้วิจัยได้ทำการส่งชิ้นงานไปทดสอบที่ห้องแล็ป (Laboratory)ทดสอบยางที่ได้มาตรฐาน ณ ภาควิชาเทคโนโลยีการยางและพอลิเมอร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

3. การทดสอบคุณสมบัติการป้องกันแรงกระแทก (Impact resistance)

การทดสอบคุณสมบัติการป้องกันแรงกระแทกของวัสดุกันกระแทกจากแกลบจะอ้างอิงมาจากมาตรฐานการทดสอบ ASTM D 4168 Standard Test Methods For Transmitted Characteristics of Foam – in – Place Cushioning Materials โดยการขึ้นรูปวัสดุกันกระแทกจากแกลบตามขนาดของกล่องกระดาษลูกฟูกที่ใช้ทดสอบ บรรจุน้ำหนักถ่วงตามระดับน้ำหนักที่ต้องการทดสอบภายในกล่องเหล็ก วางหัววัด Accelerometer ตรงกลางของกล่องเหล็ก ทำการปิดฝากล่องแล้ววางกล่องบนเครื่องทดสอบการตกกระแทก (Drop Tester) โดยวางก้นกล่องตามแนวราบกับแท่นเครื่องทดสอบ โดยตั้งความสูงตามระยะที่สัมพันธ์กับน้ำหนักบรรจุที่ทดสอบ กดปุ่มเครื่องทดสอบให้ปล่อยกล่องตกกระแทกในแนวดิ่งแบบอิสระ (Free fall drop) อ่านค่าแรงกระแทกที่ส่งผ่านจากวัสดุกันกระแทกไปสู่หัววัด ดังรูปที่ 2 ตามงานวิจัยของวรวุธ สุขมาก [10] สำหรับการคุณสมบัติการป้องกันแรงกระแทกนี้ทางผู้วิจัยได้ทำการส่งไปทดสอบที่ห้องแล็ป (Laboratory) ทดสอบยางที่ได้มาตรฐาน ณ ภาควิชาเทคโนโลยีการยางและพอลิเมอร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์



รูปที่ 28 แสดงการปรับตั้งอุปกรณ์สำหรับการทดสอบคุณสมบัติการป้องกันแรงกระแทกของวัสดุ

1. Corrugated box 2. Ballast weights 3. Test foam 4. Acccelerometer

5. Enclosed metal test box 6. Foam

4. การทดสอบเปอร์เซ็นต์การหดตัว (Percent shrinkage)

การทดสอบเปอร์เซ็นต์การหดตัวของจะอ้างอิงมาจากมาตรฐานการทดสอบ ASTM D 1055 โดยการวัดรูปร่างด้านกว้าง x ยาว x สูง ของชิ้นงานที่ตรงกลางและบริเวณด้านข้าง โดยเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงขนาดของชิ้นงานกับขนาดของแม่พิมพ์ ตามงานวิจัยของวรวุธ สุขมาก [10] โดยมีสูตรในการคำนวณเปอร์เซ็นต์การหดตัว ดังนี้

$$\% \text{ การหดตัว} = \left(\frac{x_1 - x_2}{x_1} \right) \text{x } 100$$

เมื่อ x_1 แทนค่าของขนาดของด้านต่างๆ ของแม่พิมพ์ (เซนติเมตร)

x_2 แทนค่าของขนาดของชิ้นงานด้านต่างๆ หลังกระบวนการวัลคาไนซ์ (เซนติเมตร)

5. วิเคราะห์ผลที่ได้จากการทดสอบประสิทธิภาพ

6. สรุปผลการศึกษาวิจัย รวบรวมปัญหา อุปสรรคและข้อเสนอแนะ

บทที่ 4
ผลการวิจัย

ในส่วนของผลการศึกษาและรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับวัสดุและการผลิตบรรจุภัณฑ์กันกระแทกที่ใช้สำหรับขนส่งมะม่วงน้ำดอกไม้ในปัจจุบันพบว่ามีการใช้โฟมโพลิสไตลีนในยการรองที่ตะกร้าขณะทำการขนย้ายซึ่งช่วยในการระบายอากาศได้ดี และปริมาณในการขนส่งมะม่วงน้ำดอกไม้แต่ละครั้งก้ไม่แน่นอน ขึ้นกับขนาดตะกร้าที่ใช้และจะไม่เกินครั้งละ 20-30 ลุกต่อ 1 ตะกร้า ส่วนการวิจัยเกี่ยวกับการพัฒนาบรรจุภัณฑ์กันกระแทกที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมจากแกลบสำหรับใช้ในการขนส่งของผู้ผลิตมะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง มีรายละเอียดดังนี้

4.1 ผลการออกแบบกรรมวิธีการผลิตในการผลิตบรรจุภัณฑ์กันกระแทกที่ผลิตจากวัสดุแกลบ

สำหรับการกรรมวิธีการผลิตในวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ใช้ปริมาณส่วนผสมในการผลิตวัสดุกันกระแทกจากแกลบ โดยอ้างอิงจากสูตรการทำยางฟองน้ำของภาควิชาเทคโนโลยียางและพอลิเมอร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ แล้วเพิ่มแกลบสดบดละเอียดลงไป ซึ่งแกลบสดบดละเอียดจะมีขนาด 0.5 ไมครอน ใช้แกลบบดละเอียด เพื่อง่ายต่อการผสมเป็นเนื้อเดียวกัน และป้องกันการเกิดรอยขีดข่วนที่จะเกิดขึ้นจากการเสียดสีระหว่างผิวของมะม่วงกับผิวของวัสดุกันกระแทก ซึ่งส่วนผสมที่ใช้ในกรรมวิธีการผลิตจะแบ่งออกเป็น 3 สูตร ตามปริมาณของแกลบบด เป็นดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงส่วนผสมที่ใช้สำหรับการผลิตบรรจุภัณฑ์กันกระแทกจากวัสดุแกลบ

วัสดุ	น้ำหนักเปียก (g)		
	สูตร 1	สูตร 2	สูตร 3
แกลบสดบดละเอียด	30	40	50
น้ำยางพารา (60% NR latex HA)	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 dispersion 50%	4.0	4.0	4.0
Zinc - 2 - mercaptobenzothiazole dispersion 50%	4.0	4.0	4.0
Wing stay L dispersion 50%	4.0	4.0	4.0

ตารางที่ 2 (ต่อ) แสดงส่วนผสมที่ใช้สำหรับการผลิตบรรจุภัณฑ์กันกระแทกจากวัสดุแกลบ

วัสดุ	น้ำหนักเปียก (g)		
	สูตร 1	สูตร 2	สูตร 3
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

สาเหตุที่ทำการผลิตโดยแบ่งเป็น 3 สูตรข้างต้น ตามปริมาณของแกลบบดละเอียด ได้แก่ 30 g, 40 g และ 50 g เนื่องจากผู้วิจัยได้ทำการทดลองใส่แกลบบดละเอียดลงไปในส่วนผสมในปริมาณที่ต่ำกว่า 30 g พบว่าปริมาณแกลบที่ใส่ลงไปยังน้อยเกินไป ทำให้เห็นปริมาณเนื้อยางมากเกินไป ดังแสดงในรูปที่ 17 แต่ถ้าหากใส่แกลบบดละเอียดปริมาณมากกว่า 50 g ลงไปในส่วนผสม พบว่าปริมาณแกลบมากจนเกินไป ส่งผลให้ส่วนผสมไม่เป็นเนื้อเดียวกัน เมื่อเทลงบนแม่พิมพ์จึงไม่สามารถขึ้นรูปให้ออกมาเป็นลักษณะของแผ่นได้ และผิวของวัสดุกันกระแทกมีความหยาบ และขรุขระมาก ดังแสดงในรูปที่ 18 ดังนั้นปริมาณของแกลบบดละเอียดที่เหมาะสมสำหรับใช้ในอัตราส่วนผสมเพื่อผลิตวัสดุกันกระแทกจากแกลบจะอยู่ในช่วงระหว่าง 30 – 50 g เพื่อให้ส่วนผสมในการผลิตเข้าเป็นเนื้อเดียวกัน และสามารถขึ้นรูปออกมาเป็นลักษณะแผ่นได้

รูปที่ 29 แสดงการขึ้นรูปวัสดุกันกระแทกจากแกลบโดยใช้ปริมาณแกลบต่ำกว่า 30 g

รูปที่ 30 แสดงการขึ้นรูปวัสดุกันกระแทกจากแกลบโดยใช้ปริมาณแกลบมากกว่า 50 g

สำหรับกรรมวิธีในการผลิตจะเริ่มจากการเตรียมแกลบบด น้ำยาพารา และสารเคมี ในปริมาณที่กำหนดไว้ ดังตารางที่ 1 จากนั้นเริ่มทำการปั่นน้ำยางพารา แล้วผสมแกลบบดละเอียดและสารเคมีต่างๆ ลงในเครื่องผสมวัตถุดิบตามลำดับขั้นตอนที่กล่าวไว้ในบทที่ 3 จากนั้นจึงนำส่วนผสมที่ปั่นเข้าด้วยกันไปเทลงในแม่พิมพ์ แล้วทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 30 นาที จากนั้นนำไปนึ่งในหม้อไอน้ำที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง 30 นาที เพื่อให้วัสดุกันกระแทกเกิดการคงรูป จากนั้นแกะชิ้นงานกันกระแทกออกจากแม่พิมพ์ จากนั้นนำชิ้นงานกันกระแทกไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที เพื่อไล่ความชื้นออก

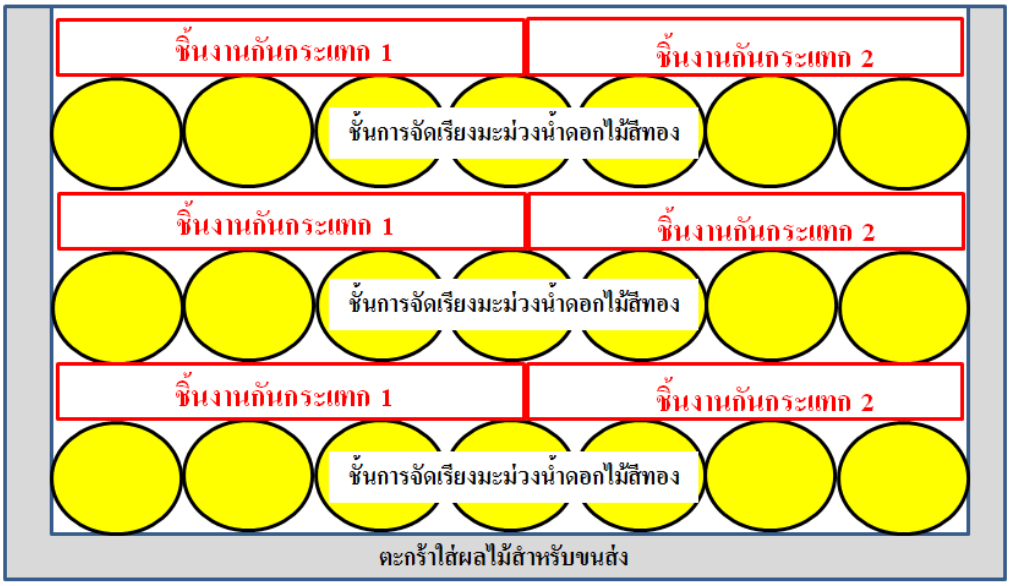
โดยขั้นตอนในการปั่นส่วนผสมในระยะเริ่มแรกที่มีการใส่น้ำยางพารากับสารละลายโพแทสเซียมโอลีเอต (Potassium - oleate solution 10%) จะใช้ความเร็วในการปั่นที่ระดับสูงสุด ที่ความเร็ว 140 รอบต่อนาที เพื่อให้น้ำยางพาราเกิดการก่อฟองมากที่สุด ทำให้เนื้อของส่วนผสมเกิดความนุ่ม จากนั้นจึงลดความเร็วในการปั่นส่วนผสมลงเป็นความเร็ว 50 รอบต่อนาที เพื่อให้สารเคมีและแกลบสดบดที่มีการเติมลงไปผสมสามารถเข้าเป็นเนื้อเดียวกันและทั่วถึงมากที่สุด ซึ่งผู้วิจัยเห็นว่าเป็นความเร็วเหมาะสมที่สุดในการปั่นส่วนผสมทั้งหมดเข้าด้วยกัน ที่เกิดการการทดลองแบบลองผิดลองถูกมาแล้ว

4.2 ผลการพัฒนาบรรจุภัณฑ์กันกระแทกที่ทำจากแกลบสำหรับใช้ในการขนส่งมะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง

สำหรับผลการพัฒนาบรรจุภัณฑ์กันกระแทกที่ทำจากแกลบในวิจัยครั้งนี้ จะทำการพัฒนาให้มีลักษณะเป็นแผ่นสี่เหลี่ยมผืนผ้า มีขนาด 25 x 30 x 1 ลูกบาศก์เซนติเมตร เนื่องจากความเหมาะสมต่อการใช้งานจริงของเกษตรชาวสวนมะม่วงที่จะทำการขนส่งมะม่วงไปยังโรงงานผู้รับซื้อเอง และเหมาะสมต่อข้อจำกัดในกระบวนการผลิตบรรจุภัณฑ์กันกระแทก เนื่องจากการสำรวจความต้องการพบว่าเกษตรกรชาวสวนต้องการให้ผู้วิจัยพัฒนาบรรจุภัณฑ์กันกระแทกที่มีลักษณะเป็นแผ่นบางๆ สำหรับใช้ในการเรียงซ้อนกันเป็นชั้นๆ ระหว่างชั้นมะม่วงกับชั้นบรรจุภัณฑ์กันกระแทก โดยจะนำไปวางเรียงกันในตะกร้ารูปสี่เหลี่ยมสำหรับขนส่งผลไม้ ที่นิยมใช้กันโดยทั่วไป ซึ่งขนาดบรรจุภัณฑ์กันกระแทกที่ชาวสวนต้องการคือ 50 x 30 x 1 ลูกบาศก์เซนติเมตร
แต่มีข้อจำกัดของขนาดหม้อนึ่งไอน้ำและเตาอบแห้งที่มีขนาดเล็กเกินไปจึงที่ไม่สามารถจะผลิตบรรจุภัณฑ์กันกระแทกที่มีขนาด 50 x 30 x 1 ลูกบาศก์เซนติเมตร ออกมาได้ ดังนั้นผู้วิจัยจึงจำเป็นต้องผลิตชิ้นงานกันกระแทกที่มีขนาด 25 x 30 x 1 ลูกบาศก์เซนติเมตร เพื่อแก้ไขข้อจำกัดในกระบวนการผลิตให้สามารถผลิตบรรจุภัณฑ์กันกระแทกออกมาได้

รูปที่ 31 แสดงสถานที่ทำการสำรวจความต้องการจากเกษตรกรสวนมะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง

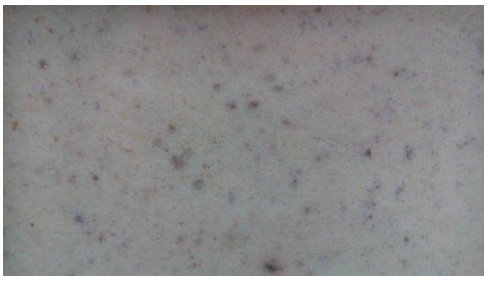
รูปที่ 32 แสดงภาชนะสำหรับใช้ในการขนส่งมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองไปยังโรงงาน



รูปที่ 33 แสดงลักษณะจัดเรียงแต่ละชั้นของบรรจุภัณฑ์กันกระแทกที่ทำจากแกลบที่พัฒนาขึ้นมา

จากการทดลองผลิตวัสดุกันกระแทกโดยแบ่งออกเป็น 3 สูตร ซึ่งได้ผลการพัฒนาวัสดุกันกระแทกที่ทำจากแกลบสำหรับใช้ในการขนส่งมะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง ซึ่งแสดงให้เห็นดังตารางที่ 2

ตารางที่ 3 แสดงผลการพัฒนาบรรจุภัณฑ์กันกระแทกจากแกลบสำหรับใช้ในการขนส่งมะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง

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

ผลการพัฒนาบรรจุภัณฑ์กันกระแทกจากแกลบสำหรับใช้ในการขนส่งมะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง จากการพิจารณาลักษณะทางกายภาพภายนอกของบรรจุภัณฑ์กันกระแทกที่ได้พัฒนาขึ้นมาทั้ง 3 สูตรนี้ พบว่าทั้ง 3 สูตร มีความเป็นเนื้อเดียวกันของส่วนผสม มีความสม่ำเสมอของรูพรุน ผิวไม่ขรุขระ และมีความยืดหยุ่น ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ทำการผลิตบรรจุภัณฑ์กันกระแทกทั้ง 3 สูตร สำหรับใช้ในการทดสอบ

สมบัติต่างๆ ต่อไป เพื่อนำมาวิเคราะห์ประสิทธิภาพในการใช้งานบรรจุภัณฑ์กันกระแทกที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นมา

4.3 ผลการทดสอบประสิทธิภาพในการใช้งานบรรจุภัณฑ์กันกระแทกที่ผลิตจากแกลบในการขนส่งมะม่วงน้ำดอกไม้

1. การทดสอบความหนาแน่น (Density)

จากการทดสอบตามมาตรฐาน ASTM D 3574-95 ซึ่งทำการทดสอบโดยการเตรียมชิ้นงานที่ใช้สำหรับทดสอบเป็นรูปสี่เหลี่ยมขนาด 2 X 2 X 2 เซนติเมตร จากนั้นนำชิ้นงานไปชั่งน้ำหนัก แล้วคำนวณหาความหนาแน่นของชิ้นงาน ซึ่งได้ทำการทดสอบความหนาแน่นชิ้นงานกันกระแทกทั้ง 3 สูตร โดยที่ผู้วิจัยใช้ชิ้นงานทดสอบแต่ละสูตรเป็นจำนวน 10 ชิ้นงาน ซึ่งผลของการทดสอบความหนาแน่นเป็นดังตารางที่ 3

ตารางที่ 4 แสดงผลการทดสอบความหนาแน่นของบรรจุภัณฑ์กันกระแทกจากแกลบทั้ง 3 สูตร

ชิ้นงานทดสอบ	ความหนาแน่นของชิ้นงานทดสอบ (g/cm^3)		
	สูตรที่ 1	สูตรที่ 2	สูตรที่ 3
1	0.18	0.19	0.20
2	0.16	0.18	0.19
3	0.18	0.19	0.21
4	0.19	0.19	0.19
5	0.18	0.18	0.18
6	0.16	0.19	0.19
7	0.18	0.18	0.20
8	0.18	0.19	0.20
9	0.16	0.19	0.21
10	0.19	0.16	0.20
ค่าเฉลี่ย	**0.18**	**0.18**	**0.20**

จากการทดสอบความหนาแน่นของบรรจุภัณฑ์กันกระแทกจากแกลบทั้ง 3 สูตร ได้แก่ สูตรที่ 1 มีปริมาณแกลบบดที่อยู่ในส่วนผสมปริมาณ 30 g พบว่ามีความหนาแน่นของเนื้อวัสดุเท่ากับ 0.18 g/cm^3 และสูตรที่ 2 มีปริมาณแกลบบดที่อยู่ในส่วนผสมปริมาณ 40 g พบว่ามีความหนาแน่นของเนื้อวัสดุเท่ากับ 0.18 g/cm^3 ส่วนสูตรที่ 3 มีปริมาณแกลบบดที่อยู่ในส่วนผสมปริมาณ 50 g พบว่ามีความ

หนาแน่นของเนื้อวัสดุเท่ากับ 0.18 g/cm^3 ดังนั้นความหนาแน่นของเนื้อวัสดุบรรจุภัณฑ์กันกระแทกจากแกลบทั้ง 3 สูตร มีความหนาแน่นไม่แตกต่างกัน เนื่องจากมีการควบคุมกระบวนการผลิต และควบคุมปริมาณสารเคมีที่ใส่ลงไปให้เหมือนกัน แต่จะแตกต่างกันเฉพาะปริมาณแกลบที่ใส่ลงไปในส่วนผสมเพียงเล็กน้อยเท่านั้น จึงไม่ทำให้ผลของการทดสอบความหนาแน่นแตกต่างกัน

2. ผลการทดสอบค่าความสามารถในการทนแรงกด (Compression resistance)

จากการทดสอบความสามารถในการทนแรงกดของชิ้นงานกันกระแทกจากแกลบที่พัฒนาขึ้นมา ทดสอบโดยการใช้หัวกดทรงกระบอกเพื่อกดลงบนชิ้นงานที่ผลิตขึ้นมาให้เกิดการยุบตัวลงเหลือ 50% ของความสูงเดิม ซึ่งได้ผลการทดสอบค่าความสามารถในการทนแรงกด ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 5 แสดงผลการทดสอบค่าความสามารถในการทนแรงกดของชิ้นงาน

สูตรที่	ครั้งที่	ความหนาเริ่มต้นของชิ้นงานตัวอย่าง (mm)	ความหนาหลังจากการอบและตั้งไว้ 30 นาที (mm)	Compression resistance (%)	ค่าเฉลี่ยความสามารถในการทนแรงกด (%)
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	

จากผลการทดสอบค่าความสามารถในการทนแรงกดของชิ้นงานทดสอบทั้ง 3 สูตร โดยชิ้นงานทดสอบทุกชิ้นมีความหนาเท่ากัน พบว่าบรรจุภัณฑ์กันกระแทกสูตรที่ 1 ที่มีส่วนผสมแกลบบดละเอียด 30 g มีความสามารถในการทนแรงกดเฉลี่ยเท่ากับ 18% บรรจุภัณฑ์กันกระแทกสูตรที่ 2 ที่มีส่วนผสมแกลบบดละเอียด 40 g มีความสามารถในการทนแรงกดเฉลี่ยเท่ากับ 79.85% และบรรจุภัณฑ์กันกระแทกสูตรที่ 3 ที่มีส่วนผสมแกลบบดละเอียด 50 g มีความสามารถในการทนแรงกดเฉลี่ยเท่ากับ 31.39% เมื่อเปรียบเทียบค่าความสามารถในการทนแรงกดของชิ้นงานทดสอบทั้ง 3 สูตร พบว่าชิ้นงาน

ตัวอย่างสูตรที่ 2 สามารถต้านทานแรงกดได้ดีที่สุด อาจจะเกิดจากปริมาณแกลบที่ใส่ลงไป 40 g เป็นปริมาณที่เหมาะสมที่สุด จึงทำให้สามารถต้านทานแรงกดได้ดีกว่า

3. การทดสอบคุณสมบัติการป้องกันแรงกระแทก (Impact resistance)

จากการทดสอบคุณสมบัติการป้องกันแรงกระแทกของบรรจุภัณฑ์กันกระแทกจากแกลบจะอ้างอิงมาจากมาตรฐานการทดสอบ ASTM D 4168 Standard Test Methods For Transmitted Characteristics of Foam – in – Place Cushioning Materials ซึ่งได้ผลการทดสอบคุณสมบัติการป้องกันแรงกระแทก เป็นดังตารางที่ 5

ตารางที่ 6 แสดงผลการทดสอบคุณสมบัติการป้องกันแรงกระแทกของชิ้นงาน

สูตรที่	ครั้งที่	มุมที่เพนดูลัมกระเด้งกลับ (องศา)	Impact resistance (%)	ค่าเฉลี่ยการป้องกันแรงกระแทก (%)
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	

จากผลการทดสอบคุณสมบัติการป้องกันแรงกระแทกของชิ้นงานทดสอบทั้ง 3 สูตร โดยชิ้นงานทดสอบทุกชิ้นมีปริมาตรเท่ากัน พบว่าบรรจุภัณฑ์กันกระแทกสูตรที่ 1 ที่มีส่วนผสมแกลบ

บดละเอียด 30 g มีคุณสมบัติการป้องกันแรงกระแทกค่าเฉลี่ยเท่ากับ 48.16% บรรจุภัณฑ์กันกระแทกสูตรที่ 2 ที่มีส่วนผสมแกลบบดละเอียด 40 g มีคุณสมบัติการป้องกันแรงกระแทกค่าเฉลี่ยเท่ากับ 50.01% และบรรจุภัณฑ์กันกระแทกสูตรที่ 3 ที่มีส่วนผสมแกลบบดละเอียด 50 g มีคุณสมบัติการป้องกันแรงกระแทกค่าเฉลี่ยเท่ากับ 41.67% เมื่อเปรียบเทียบคุณสมบัติการป้องกันแรงกระแทกของชิ้นงานทดสอบทั้ง 3 สูตร พบว่าชิ้นงานตัวอย่างสูตรที่ 2 มีคุณสมบัติการป้องกันแรงกระแทกได้ดีที่สุด เนื่องจากสูตร 2 มีความสามารถในการต้านทานแรงกดสูงที่สุด ดังนั้นเมื่อถูกกระแทกจึงสามารถดูดซับแรงกระแทกได้ดีที่สุด

4. ผลการทดสอบเปอร์เซ็นต์การหดตัว (Percent shrinkage)

จากการทดสอบเปอร์เซ็นต์การหดตัวของจะอ้างอิงมาจากมาตรฐานการทดสอบ ASTM D 1055 ได้ผลการทดสอบเปอร์เซ็นต์การหดตัว (Percent shrinkage) เป็นดังตารางที่ 6

ตารางที่ 7 แสดงผลการทดสอบเปอร์เซ็นต์การหดตัวของชิ้นงานกันกระแทกจากแกลบที่พัฒนาขึ้นมา

สูตรที่	**ชิ้นงานที่**	**Percent shrinkage (%)**	**ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การหดตัว (%)**
1	1	20.15	19.96
	2	19.2	
	3	19.87	
	4	20.11	
	5	20.47	
2	1	15.22	15.07
	2	14.94	
	3	14.86	
	4	15.3	
	5	15.02	
3	1	12.00	12.08
	2	12.48	
	3	11.62	
	4	12.34	
	5	11.96	

จากกระบวนผลิตชิ้นงานกันกระแทกจากแกลบ จะสังเกตเห็นได้ว่าชิ้นงานที่ผลิตขึ้นมาจะมีขนาดเล็กลงจากแม่พิมพ์ที่ใช้หล่อเพียงเล็กน้อย ซึ่งการหดตัวของชิ้นงานนั้นจะมีผลต่อรูปทรงของบรรจุภัณฑ์กันกระแทกจากแกลบ อาจส่งผลให้ชิ้นงานที่ผลิตขึ้นมาไม่เป็นแผ่นเรียบตามต้องการ ดังนั้นผู้วิจัยจึงจำเป็นต้องทำการทดสอบเปอร์เซ็นต์การหดตัวของชิ้นงานกันกระแทกจากแกลบที่พัฒนาขึ้นมาทั้ง 3 สูตร จากผลการทดสอบเปอร์เซ็นต์การหดตัวพบว่า บรรจุภัณฑ์กันกระแทกจากแกลบสูตรที่ 1 ที่มีส่วนผสมแกลบบดละเอียด 30 g มีเปอร์เซ็นต์การหดตัวค่าเฉลี่ยเท่ากับ 19.96% บรรจุภัณฑ์กันกระแทกสูตรที่ 2 ที่มีส่วนผสมแกลบบดละเอียด 40 g มีเปอร์เซ็นต์การหดตัวค่าเฉลี่ยเท่ากับ 15.07% และบรรจุภัณฑ์กันกระแทกสูตรที่ 3 ที่มีส่วนผสมแกลบบดละเอียด 50 g มีเปอร์เซ็นต์การหดตัวค่าเฉลี่ยเท่ากับ 12.08% เมื่อเปรียบเทียบคุณสมบัติการป้องกันแรงกระแทกของชิ้นงานทดสอบทั้ง 3 สูตร พบว่าชิ้นงานตัวอย่างสูตรที่ 1 มีเปอร์เซ็นต์การหดตัวสูงที่สุด รองลงมาคือชิ้นงานสูตรที่ 2 และชิ้นงานสูตรที่ 3 มีเปอร์เซ็นต์การหดตัวต่ำที่สุด

5. ผลการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ระหว่างการผลิตบรรจุภัณฑ์กันกระแทกจากแกลบกับโฟมพอลีสไตรีน

จากผลการทดสอบสมบัติต่างๆ ของบรรจุภัณฑ์กันกระแทกจากแกลบตามสูตรที่มีสมบัติดีที่สุดและเหมาะสมต่อการนำไปใช้งานมากที่สุด คือบรรจุภัณฑ์กันกระแทกจากแกลบสูตรที่ 2 ซึ่งมีปริมาณแกลบบดละเอียดผสมอยู่ 40 g ซึ่งเมื่อพิจารณาแล้วราคาของแกลบที่ใช้ในการผสมมีราคาถูกมาก เนื่องจากเป็นวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร ดังนั้นราคาต้นทุนในการผลิตบรรจุภัณฑ์กันกระแทกจากแกลบจึงขึ้นอยู่กับราคาของน้ำยางพาราและสารเคมีที่ผสมลงไปในส่วนผสม ดังตารางที่ 8

ตารางที่ 8 แสดงราคาวัตถุดิบแต่ละชนิดที่นำมาใช้เป็นส่วนผสมในการผลิตบรรจุภัณฑ์กันกระแทกจากแกลบที่มีปริมาตรเท่ากับ 1 ลูกบาศก์เมตร

วัตถุดิบในการผลิตบรรจุภัณฑ์กันกระแทกจากแกลบที่มีความหนาแน่น 0.18 g/cm^3	ราคาต่อหน่วย (บาท/กก.)	ปริมาณที่ใช้ผลิต (กก./0.0015m^3)	ปริมาณที่ใช้ผลิต (กก./m^3)	ต้นทุนต่อการผลิต 1 ลบ.ม. (บาท/m^3)
แกลบสดบดละเอียด	48	0.04	26.67	1,280
น้ำยางพารา (60% NR latex ZA)	4.33	0.334	222.67	964
Potassium - oleate solution 10%	15	0.03	20.00	300
Sulfur dispersion 50%	150	0.008	5.33	800
Zinc - N - diethl dithiocarbomate dispersion 50%	110	0.004	2.67	293
Zinc - 2 - mercaptobenzothiazole dispersion 50%	320	0.004	2.67	853
Wing stay L dispersion 50%	520	0.004	2.67	1,387
Zinc Oxide dispersion 50%	180	0.02	13.33	2,400
Diphenyl guanidine dispersion 33%	250	0.006	4.00	1,000
Sodium silicofluoride dispersion 20%	90	0.012	8.00	720
รวมทั้งหมด				**9,997**

จากการวิเคราะห์ต้นทุนการผลิต โดยการแจกแจงราคาวัตถุดิบแต่ละชนิดที่นำมาใช้เป็นส่วนผสมในการผลิตชิ้นงานกระแทกจากแกลบ ที่มีปริมาตรเท่ากับ 1 ลูกบาศก์เมตร มีความหนาแน่น 0.18 g/cm^3 พบว่าบรรจุภัณฑ์กันกระแทกจากแกลบที่ผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้นมามีต้นทุนการผลิตอยู่ที่ 9,997 บาทต่อลูกบาศก์เมตร ซึ่งต้นทุนส่วนใหญ่เกิดจากต้นทุนน้ำยางพาราและสารเคมีที่ใช้ในการผลิตบรรจุภัณฑ์กันกระแทกจากแกลบ เมื่อทำการเปรียบเทียบกับต้นทุนการผลิตบรรจุภัณฑ์กันกระแทกจากโฟมพอลีสไตรีน ซึ่งถือว่าเป็นบรรจุภัณฑ์กันกระแทกที่นิยมใช้โดยทั่วไปในการขนส่งมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองในปัจจุบันนี้ ที่มีความหนาแน่นของวัสดุเท่ากับ 0.026 g/ cm^3 จากงานวิจัยของวราวุธ สุขมาก [10] ได้ทำการวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตชิ้นงานกันกระแทกจากจากโฟมพอลีสไตรีน พบว่ามีต้นทุนการผลิตอยู่เพียง 1,260 บาทต่อลูกบาศก์เมตร เมื่อเปรียบเทียบต้นทุนการผลิตบรรจุภัณฑ์กันแทกของวัสดุทั้งสองชนิดแล้วถือว่ามีต้นทุนการผลิตชิ้นงานกันกระแทกจากจากโฟมพอลีสไตรีนมีค่าต่ำกว่าบรรจุภัณฑ์กัน

กระแทกจากแกลบมาก เนื่องจากบรรจุภัณฑ์กันกระแทกจากแกลบมีความหนาแน่นมากกว่าบรรจุภัณฑ์กันกระแทกจากโฟมพอลีสไตรีน เพราะข้อจำกัดในการกระบวนการผลิตจึงไม่สามารถผลิตให้มีความหนาแน่นต่ำมากๆ ได้ เนื่องจากวัสดุที่ใช้ในการผลิตเป็นวัสดุที่มาจากธรรมชาติเป็นส่วนใหญ่ จึงควบคุมกาผลิตได้ยาก หากใส่สารที่ทำให้เกิดการก่อฟองมากเกินไปอาจจะส่งผลต่อการจัดเรียงตัวของโครงสร้างฟองอากาศ ทำให้ความหนาแน่นลดลงและเปอร์เซ็นต์การหดตัวสูง

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย

จากการพัฒนาบรรจุภัณฑ์กันกระแทกที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมจากแกลบสำหรับใช้ในการขนส่งของผู้ผลิตมะม่วงน้ำดอกไม้ ตำบลดงมูลเหล็ก จังหวัดเพชรบูรณ์ โดยผู้วิจัยได้ทำการประยุกต์ใช้ความรู้ทางเทคโนโลยีทางด้านวิศวกรรมวัสดุเข้ากับภูมิปัญญาท้องถิ่นเพื่อพัฒนาบรรจุภัณฑ์กันกระแทกที่สามารถย่อยสลายได้ง่ายและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม โดยวัสดุที่ใช้ผลิตมาจากแกลบ ซึ่งถือว่าเป็นเศษวัสดุที่เหลือจากการเกษตร แล้วนำมาผสมกับน้ำยางพาราและสารเคมีต่างๆ เพื่อเข้าสู่กระบวนการผลิตยางฟองน้ำ แล้วนำมาขึ้นรูปลงในแม่พิมพ์ โดยกระบวนการผลิตจะมีการควบคุมตัวแปรต่างๆ ได้แก่ ปริมาณของแกลบบด ขนาดของแกลบบด ปริมาณน้ำยางพารา ปริมาณสารเคมีต่างๆ ที่ใส่ลงไปในส่วนผสม เวลาในการผลิต ความเร็วรอบในการปั่นส่วนผสม และอุณหภูมิที่ใช้ในการอบเพื่อไล่ความชื้น เป็นต้น โดยบรรจุภัณฑ์กันกระแทกที่ทำจากแกลบในวิจัยพัฒนาขึ้นมาจะมีลักษณะเป็นแผ่นบางๆ รูปทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า มีขนาด 25 x 30 x 1 ลูกบาศก์เซนติเมตร สำหรับนำไปใช้ในการเรียงซ้อนกันเป็นชั้นๆ ระหว่างชั้นมะม่วงกับชั้นบรรจุภัณฑ์กันกระแทก โดยจะนำไปวางเรียงกันในตะกร้ารูปสี่เหลี่ยมสำหรับขนส่งมะม่วงน้ำดอกไม้ที่นิยมใช้กันโดยทั่วไป

งานวิจัยนี้ยังได้มีการทำการทดสอบประสิทธิภาพในการใช้งานบรรจุภัณฑ์กันกระแทกที่ผลิตจากวัสดุแกลบในการขนส่งมะม่วงน้ำดอกไม้ ซึ่งหัวข้อของการทดสอบประสิทธิภาพ ได้แก่ ลักษณะทางกายภาพภายนอกของบรรจุภัณฑ์กันกระแทกที่พัฒนาขึ้นมา การทดสอบความหนาแน่น การทดสอบค่าความสามารถในการทนแรงกด การทดสอบคุณสมบัติการป้องกันแรงกระแทก และการทดสอบเปอร์เซ็นต์การหดตัว เป็นต้น นอกจากนี้ผู้วิจัยยังได้ทำการวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ระหว่างการผลิตบรรจุภัณฑ์กันกระแทกจากแกลบกับโฟมพอลีสไตรีนอีกด้วย ซึ่งสรุปผลการทดสอบประสิทธิภาพ ดังนี้

5.1 สรุปผลการทดสอบประสิทธิภาพ

1. ลักษณะทางกายภาพภายนอกของบรรจุภัณฑ์กันกระแทกที่จากแกลบสำหรับใช้ในการขนส่งมะม่วงน้ำดอกไม้ที่ผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้นมา มีทั้งหมด 3 สูตร ได้แก่ สูตรที่ 1 มีปริมาณแกลบผสมอยู่ 30g สูตรที่ 2 มีปริมาณแกลบผสมอยู่ 40g และสูตรที่ 3 มีปริมาณแกลบผสมอยู่ 50g ซึ่งถือว่าปริมาณแกลบที่อยู่ในช่วงระหว่าง 30 – 50 g เป็นปริมาณที่เหมาะสมต่อกระบวนการผลิตมากที่สุด จากผลการพิจารณาลักษณะทางกายภาพภายนอก พบว่าบรรจุภัณฑ์กันกระแทกทั้ง 3 สูตร มีความเป็นเนื้อเดียวกันของส่วนผสม มีความสม่ำเสมอของรูพรุน ผิวไม่ขรุขระ และมีความยืดหยุ่น แต่หากใช้ปริมาณแกลบ

ผสมมากกว่า 50g จะส่งผลให้ส่วนผสมไม่เป็นเนื้อเดียวกัน เมื่อเทลงบนแม่พิมพ์จึงไม่สามารถขึ้นรูปให้ออกมาเป็นลักษณะของแผ่นได้ และผิวของวัสดุกันกระแทกมีความหยาบ และขรุขระมาก แต่หากใช้ปริมาณแกลบผสมน้อยกว่า 30g จะส่งผลให้เห็นปริมาณเนื้อยางมากเกินไป

2. ความหนาแน่นของบรรจุภัณฑ์กันกระแทกจากแกลบทั้ง 3 สูตร พบว่ามีความหนาแน่นของเนื้อวัสดุเท่ากับ 0.18 g/cm^3, 0.18 g/cm^3 และ 0.20 g/cm^3 ตามลำดับ ซึ่งถือว่ามีความหนาแน่นของเนื้อวัสดุใกล้เคียงกัน เนื่องจากมีการควบคุมกระบวนการผลิต และควบคุมปริมาณสารเคมีที่ใส่ลงไปให้เหมือนกัน แต่จะแตกต่างกันเฉพาะปริมาณแกลบที่ใส่ลงไปในส่วนผสมเพียงเล็กน้อยเท่านั้น จึงไม่ส่งผลต่อความหนาแน่น

3. ค่าความสามารถในการทนแรงกดของบรรจุภัณฑ์กันกระแทกจากแกลบทั้ง 3 สูตร พบว่า มีความสามารถในการทนแรงกดเฉลี่ยเท่ากับ 18%, 79.85% และ 31.39% ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบค่าความสามารถในการทนแรงกดของชิ้นงานทดสอบทั้ง 3 สูตร พบว่าบรรจุภัณฑ์กันกระแทกจากแกลบสูตรที่ 2 สามารถต้านทานแรงกดได้ดีที่สุด

4. คุณสมบัติการป้องกันแรงกระแทกของบรรจุภัณฑ์กันกระแทกจากแกลบทั้ง 3 สูตร พบว่า มีคุณสมบัติการป้องกันแรงกระแทกค่าเฉลี่ยเท่ากับ 48.16% , 50.01% และ 41.67% ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบคุณสมบัติการป้องกันแรงกระแทกของชิ้นงานทดสอบทั้ง 3 สูตร พบว่าสูตรที่ 2 มีคุณสมบัติการป้องกันแรงกระแทกได้ดีที่สุด เนื่องจากสูตร 2 มีความสามารถในการต้านทานแรงกดสูงที่สุด ดังนั้นเมื่อถูกกระแทกจึงสามารถดูดซับแรงกระแทกได้ดีที่สุด

5. เปอร์เซ็นต์การหดตัวของบรรจุภัณฑ์กันกระแทกจากแกลบที่พัฒนาขึ้นมาทั้ง 3 สูตร พบว่าเปอร์เซ็นต์การหดตัวมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 19.96% , 15.07% และ 12.08% เมื่อเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การหดตัวของบรรจุภัณฑ์กันกระแทกทั้ง 3 สูตร พบว่าชิ้นงานตัวอย่างสูตรที่ 1 มีเปอร์เซ็นต์การหดตัวสูงที่สุด รองลงมาคือชิ้นงานสูตรที่ 2 และชิ้นงานสูตรที่ 3 มีเปอร์เซ็นต์การหดตัวต่ำที่สุด

6. จากการวิเคราะห์ผลการทดสอบประสิทธิภาพโดยรวมของบรรจุภัณฑ์กันกระแทกจากแกลบที่พัฒนาขึ้นมา เมื่อเปรียบเทียบผลการทดสอบประสิทธิภาพทั้ง 3 สูตร พบว่าสูตรที่เหมาะสมที่สุดในการผลิตบรรจุภัณฑ์กันกระแทกจากแกลบ คือ สูตรที่ 2 เนื่องจากมีค่าความสามารถในการทนแรงกดและคุณสมบัติการป้องกันแรงกระแทกสูงที่สุด ส่วนความหนาแน่นและเปอร์เซ็นต์การหดตัวอยู่ในช่วงที่สามารถยอมรับได้ โดยทั้งสามสูตรมีค่าการทดสอบที่ใกล้เคียงกัน

7. จากการวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตบรรจุภัณฑ์กันกระแทกจากแกลบที่มีปริมาตรเท่ากับ 1 ลูกบาศก์เมตร มีความหนาแน่น 0.18 g/cm^3 พบว่ามีต้นทุนการผลิตอยู่ที่ 9,997 บาทต่อลูกบาศก์เมตร เมื่อทำการเปรียบเทียบกับต้นทุนการผลิตบรรจุภัณฑ์กันกระแทกจากโฟมพอลีสไตรีนที่มีปริมาตรเท่ากัน แต่สามารถผลิตให้มีความหนาแน่นต่ำเท่ากับ 0.026 g/cm^3 พบว่ามีต้นทุนการผลิตอยู่เพียง 1,260 บาทต่อลูกบาศก์เมตร ถือว่าการผลิตบรรจุภัณฑ์กันกระแทกจากแกลบมีต้นทุนการผลิตสูงถึง 7.93 เท่า

ของต้นทุนการผลิตบรรจุภัณฑ์กันกระแทกจากโฟมพอลีสไตรีน เนื่องจากบรรจุภัณฑ์กันกระแทกจากแกลบมีความหนาแน่นมากกว่าบรรจุภัณฑ์กันกระแทกจากโฟมพอลีสไตรีน เพราะข้อจำกัดในการกระบวนการผลิตจึงไม่สามารถผลิตให้มีความหนาแน่นต่ำมากๆ ได้ เนื่องจากวัสดุที่ใช้ในการผลิตเป็นวัสดุที่มาจากธรรมชาติเป็นส่วนใหญ่ จึงควบคุมการผลิตได้ยาก หากใส่สารที่ทำให้เกิดการก่อฟองมากเกินไปอาจจะส่งผลต่อการจัดเรียงตัวของโครงสร้างฟองอากาศ ทำให้ความหนาแน่นลดลงและเปอร์เซ็นต์การหดตัวสูง

8. เมื่อพิจารณาภาพรวมของบรรจุภัณฑ์กันกระแทกจากแกลบสำหรับใช้ในการขนส่งของผู้ผลิตมะม่วงน้ำดอกไม้ พบว่าบรรจุภัณฑ์กันกระแทกจากแกลบที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นมาสามารถนำไปใช้งานได้จริง แต่มีข้อเสียคือ ไม่ก่อให้เกิดความคุ้มค่าในการใช้งาน เนื่องจากต้นทุนการผลิตสูง วัสดุที่ใช้ในการผลิตมาจากธรรมชาติ จึงย่อยสลายได้ง่าย ส่งผลให้อายุการใช้งานต่ำ นอกจากนี้เมื่อเปรียบเทียบกับบรรจุภัณฑ์กันกระแทกจากโฟมพอลีสไตรีนที่ชาวสวนมะม่วงน้ำดอกไม้ใช้ในการขนส่งกันอยู่ในปัจจุบันแล้วยังไม่สามารถเทียบเท่าได้ ทั้งในด้านราคาและด้านประสิทธิภาพการใช้งาน

5.2 ปัญหาที่พบ

1. ส่วนผสมที่ใช้ในการผลิตบรรจุภัณฑ์กันกระแทกที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นมาส่วนใหญ่เป็นวัสดุจากธรรมชาติ จึงทำให้ควบคุมความเสถียรได้ยาก หากซื้อวัสดุมาเก็บไว้เป็นระยะเวลานาน จะส่งผลให้โครงสร้างของเนื้อวัสดุเกิดการแปรเปลี่ยนสภาพไปจนไม่สามารถผลิตบรรจุภัณฑ์ออกมาได้

2. บรรจุภัณฑ์กันกระแทกที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นมามีความหนาแน่นมากเกินไป เนื่องจากขณะทำการปั่นส่วนผสมเข้าด้วยกันนั้นยังไม่สามารถทำให้ส่วนผสมเกิดฟองได้มากเท่าที่ควร

3. ส่วนผสมเกิดการแข็งตัวก่อนอย่างรวดเร็ว จนไม่สามารถเทส่วนผสมได้เต็มแม่พิมพ์และไม่สามารถตกแต่งผิวชิ้นงานให้มีผิวเรียบได้

4. ปริมาณแกลบที่ใส่ลงไปในส่วนผสมมากเกินไป จะส่งผลให้เนื้อของบรรจุภัณฑ์กันกระแทกมีความแข็งมาก และเนื้อวัสดุไม่มีความยืดหยุ่นที่สามารถจะทนต่อแรงกดและแรงกระแทกได้

5.3 การแก้ไขปัญหา

1. ไม่ควรเก็บวัสดุสำหรับใช้ในการผลิตไว้นาน หากจะทำการผลิตควรใช้วัสดุใหม่ เพื่อป้องกันไม่ให้โครงสร้างของเนื้อวัสดุเกิดการแปรสภาพไป

2. ปรับความเร็วรอบการปั่นส่วนผสมเข้าด้วยกันให้เหมาะสม เพื่อให้ส่วนผสมเกิดฟองมากที่สุดและทำให้ส่วนผสมทั้งหมดมีความสม่ำเสมอเป็นเนื้อเดียวกัน เพราะหากทำให้เกิดการก่อฟองมากก็จะส่งผลให้ความหนาแน่นของเนื้อวัสดุต่ำลง แต่ปริมาตรที่สามารถผลิตได้มากขึ้น

3. ทำการเพิ่มจำนวนคนในขั้นตอนของการเทส่วนผสมลงในแม่พิมพ์และตกแต่งผิวของเนื้อ

วัสดุ เพื่อให้ทันเวลาก่อนที่เนื้อวัสดุจะแข็งตัว

4. ทำการใส่ปริมาณแกลบให้เหมาะสม

5.4 ข้อเสนอแนะ

เนื่องจากบรรจุภัณฑ์กันกระแทกจากแกลบสำหรับใช้ในการขนส่งของผู้ผลิตมะม่วงน้ำดอกไม้ วัสดุที่ใช้ในการผลิตส่วนใหญ่มาจากธรรมชาติ อาจก่อให้เกิดการย่อยสลายอย่างรวดเร็ว และมีประสิทธิภาพต่ำกว่าบรรจุภัณฑ์กันกระแทกจากโฟมพอลีสไตรีน จึงมีข้อเสนอแนะดังนี้

1. ในอนาคตข้างหน้าทางคณะผู้วิจัยหวังว่าคงมีการพัฒนาบรรจุภัณฑ์กันกระแทกจากแกลบที่มีอายุการใช้งานยาวนานมากขึ้น เช่น การเติมสารเคมีบางชนิดลงไปในส่วนผสม หรือการเคลือบบรรจุภัณฑ์กันกระแทกจากแกลบด้วยสารเคมีบางชนิด แล้วสามารถช่วยให้อายุการใช้งานยาวนานเพิ่มขึ้น

2. ในอนาคตข้างหน้าทางคณะผู้วิจัยหวังว่าคงมีการพัฒนาประสิทธิภาพในการใช้งานบรรจุภัณฑ์กันกระแทกจากแกลบให้ดียิ่งขึ้น เช่น การศึกษาความเร็วรอบในการปั่นส่วนผสมให้เกิดการก่อฟองสูงที่สุด พร้อมกับทำให้ประสิทธิภาพในการใช้งานบรรจุภัณฑ์กันกระแทกจากแกลบเพิ่มขึ้น

บรรณานุกรม

[1] มะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง. (2558). [ออนไลน์]. แหล่งข้อมูล: http://www.thairath.co.th/content/481512. (วันที่ค้นข้อมูล: 12 กันยายน 2557).

[2] เคล็ดลับการผลิตมะม่วงน้ำดอกไม้คุณภาพดีและการเพิ่มผลผลิตเพื่อส่งออก. (2555). [ออนไลน์]. แหล่งข้อมูล: http://www.oknation.net/blog/horti-asia/2012/09/27/entry-9. (วันที่ค้นข้อมูล: 12 กันยายน 2557).

[3] การขนส่งมะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง. (มปป.). [ออนไลน์]. แหล่งข้อมูล: http://www.pk-siam.com/website/mart/fruits/mango/mango_exp.html. (วันที่ค้นข้อมูล: 12 กันยายน 2557).

[4] การขนส่งมะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง. (มปป.). [ออนไลน์]. แหล่งข้อมูล: http://www.pk-siam.com/website/mart/fruits/mango/mango_exp.html. (วันที่ค้นข้อมูล: 17 ธันวาคม 2557).

[5] นิรมล วิระเทพสุภรณ์. (2551). **การพัฒนาวัสดุกันกระแทกจากเศษกระดาษลูกฟูกเพื่อการขนส่งมะม่วงน้ำดอกไม้**. ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

[6] สุพจน์ ประทีปถิ่นทอง. (มปป.). [ออนไลน์]. แหล่งข้อมูล: http://www.mew6.com/composer/package/package_41.php. (วันที่ค้นข้อมูล: 17 ธันวาคม 2557).

[7] วัสดุกันกระแทก. (มปป.). [ออนไลน์]. แหล่งข้อมูล: http://www.foodnetworksolution.com/news_and_articles/article/. (วันที่ค้นข้อมูล: 17 ธันวาคม 2557).

[8] จิราภา เหลืองอรุณเลิศ. (2548). [ออนไลน์]. แหล่งข้อมูล: http://www.phtnet.org/article/view-article.asp?aID=23. (วันที่ค้นข้อมูล: 20 ธันวาคม 2557).

[9] แกลบ แกลบดำ ขี้เถ้าแกลบ. (มปป.). [ออนไลน์]. แหล่งข้อมูล: http://puechkaset.com/%E0%B9%81%E0%B8%81%E0%B8%A5%E0%B8%9A/ . (วันที่ค้นข้อมูล 16 กันยายน 2557).

[10] ยางธรรมชาติ. (2556). [ออนไลน์]. แหล่งข้อมูล: http://www.sc.mahidol.ac.th/tha/research/rubber.htm. (วันที่ค้นข้อมูล: 21 ตุลาคม).

[11] วรวุธ สุขมาก. (2552). **การพัฒนาวัสดุกันกระแทกจากยางฟองน้ำ**. ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีบรรจุภัณฑ์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. สงขลา.

[12] สุรศักดิ์ เทพทอง. (2550). **อิทธิพลของสารก่อเจลเสริมต่อการหดตัวและสมบัติของฟองน้ำยางธรรมชาติ**.วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เทคโนโลยีโพลิเมอร์) มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. สงขลา. 2545.

[13] ณัฐพงศ์ ขุนอาสา. (2553). **การพัฒนาแผ่นกันกระแทกจากเยื่อหญ้าแฝกผสมเยื่อเวียนทำใหม่ชุบโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตเพื่อยืดอายุกล้วยหอมทอง**. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการพิมพ์และบรรจุภัณฑ์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. กรุงเทพฯ.

[14] ทรงธรรม ไชยพงษ์. (2552). **การพัฒนาวัสดุกันช้ำจากกระดาษฝอยเพื่อปกป้องผลไม้จากการกระแทกและการจำแนกระยะการเจริญเติบโตของผลมะพร้าวอ่อนด้วยสมบัติทางกายภาพ, เชิงกล, สรีรวิทยา และเสียง**. ปริญญาปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

[15] วรัญญ ศรีเดช และเถวียน วิทยา. (2551). **ผลิตวัสดุกันกระแทกสำหรับบรรจุภัณฑ์จากขี้เลื่อย แป้งมันสำปะหลัง และน้ำยางพารา**. รายงานการวิจัยที่ได้รับทุนสนับสนุนจากสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.). มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. สงขลา.

[16] วีระศักดิ์ เลิศสิริโยธิน. (2554). **การพัฒนากรรมวิธีการผลิตวัสดุกันกระแทกย่อยสลายได้ในธรรมชาติจากแป้งมันสำปะหลัง**. รายงานการวิจัยที่ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ปีงบประมาณ 2548. สาขาวิชาวิศวกรรมเกษตร สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี. นครราชสีมา.

[17] ศุภกิตต์ สายสุนทร. (2550). **วิธีการทดสอบเพื่อประเมินความช้ำของแอปเปิ้ลจากการกระแทกและเปรียบเทียบวัสดุกันช้ำ**. ปริญญาปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

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

[19] หทัยกาญจน์ ใบนานา. (2552). **การศึกษาและพัฒนาบรรจุภัณฑ์กันกระแทกเครื่องแก้วจากกระดาษรีไซเคิลและเส้นใยธรรมชาติ**. วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. กรุงเทพฯ.

[20] อดุลย์ คล้ายหนู. (2545). **การทดลองผลิตวัสดุกันกระแทกประเภทชิ้นจากก้านใบเพื่อการบรรจุภัณฑ์**. วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาอุตสาหกรรมศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. กรุงเทพฯ.

ภาคผนวก

ประวัติคณะผู้วิจัย

1. ชื่อ-นามสกุล นางสาวสุวิมล เทียกทุม

2. หมายเลขบัตรประจำตัวประชาชน 5440600024595

3. ตำแหน่งปัจจุบัน พนักงานมหาวิทยาลัย

4. ตำแหน่งทางวิชาการ -

5. หน่วยงานและสถานที่อยู่ที่ติดต่อได้สะดวก

สาขาวิชาวิศวกรรมการผลิต คณะเทคโนโลยีการเกษตรและ เทคโนโลยี-อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ อ.เมือง จ. เพชรบูรณ์ 67000
โทรศัพท์ 056-717164, 089-7034659 Email : Mapheangvan@gmail.com

6. ประวัติการศึกษา

วศ.ม. (วิศวกรรมอาหาร)
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

7. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ

เทคโนโลยีการผลิต , การจัดการอุตสาหกรรม
การวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วม

ประวัติคณะผู้วิจัย

1. ชื่อ-นามสกุล นางสาวหทัยนุช จันทร์ชัยภูมิ

2. หมายเลขบัตรประจำตัวประชาชน 1670400078671

3. ตำแหน่งปัจจุบัน อาจารย์ประจำพิเศษ

4. ตำแหน่งทางวิชาการ -

5. หน่วยงานและสถานที่อยู่ที่ติดต่อได้สะดวก

สาขาวิชาวิศวกรรมการผลิต คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ อ.เมือง จ. เพชรบูรณ์ 67000

โทรศัพท์ 056-717164, 095-6305557 Email : Hathainuch.jan@gmail.com

6. ประวัติการศึกษา

วศ.ม. (วิศวกรรมการจัดการพลังงาน)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

7. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ

เทคโนโลยีการผลิต , การจัดการอุตสาหกรรม, การจัดการด้านพลังงาน

การวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วม