รายงานวิจัย

การพัฒนาบรรจุภัณฑ์จากเปลือกและส่วนเหลือใช้จากอุตสาหกรรมแปรรูปขนุน

Developing the packaging from Rind and Waste of Jackfruit Industry

คมเขต เพ็ชรรัตน์

ธัญญธร อินทร์ท่าฉาง

ทรงกลด จารุสมบัติ

รายงานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากเงินงบประมาณรายจ่ายประจำปี พ.ศ. 2558-2559

คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

(สงวนลิขสิทธิ์)

โครงการวิจัย

การพัฒนาบรรจุภัณฑ์จากเปลือกและส่วนเหลือใช้จากอุตสาหกรรมแปรรูปขนุน

Developing the packaging from Rind and Waste of Jackfruit Industry

คมเขต เพ็ชรรัตน์

ธัญญธร อินทร์ท่าฉาง

ทรงกลด จารุสมบัติ

รายงานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากเงินงบประมาณรายจ่ายประจำปี พ.ศ. 2558-2559

คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

(สงวนลิขสิทธิ์)

คำนำ

โครงการวิจัยเรื่อง “การพัฒนาบรรจุภัณฑ์จากเปลือกและส่วนเหลือใช้จากอุตสาหกรรมแปรรูปขนุน” อยู่ภายใต้แผนงานวิจัยเรื่อง “การพัฒนาศักยภาพขนุนเพื่อเพิ่มมูลค่าตามมาตรฐานสำหรับการส่งออก” ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2558 – 2559

การดำเนินงานได้รับความร่วมมือจากกลุ่มเกษตรกรและชาวบ้าน กลุ่มวิสาหกิจชุมชนบางตาโฉง จังหวัดสิงห์บุรี และข้อมูลสนับสนุนจาก สวนเกษตรทิพยสมบัติ ตำบลไทรโยค จังหวัดกาญจนบุรี

คณะผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่าผลการวิจัยนี้จะสามารถต่อยอดการนำเศษขนุนเหลือทิ้งจากการแปรรูปผลิตภัณฑ์อาหารไปใช้ประโยชน์โดยกลุ่มวิสาหกิจชุมชน กลุ่มโรงงานอุตสาหกรรม หรือผู้สนใจในการนำมาใช้ออกแบบผลิตภัณฑ์หรือบรรจุภัณฑ์เพื่อใช้ในเชิงธุรกิจ หรือในชีวิตประจำวันต่อไป

คณะผู้วิจัย

โครงการวิจัยเรื่อง การพัฒนาบรรจุภัณฑ์จากเปลือกและส่วนเหลือใช้จากอุตสาหกรรมแปรรูปขนุน
หัวหน้าโครงการ นายคมเขต เพ็ชรรัตน์
ผู้ร่วมโครงการ นางสาวธัญญธร อินทร์ท่าฉาง
นายทรงกลด จารุสมบัติ

บทคัดย่อ

การพัฒนาบรรจุภัณฑ์จากเปลือกและส่วนเหลือใช้จากอุตสาหกรรมแปรรูปขนุน มีวัตถุประสงค์เพื่อนำเศษขนุนที่ผ่านกระบวนการแปรรูปเพื่อเป็นอาหาร มาใช้ประโยชน์ผ่านกระบวนการออกแบบและผลิตจนได้ผลิตภัณฑ์เศษขนุนอัดแผ่นเพื่อใช้ในการทำบรรจุภัณฑ์ใส่อาหารหรือของใช้ในชีวิตประจำวัน

ในการออกแบบและพัฒนาบรรจุภัณฑ์เริ่มจากการศึกษาข้อมูล การออกแบบการทดลอง เพื่อเป็นแนวทางในการดำเนินการทดลองทำเศษขนุนอัดแผ่น และการออกแบบจัดทำผลิตภัณฑ์ต้นแบบบรรจุภัณฑ์ โดยพบว่าควรใช้ส่วนประกอบของเปลือก ซังขนุน แกนขนุน ผสมกันเพื่อให้แผ่นไม้มีคุณสมบัติที่เหมาะสม การใช้ส่วนหนึ่งส่วนใดในการนำมาอัดประสบปัญาในการจัดหาวัตถุดิบและคุณสมบัติที่เฉพาะตัวไม่เหมาะในการนำมาใช้จริง

คุณสมบัติของเศษขนุนอัด คือ มีความเหนียว ยืดหยุ่น แต่แข็งแรงพอในการนำมาใช้ออกแบบและผลิตบรรจุภัณฑ์ได้ดี และมีกลิ่นหอมของขนุนซึ่งเป็นเอกลักษณ์เฉพาะตัว

คำสำคัญ: การออกแบบบรรจุภัณฑ์ ขนุน เปลือกขนุน ส่วนเหลือใช้

Project Title Developing the packaging from Rind and Waste of Jackfruit Industry
Head of Project Khomkhate Pedcharat
Project Participants Tanyatron Intachang
Songklod Jarusombuti

Abstracts

Development of packaging from the shell, and the rest use from processing industry, jackfruit. The objective is to bring the debris to the jackfruit is the food. Use of design and manufacturing of sintered products, scrap plywood sheet, until Jack reached for the packaging of food, or of use in everyday life, to design and develop packaging started from the study data.

Design of experiments to guide the experiment operation catalyst, jackfruit, plate compactor and a product design template packaging. By found that Shell's components should be used. Skin of the jackfruit, core of the jackfruit, wood has the appropriate qualifications.

The use of any part in the compression is having trouble procuring raw materials and unique features not suitable to adopt the actual properties of plywood scrap jackfruit is sticky but strong enough flexibility in the design and manufacture of packaging and the smell of jackfruit, which is unique.

Keywords: packaging design, jackfruit, jackfruit peel, waste

สารบัญ

หน้า

คำนำ..... ก
บทคัดย่อภาษาไทย..... ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... ค
สารบัญ..... ง
สารบัญภาพ..... จ
สารบัญตาราง..... ช
บทที่ 1 บทนำ..... 1
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 4
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย..... 43
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล..... 49
บทที่ 5 สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ..... 58
ปีที่ 2 การถ่ายทอดเทคโนโลยี..... 60
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย (ปีที่ 2)..... 61
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล (ปีที่ 2)..... 67
บทที่ 5 สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ (ปีที่ 2)..... 73
บรรณานุกรม..... 75
ภาคผนวก ก. การทดลองทำวัสดุต้นแบบเพื่อออกแบบบรรจุภัณฑ์..... 76
ภาคผนวก ข. เอกสารประกอบการฝึกอบรม..... 94
ประวัตินักวิจัย..... 99

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	แสดงกรอบแนวคิดในการวิจัย	2
2	คุณภาพที่ดีขึ้นย่อมมีค่าใช้จ่ายในการควบคุมคุณภาพ	17
3	แสดงการทดสอบด้วยการชั่งน้ำหนัก	22
4	แสดงการทดสอบความต้านทานต่อแรงดึง	23
5	แสดงการทดสอบความต้านทานต่อแรงดันทะลุ	24
6	แสดงการทดสอบหาอัตราซึมผ่านของก๊าซ	25
7	แสดงการทดสอบหาอัตราการซึมผ่านของไอน้ำ	25
8	การทดสอบความแข็งแรงตามขอบของกระดาษลูกฟูก	27
9	การทดสอบการรับแรงกดในแนวราบของลอนลูกฟูก	28
10	แสดงการทดสอบประเภทของพลาสติกด้วยการใช้สารตัวทำละลาย	29
11	ตัวอย่างช่องทางการขนส่งสินค้า	37
12	การทดสอบการตกกระแทกบรรจุภัณฑ์จะตกลงมาจากที่วางคล้ายบานพับตามความสูงกำหนด	39
13	การทดสอบการสั่นสะเทือนโดยบรรจุภัณฑ์วางบนหิ้งที่สั่นสะเทือนไปตามลูกเบี้ยวที่อยู่ข้างล่าง	39
14	ความสามารถในการรับแรงกดในแนวดิ่งแปรตามปริมาณความชื้นในกระดาษ	40
15	ความสามารถในการรับแรงกดในแนวดิ่งแปรตามเวลา	41
16	แสดงลักษณะของส่วนเหลือทิ้งจากการผลิตขนุน	44
17	แสดงลักษณะของเปลือกขนุน	44
18	แสดงลักษณะของเนื้อแกนกลางขนุน	45
19	แสดงลักษณะซังขนุน และเม็ดขนุน	45
20	สรุปขั้นตอนการทำบรรจุภัณฑ์จากเศษขนุน	48
21	แสดงผลิตภัณฑ์อาหารซีเรียลจากขนุนในบรรจุภัณฑ์จากเศษขนุนเหลือทิ้ง	56
22	แสดงผลิตภัณฑ์อาหารซูชิจากขนุนในบรรจุภัณฑ์จากเศษขนุนเหลือทิ้ง	57
23	แสดงผลิตภัณฑ์อาหารซูชิจากขนุนในบรรจุภัณฑ์จากเศษขนุนเหลือทิ้งแบบปิดทึบและแบบใส	57
24	แสดงบรรจุภัณฑ์จากขนุนในบรรจุภัณฑ์จากเศษขนุนเหลือทิ้ง	59
25	แสดงผู้เข้าอบรมลงทะเบียนเข้าร่วมการอบรม	62
26	แสดงบรรยากาศการบรรยายที่มาของโครงการวิจัย	63
27	แสดงบรรยากาศการอธิบายขั้นตอนการปฏิบัติงานของผู้อบรม	64
28	แสดงวัตถุดิบ อุปกรณ์และผลิตภัณฑ์ในการอบรม	65
29	แสดงการส่งมอบผลงานสำเร็จของผู้เข้าอบรม	65
30	แสดงบรรยากาศผลงานความสำเร็จของผู้เข้าอบรม	66

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	แสดงหน้าที่ของบรรจุภัณฑ์ด้านเทคนิคและด้านการตลาด	13
2	แสดงจุดมุ่งหมายของบรรจุภัณฑ์	14
3	แสดงการแปลงหน่วยของอัตราการซึมผ่านของไอน้ำ	26
4	วิธีการทดสอบหาประเภทของพลาสติกด้วยการลนไฟ	29
5	ประเภทของพลาสติกที่ละลายในสารตัวทำละลาย	30
6	ความถ่วงจำเพาะของพลาสติกประเภทต่างๆ	31
7	แสดงความจุและค่าการเปลี่ยนขนาดของกระป๋องที่นิยมใช้ในการบรรจุผักและผลไม้กระป๋อง	32
8	แสดงการทดสอบประเมินความสามารถของบรรจุภัณฑ์จากน้ำหนัก และความสูงที่ปล่อยตก	38
9	แสดงการวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพของเศษขนุนด้วยกล้องจุลทรรศน์ขยายภาพ 40X	49
10	แสดงการวิเคราะห์ผลการอัดเศษขนุน	50
11	แสดงผลการทดสอบความชื้น ความหนาแน่น ของเศษขนุนอัดแผ่น	52
12	**แสดง**ผลการทดสอบค่า MOR และ MOE ของเศษขนุนอัดแผ่น	53
13	แสดงผลการทดสอบค่า IB ของเศษขนุนอัดแผ่น	54
14	แสดงผลการทดสอบค่า TS ของเศษขนุนอัดแผ่น	55
15	แสดงข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม N=30	67
16	แสดงข้อมูลความต้องการรับการถ่ายทอดเทคโนโลยี N=30	69
17	แสดงข้อมูลความประสงค์รับการถ่ายทอดเทคโนโลยี N=30	69
18	แสดงค่าความถี่ และค่าร้อยละ ของระดับความพึงพอใจเกี่ยวกับด้านกระบวนการให้บริการ ด้านวิทยากร และสิ่งอำนวยความสะดวก	70

บทที่ 1
บทนำ

ความสำคัญและที่มาของปัญหา

ขนุนมีชื่อภาษาอังกฤษว่า แจ็คฟรุ๊ต (Jack fruit) และมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Artoaurpus heterophyllus Lank* หรือ *Artoaurpus intigifolia Lank* ขนุนจะมีปลูกทั่วไปในทุกภาคของประเทศไทย ขนุนเป็นไม้ผลอีกชนิดหนึ่งที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจและนิยมปลูก และรับประทานกันมาก เป็นไม้ผลยืนต้นขนาดใหญ่ที่สามารถปลูก และดูแลรักษาง่าย เจริญเติบโตรวดเร็ว สามารถเจริญเติบโตได้ในทุกสภาพพื้นที่ของประเทศไทย แต่ต้องไม่มีน้ำท่วมขัง และดินต้องมีการระบายน้ำดี สามารถขึ้นได้ในดินเกือบทุกชนิด สามารถปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมได้ค่อนข้างดีและทนทานต่อสภาพแห้งแล้งได้ดี จึงทำให้มีพื้นที่ปลูกขนุนกระจายอยู่ทั่วทุกภาคของประเทศ โดยเฉพาะเขตพื้นที่ซึ่งเป็นดินดอน มีการระบายน้ำ และสภาพแวดล้อมไม่แห้งแล้งจนเกินไป เขตที่ปลูกขนุนมาก ๆ ได้แก่ จังหวัดชลบุรี ตราด ระยอง ราชบุรี กาญจนบุรี ซึ่งพื้นที่เหล่านี้ปลูกขนุนหนังเป็นส่วนใหญ่ ส่วนจังหวัดปราจีนบุรี พิจิตร ชุมพร ประจวบคีรีขันธ์ สงขลา เป็นการปลูกขนุนรุ่นใหม่

คุณวุฒิวิวัฒน์ เอกพุทธิวัฒน์ กรรมการผู้จัดการ สวนเกษตรทิพยสมบัติ จำกัด ซึ่งเป็น ธุรกิจด้านสวนเกษตรเชิงอนุรักษ์ ในเครือพิกุลทองล่ำซำ ตั้งอยู่ที่ ต.ไทรโยค อ.ไทรโยค จ.กาญจนบุรี สวนแห่งนี้มีพื้นที่กว่า 1,000 ไร่ ให้ข้อมูลว่า มีผลผลิตที่สำคัญคือ ขนุนพันธุ์ทองประเสริฐ, ไผ่กิมซุ่ง, ไผ่ตง, กล้วยน้ำว้า, มะพร้าวน้ำหอม และอื่นๆ สนใจที่จะเพิ่มมูลค่าแก่ผลผลิตขนุนมีจำนวนมาก ในปัจจุบันทางสวนเกษตรทิพยสมบัติมีการส่งจำหน่าย ขนุนคัดเกรดทั้งลูกที่ไม่แกะเปลือกราคา 35 บาทต่อกิโลกรัม ส่งออกประเทศจีน ส่วนขนุนคัดเกรดส่งขายภายในประเทศราคา 15 บาท/กิโลกรัม ขนุนที่ตกเกรดที่มีจำนวนร้อยละ 5 ราคา 3-5 บาทต่อกิโลกรัม โดยมีช่องทางจำหน่ายเป็นของตนเองที่ตลาดสี่มุมเมืองโดยขายทั้งลูก

การนำขนุนมาใช้ในการแปรรูปเพื่อเป็นอาหาร เช่น การอบแห้ง การเชื่อม การทอดกรอบ จะมีส่วนเหลือใช้จากกระบวนการผลิตหลายส่วน เช่น เปลือก ซัง และแกนในลูกขนุน

ดังนั้นทางผู้วิจัยร่วมกับ สวนเกษตรทิพยสมบัติ ต้องการนำส่วนเหลือใช้ในการแปรรูปขนุนมาผลิตวัสดุที่ใช้ในการออกแบบบรรจุภัณฑ์ เพื่อป้องกันความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นในการขนส่งขนุน ประกอบด้วย แบบกล่องบรรจุภัณฑ์ขนาดใหญ่ และแบบถุงบรรจุภัณฑ์ที่ใช้ห่อลูกขนุน

วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

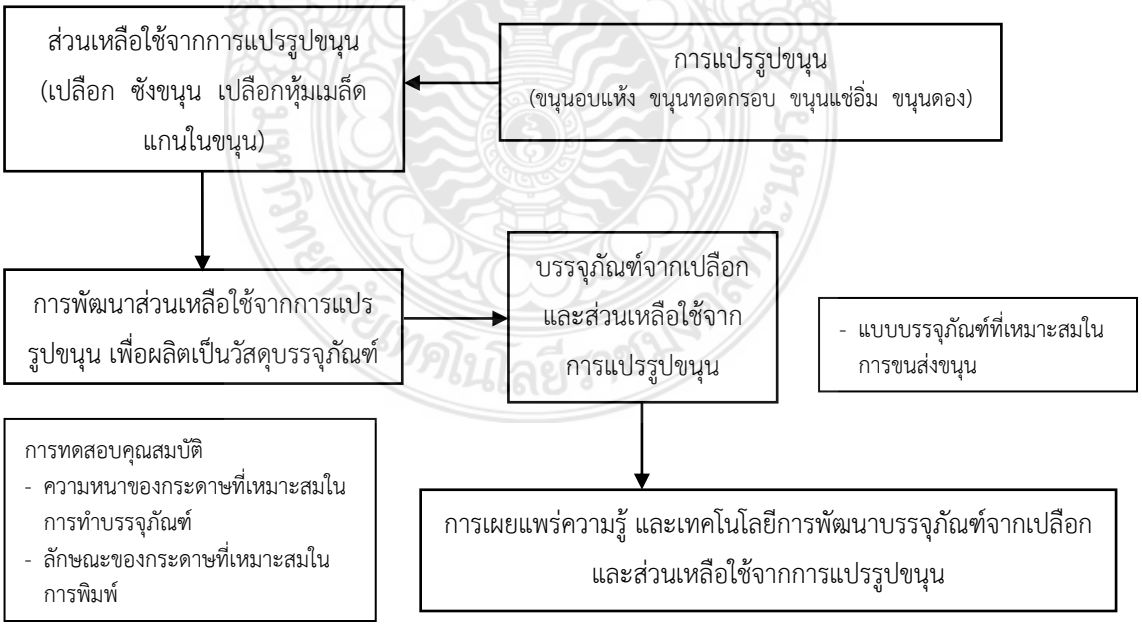
1. เพื่อพัฒนาวัสดุในทำบรรจุภัณฑ์จากเปลือกและสิ่งเหลือใช้ในการแปรรูปขนุน
2. เพื่อออกแบบบรรจุภัณฑ์เพื่อการขนส่งลูกขนุนจากเปลือกและส่วนเหลือใช้ในการแปรรูปขนุน
3. เพื่อถ่ายทอดเทคโนโลยีการพัฒนาผลิตภัณฑ์และบรรจุภัณฑ์จากเปลือกและส่วนเหลือใช้ในการแปรรูปขนุนสู่ชุมชน

ขอบเขตของโครงการวิจัย

การพัฒนาบรรจุภัณฑ์จากเปลือกและส่วนเหลือใช้จากการแปรรูปขนุน ศึกษาหลักการแปรรูปเปลือกและส่วนเหลือใช้อื่นๆ เช่น ซังขนุน แกนขนุน เพื่อใช้ทำวัสดุในการผลิตบรรจุภัณฑ์บรรจุลูกขนุน โดยศึกษาและวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพของวัสดุบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมกับการนำไปออกแบบบรรจุภัณฑ์ วิเคราะห์รูปแบบของบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมในการขนส่งขนุน เป็นต้น

กรอบแนวความคิดของโครงการวิจัย

เพื่อต้องการนำขนุนมาแปรรูปเป็นวัสดุที่ใช้ในการผลิตบรรจุภัณฑ์ ที่สร้างความน่าสนใจและก่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดต่อสังคมและประเทศไทย



ภาพที่ 1 แสดงกรอบแนวคิดในการวิจัย

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทราบแนวทางในการนำวัตถุดิบมาเพิ่มมูลค่าสูงสุด ในการแปรรูปเป็นวัสดุบรรจุภัณฑ์ เพื่อใช้ในการทำบรรจุภัณฑ์ขนุนเพื่อการขนส่ง
2. ลดทรัพยากรที่เหลือใช้แก่ชุมชน และเป็นอีกทางเลือกในการเพิ่มรายได้แก่เกษตรกรและชุมชน

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ข้อมูลเกี่ยวกับขนุน

ขนุนมีชื่อภาษาอังกฤษว่า แจ็คฟรุ๊ต (Jack fruit) และมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Artoaurpus heterophyllus Lank* หรือ *Artoaurpus intigifolia Lank* ขนุนจะมีปลูกทั่วไปในทุกภาคของประเทศไทย ขนุนเป็นไม้ผลอีกชนิดหนึ่งที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจและนิยมปลูก และรับประทานกันมาก เป็นไม้ผลยืนต้นขนาดใหญ่ที่สามารถปลูก และดูแลรักษาง่าย เจริญเติบโตรวดเร็ว สามารถเจริญเติบโตได้ในทุกสภาพพื้นที่ของประเทศไทย แต่ต้องไม่มีน้ำท่วมขัง และดินต้องมีการระบายน้ำดี สามารถขึ้นได้ในดินเกือบทุกชนิด สามารถปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมได้ค่อนข้างดีและทนทานต่อสภาพแห้งแล้งได้ดี จึงทำให้มีพื้นที่ปลูกขนุนกระจายอยู่ทั่วทุกภาคของประเทศ โดยเฉพาะเขตพื้นที่ซึ่งเป็นดินดอน มีการระบายน้ำ และสภาพแวดล้อมไม่แห้งแล้งจนเกินไป เขตที่ปลูกขนุนมาก ๆ ได้แก่ จังหวัดชลบุรี ตราด ระยอง ราชบุรี กาญจนบุรี ซึ่งพื้นที่เหล่านี้ปลูกขนุนหนังเป็นส่วนใหญ่ ส่วนจังหวัดปราจีนบุรี พิจิตร ชุมพร ประจวบคีรีขันธ์ สงขลา เป็นการปลูกขนุนรุ่นใหม่

ขนุนเป็นไม้ผลอีกชนิดหนึ่งที่นิยมปลูกกันมาก ปัจจุบันมีพันธุ์ที่ปลูกเป็นการค้ามากมายหลายพันธุ์ แต่พันธุ์ที่เหมาะสำหรับปลูกภายในบริเวณบ้านได้แก่ พันธุ์ทองสุดใจ พันธุ์จำปากรอบ พันธุ์แดงรัศมี และพันธุ์ละแม เป็นต้น เนื่องจากพันธุ์ขนุนดังกล่าวนี้ให้ผลดก ผลมีขนาดไม่ใหญ่มากเหมาะสำหรับการบริโภคในครัวเรือน การเลือกซื้อต้นพันธุ์ควรเลือกซื้อต้นพันธุ์ที่ขยายพันธุ์โดยวิธีการติดตาหรือเสียบกิ่งเพราะจะได้ต้นตอที่มีรากแก้ว ขนุนจัดเป็นไม้ผลอีกชนิดหนึ่งที่ดูแลรักษาได้ง่าย มีทรงพุ่มที่ทึบและให้ร่มเงาดี ควรมีการตัดแต่งกิ่งบ้างเพื่อให้ได้ทรงต้นที่มีขนาดเหมาะสมกับบริเวณบ้าน ขนุนเป็นไม้ผลที่คนไทยทั่วไปรู้จัก ขนุนเป็นไม้ผลที่นิยมรับประทานกันมาก เนื่องจากมีรสชาติและสีของเนื้อที่ถูกกับคนไทยที่นิยมผลไม้ที่มีเนื้อออกสีเหลืองทอง หรือเนื้อออกสีแดง ที่มีรสชาติหวานจัด กรอบ มีกลิ่นหอม ผลของขนุนสามารถนำมาบริโภคได้ทั้งผลสุกและผลอ่อน และสามารถรับประทานได้ตั้งแต่ส่วนของเนื้อไปจนถึงซัง ส่วนมากจะรับประทานขนุนเป็นผลไม้สด และเนื้อผลสุกยังสามารถนำมาผสมกับอาหารประเภทอื่นให้มีรสชาติมากขึ้น เช่น ไอศกรีม รวมมิตร ลอดช่อง เป็นต้น นอกจากนี้เนื้อผลสุกยังสามารถนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ และเป็นของหวานได้อีกหลายรูปแบบ เช่น ขนุนกวน ทำแยม ขนุนแผ่น ขนุนแช่อิ่ม ขนุนเชื่อม ขนุนอบแห้ง ข้าวเกรียบขนุน ขนุนในน้ำเชื่อมบรรจุกระป๋อง ฯลฯ เมล็ดของขนุนหลังจากแกะเอาเนื้อไปรับประทานแล้ว นำมาต้มใส่เกลือ

รับประทานได้ สำหรับผลขนุนอ่อนสามารถใช้ประกอบอาหารได้หลายชนิด เช่น เป็นผักจิ้ม แกงคั่ว แกงส้ม และทำซุปขนุน

ขนุนเป็นผลไม้เมืองร้อนขนาดใหญ่ ที่กำลังมีความสำคัญทางเศรษฐกิจอีกชนิดหนึ่ง รสชาติของขนุนหอมหวานน่ารับประทานสีของเนื้อยวงสวยงามเป็นที่นิยมของคนไทย ถึงแม้ว่าขนุนจะไม่ใช่ไม้ผลดั้งเดิมของบ้านเมือง แต่ก็มีการปลูกกันมาตั้งแต่สมัยโบราณ ทั้งนี้เนื่องจากขนุนเป็นต้นไม้ที่ปลูกง่าย เจริญเติบโตเร็ว สามารถขึ้นได้ดีในดินทุกชนิด และทนต่อสภาพแห้งแล้งได้ดี

ขนุนเป็นไม้ผลยืนต้นขนาดใหญ่ สามารถเจริญเติบโตได้ในทุกสภาพพื้นที่ของประเทศไทย สภาพของดินที่ใช้ปลูกที่เหมาะสมควรมี pH อยู่ระหว่าง 5.5-7.5 ดินควรเป็นดินร่วน หรือดินร่วนปนทราย มีการระบายน้ำดี โดยจะเริ่มให้ผลเมื่ออายุประมาณ 4 ปี สามารถให้ผลต่อไปได้อย่างต่อเนื่องไม่ต่ำกว่า 25 ปี อายุตั้งแต่เริ่มออกดอกถึงดอกบานใช้เวลา 20-25 วัน หลังดอกบานผลจะแก่เมื่ออายุ 120-150 วัน ผลผลิตเฉลี่ยต่อต้นเมื่ออายุประมาณ 10 ปี อยู่ระหว่าง 25-30 ผล น้ำหนักต่อผลมีตั้งแต่ 5-50 กิโลกรัม ฤดูกาลเก็บเกี่ยวผลผลิต ถ้าเป็นขนุนในฤดูจะเก็บเกี่ยวได้ตั้งแต่เดือน มกราคม-พฤษภาคม และถ้าเป็นขนุนนอกฤดูจะเก็บเกี่ยวได้ตั้งแต่เดือนมิถุนายน-ตุลาคม (นฤชิต, 2529)

ในอดีตที่ผ่านมานั้น ไม่นิยมปลูกขนุนเป็นสวนเพื่อการค้าอย่างจริงจัง ไม่เหมือนกับไม้ผลอื่นๆ แต่จะนิยมปลูกขนุนสลับกับผลไม้อื่น หรือปลูกไว้ในสวนหลังบ้านเพียงครอบครัวละสองสามต้น เกษตรกรเพิ่งเริ่มให้ความสนใจปลูกขุนกันมากขึ้นเมื่อประมาณ 20 ปีมานี้เอง โดยมีการคัดเลือกพันธุ์ดีมาปลูก และเริ่มมีการทำสวนขนุนกันอย่างเป็นล่ำเป็นสัน พื้นที่การปลูกขนุนก็ขยายปริมาณเพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ ทุกปี จากการสำรวจของกรมส่งเสริมการเกษตรพบว่า ในปี 2534 ประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกขนทั้งหมดประมาณ 260,000 ไร่ ได้ผลผลิตทั้งหมดประมาณ 56,000,000 ผล เฉลี่ยแล้วประมาณ 350 ผลต่อไร่ พื้นที่ปลูกขนุนกระจัดกระจายอยู่ทั่วทุกภาคของประเทศ จังหวัดที่มีการปลูกขนุนมากที่สุดคือ จังหวัดชลบุรี โดยมีพื้นที่ปลูกรวมทั้งสิ้นประมาณ 33,000 ไร่ ผลผลิตรวมทั้งจังหวัดประมาณ 13,000,000 ผล เฉลี่ยแล้วได้ผลผลิต 500 ผลต่อไร่

จากข้อมูลตัวเลขของพื้นที่การปลูกขนุน จะเห็นว่าเกษตรกรได้ให้ความสนใจปลูกขนุนกันมากขึ้นเรื่อยๆ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการปลูกไม้ผลอื่นๆ เริ่มประสบปัญหาเรื่องโรคแมลงรบกวนและราคาขายผลผลิตลดลง แต่สำหรับขนุนอาจกล่าวได้ว่าเป็นไม้ผลที่มีปัญหาเรื่องโรคแมลงน้อยที่สุดในบรรดาไม้ผลเมืองร้อนทุกชนิด ประกอบกับฤดูการสุกแก่ของขนุนบางช่วงไม่ตรงกับไม้ผลอื่น จึงสามารถขายได้ในราคาค่อนข้างสูง อย่างไรก็ตามขนุนที่ปลูกกันอยู่ในปัจจุบัน ส่วนใหญ่จะเป็นขนุนพันธุ์พื้นเมืองที่ปลูกกันมานานแล้ว ซึ่งเป็นพันธุ์ให้ผลผลิตต่ำ คุณภาพไม่ค่อยดีนัก และผลผลิตที่ได้ยังไม่เพียงพอกับความต้องการของตลาดในประเทศ โดยเฉพาะความต้องการบริโภคสด มีสวนขนุนเพียงไม่กี่แห่งเท่านั้นที่มีการปลูกขนุนพันธุ์ที่ตลาดต้องการ หรือปลูกขนุนพันธุ์ดีที่ผ่านการคัดเลือกปรับปรุงพันธุ์แล้ว สามารถให้ผลผลิตสูงคือมีการออกดอกติดผลได้มากกว่า 1ครั้งต่อปี ดังนั้นหากมีการนำวิทยาการที่ดีมา

ใช้ในการคัดเลือกปรับปรุงพันธุ์ และคุณภาพของผลผลิต ให้ดีตรงกับความต้องการของผู้บริโภค ตลอดจนมีการปฏิบัติดูแลรักษาที่ถูกต้องตามหลักวิชาการแล้ว จะทำให้ผลผลิตไร่ของขนุนสูงขึ้นกว่าที่เป็นอยู่ สามารถมีขนุนออกสู่ตลาดได้ในปริมาณที่มากและสม่ำเสมอ ทำรายได้ให้แก่เกษตรกรผู้ปลูกปีหนึ่งๆ ไม่น้อยหน้าไม้ผลเศรษฐกิจอื่นๆ

ขนุนเป็นไม้หนึ่งในสี่ไม้มงคลของไทย นิยมปลูกตามหลังบ้าน เพราะมีความเชื่อว่า ต้นขนุนจะคอยหนุนเนื่องไม่ให้ติดขัดขาดแคลน ยามใดมีผลผลิตก็เก็บกินได้ มีมากก็ขาย

1.1 การจำแนกชนิดของขนุน

การจัดแบ่งชนิดของขนุนที่มีปลูกในประเทศไทย ยังไม่มีหลักเกณฑ์ที่แน่นอน เนื่องจากในอดีตที่ผ่านมาผู้คนไม่ค่อยให้ความสนใจที่จะคัดเลือกปรับปรุงพันธุ์ขนุนให้มีลักษณะดี ประกอบกับวิธีการขยายพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศที่ได้ผลดี ยังไม่เป็นที่นิยมและรู้จักกันในหมู่ชาวสวน ซึ่งการขยายพันธุ์ด้วยเมล็ดทำให้ขนุนเกิดการแปรปรวนทางพันธุกรรมมาก มีทั้งลักษณะที่ดีและไม่ดี แต่ในปัจจุบันได้มีการแบ่งขนุนโดยยึดหลักตามลักษณะคุณภาพและขนาดของผล ออกเป็น 3 ชนิดใหญ่ๆ ดังนี้

1.1.1 ขนุนป่า มีลักษณะลำต้นสูงใหญ่กว่าขนุนบ้านมาก ทรงต้นจะสูงชะลูดเกือบเท่าต้นยาง เพราะไม่มีกิ่งกระโดงมาก ทรงพุ่มจึงไม่กว้าง แต่มีลำต้นขนาดใหญ่ ใช้แกะทำจะเข้ ซึ่งเป็นเครื่องดนตรีชนิดหนึ่งมี 3 ขา มีสายสำหรับดีด ใช้ทำตู้ โต๊ะ แก่นใช้ย้อมสบง จีวรพระ ผลขนุนป่ากินไม่ได้

1.1.2 ขนุนบ้าน มีลักษณะลำต้นคล้ายขนุนป่ามาก แต่ลำต้นเตี้ยกว่าขนุนป่า กิ่งกระโดงมีน้อย กิ่งค่อนข้างสั้น แก่นใช่ย้อมผ้าได้เช่นเดียวกับขนุนป่า แต่จะใช้ทำจะเข้ไม่ค่อยได้เพราะต้นมีขนาดใหญ่หายาก ผลมีรสชาติหวานดีมาก สามารถใช้รับประทานได้ทั้งผลดิบและผลสุก เวลาสุกผลจะมีสีเหลือง กลิ่นหอม รสชาติของเนื้อจะหวาน ขนุนบ้านโดยทั่วๆ ไปแล้ว จะแบ่งออกเป็น 2 อย่าง ตามลักษณะของเนื้อเวลาสุก คือ

- ขนุนละมุด เป็นขนุนที่มีผลเล็ก ลักษณะของผลค่อนข้างกลม มีหนามถี่และแหลม ในระยะเวลาที่ผลแก่แล้ว ผิวเปลือกจะมีสีเขียวอมเหลือง สีน้ำตาลเหมือนขนุนหนัง เวลาสุกยวงจะอ่อนนุ่ม เนื้อเละและเหนียวเล็กน้อย รสชาติของเนื้อขนุนละมุดจะออกหวานจัด มีกลิ่นฉุน ซึ่งเนื้อนั้นจะเหมาะสำหรับใช้กวนทำแยมขนุน เวลารับประทานขนุนพันธุ์นี้เกือบจะไม่ต้องเคี้ยวเลย สามารถกลืนได้ง่าย ขนุนละมุดเป็นขนุนเปลือกบาง เมื่อผลสุกแล้วเวลารับประทานสามารถใช้มือฉีกและดึงไส้ออกได้สะดวก ขนุนชนิดนี้ไม่สามารถแกะยวงเอาเมล็ดออกให้เหลือแต่ส่วนของเนื้อ โดยอยู่ในสภาพยวงอย่างเดิมได้ การขายจึงไม่ได้ราคา ส่วนมากจะขายเป็นผลขนุนอ่อนหรือขนุนดิบเท่านั้น

- ขนุนหนัง คือขนุนที่นิยมรับประทานหรือปลูกทั่วไปในสวนและตามบ้านจะมีลักษณะของเนื้อแข็งกรอบ ไม่เละสามารถแกะออกเป็นยวงๆ และเอาเมล็ดออก โดยที่เนื้อของขนุนจะไม่ช้ำ

เป็นขนุนที่เหมาะสมจะนำไปแช่เย็นหรือเอาเนื้อของขนุนไปชุบน้ำตาลอบแห้ง หรืออัดลงในกระป๋องเป็นขนุนแช่อิ่ม ยวงของขนุนหนังจะมีทั้งหนาและบาง มีสีเหลืองอ่อน สีจำปา สีเหลืองเข้มตามชนิดของสายพันธุ์ ถ้าขนุนที่มีเนื้อสีดอกจำปาเรียกว่า ขนุนจำปา ถ้ายวงมีสีขาวเรียกว่า ขนุนฝ้าย

1.1.3 ขนุนจำปาดะ พบมากที่สุดทางภาคใต้ ต้นใบและผลคล้ายขนุนหนังมาก ผลเล็กกว่าขนุนผลยาว หนามที่ผลเล็ก เปลือกบางมียางน้อยกว่าขนุนบ้าน (เมื่อสุกเกือบไม่มียาง) เวลาสุกเปลือกฉีกออกง่าย ปลายยวงไม่ติดกับเปลือกผล ฐานยวงติดกับแกนกลางหรือไส้ของผล เมื่อผ่าแบะผลออกแล้วดึงขั้วของแกนกลางผลยวงจะติดออกมากับแกนกลางทั้งหมด เปลือกกับยวงแยกออกจากกัน เนื้อค่อนข้างเละรสชาติหวานหอมถึงฉุนมาก ให้ผลดกมากในแต่ละต้น นิยมบริโภคทางภาคใต้

พันธุ์ขนุนที่นิยมปลูกเป็นการค้ากันมากในปัจจุบัน ส่วนมากอยู่ในกลุ่มของขนุนหนัง ซึ่งมีอยู่ด้วยกันมากมายหลายพันธุ์กระจัดกระจายทั่วไป ทั้งนี้เนื่องจากขนุนเป็นไม้ผลที่คนไทยปลูกกันมานานหลายร้อยปี ในอดีตการปลูกขนุนโดยทั่วไปนิยมปลูกด้วยการเพาะเมล็ดทั้งสิ้น เพราะการขยายพันธุ์ด้วยวิธีอื่นยังไม่ได้เป็นที่รู้จักและนิยมใช้กับขนุนเหมือนดังเช่นปัจจุบัน ทำให้ขนุนเกิดการกลายพันธุ์ขึ้นมากมายลักษณะขนาด รูปร่างผล และเนื้อยวงที่แตกต่างไปจากเดิมมีทั้งดีและเลวลง และเมื่อการขยายพันธุ์โดยวิธีการแบบไม่ใช้เพศ เช่นการติดตา ทาบกิ่ง หรือการเปลี่ยนยอด เริ่มเป็นที่นิยมและรู้จักกันทั่วไปในหมู่ผู้ปลูกขนุน จึงได้มีการคัดเลือกขนุนต้นใหม่ที่มีลักษณะดีเด่น แล้วขยายพันธุ์มาปลูกทำให้เกิดขนุนพันธุ์ใหม่ๆขึ้นมาหลายพันธุ์ แต่ละพันธุ์มีการเรียกชื่อต่างกันไปตามชื่อสถานที่ปลูก ชื่อเจ้าของผู้ปลูก ตลอดจนลักษณะรูปร่างของผลหรือสีของเนื้อยวง แต่พันธุ์ที่นิยมปลูกกันมากและน่าสนใจมีดังนี้

1.2 พันธุ์ของขนุน

1.2.1 พันธุ์ตาบ๊วย ถือเป็นต้นกำเนิดของขนุนที่มีชื่อเสียงอีกหลายพันธุ์ในปัจจุบัน เช่น พันธุ์ฟ้าถล่ม พันธุ์อีถ่อ และพันธุ์จำปากรอบ เป็นต้น ถิ่นกำเนิดของขนุนพันธุ์นี้ยังไม่มีหลักฐานเป็นที่แน่ชัดสายหนึ่ง เป็นพันธุ์จากบางปะกอก เขตราษฎร์บูรณะลักษณะลำต้นขนาดใหญ่ ทรงพุ่มเตี้ย ใบค่อนข้างกลมหนาเป็นมันมีขนเล็กน้อยไม่ค่อยสากมือ ผลมีรูปทรงคล้ายไหกระเทียมดองหรือผลมะกอกฝรั่ง ติดผลดกมากพอสมควร ให้ผลผลิตประมาณ 20 -80 ผลต่อปี การผสมเกสรติดดี ผิวผลไม้มีแป้วเสมอกันทุกด้าน หนาค่อนข้างใหญ่ เนื้อสีเหลือง ยวงแห้งกรอบ เมล็ดเล็กซังมีสีค่อนข้างขาว เป็นพันธุ์ที่มีความทนทานต่อสภาพดินเป็นกรดได้ดีกว่าพันธุ์อื่นๆ

สายหนึ่งต้นดั่งเดิมอยู่ที่ตำบลตะนาวศรี ปัจจุบันได้เปลี่ยนเป็นตำบลสวนใหญ่ จ.นนทบุรี ซึ่งเดิมทีขนุนพันธุ์นี้มีชื่อว่า จำปาดะ แต่คนส่วนมากเรียกว่าขนุนตาบ๊วยตามชื่อเจ้าของ และเป็นขนุนที่มียวงและซังสีจำปา เนื้อรสชาติหวานแต่ไม่หวานจัด ลักษณะด้อยของพันธุ์นี้คือ หากเลี้ยงผลไว้จนแก่จัด

แล้วผลมักจะแตก แต่ถ้าเก็บผลในขณะที่ยังไม่แก่ ซังจะเป็นสีขาว ปัจจุบันขนุนตาบ๊วยจริงๆหายากมาก เพราะชาวสวนโค่นทิ้งแล้วปลูกทุเรียนแทนกันหมด ขนุนตาบ๊วยที่มีปลูกกันอยู่ไม่ใช่ตาบ๊วยต้นเดิม แต่เป็นพันธุ์ที่ได้จากการนำเอาเมล็ดขนุนตาบ๊วยมาปลูก มีลักษณะเป็นผันแปรไปจากเดิม ซึ่งมีทั้งขนุนที่มีเนื้อยวงสีจำปา และสีเหลืองไม่แน่นอน

1.2.2 พันธุ์ฟ้าถล่ม ต้นดั้งเดิมของขนุนพันธุ์นี้ เป็นขนุนกลายพันธุ์มาจากการนำเอาขนุนตาบ๊วยมาเพาะเมื่อประมาณ 60 ปีที่แล้วมาไปปลูกที่อำเภอเมือง จังหวัดปราจีนบุรี ได้ต้นขนุนเป็นจำนวนมากแต่ที่มีลักษณะดีกว่าต้นอื่นๆอยู่ 2 ต้น ต้นแรกปลูกด้านส่วนในของสวนเรียกว่า ขนุนต้นใน มีลักษณะเหมือนขนุนพันธุ์ตาบ๊วยเดิม ผลมีขนาดใหญ่ รูปร่างกลมคล้ายลูกฟุตบอลยวงใหญ่และหนา แต่ที่แตกต่างไปจากเดิมก็คือสีของเนื้อจะแปรเปลี่ยนเป็นสีเหลือง แทนที่จะเป็นสีจำปาเหมือนต้นแม่ ขนุนต้นในนี้มีลักษณะด้อยอยู่อีกอย่างหนึ่งคือ เมื่อตกผลแล้วมักมีเมล็ดงอกอยู่ภายในผลที่เริ่มสุก ทำให้เนื้อยวงมีกลิ่นเหม็นเขียวปะปนและความหวานลดลง

ส่วนอีกต้นหนึ่งปลูกอยู่ด้านนอกของสวนเรียกว่า ขนุนต้นนอก มีลักษณะที่เด่นคือ ผลมีขนาดใหญ่ มีน้ำหนักตั้งแต่ 20 กิโลกรัมขึ้นไป รูปร่างกลมรีคล้ายไข่ ยวงใหญ่และหนาสม่ำเสมอไม่ว่าจะเป็นผลเล็กหรือผลใหญ่ เนื้อมีสีเหลืองทอง รสชาติหวานจัดกรอบอร่อย มีเปอร์เซ็นต์น้ำตาลสูงมาก คุณภาพของยวงแม้ว่าจะแกะเอาเมล็ดออกแล้วนำไปเก็บในตู้เย็นนาน 3-7 วัน ยวงก็ยังแข็งกรอบอยู่ไม่เหนียวเละ เหมาะสำหรับใช้ทำเป็นขนุนแช่แข็งส่งออกขายต่างประเทศ ในปัจจุบันเมื่อกล่าวถึงขนุนพันธุ์ฟ้าถล่มก็จะหมายถึงขนุนต้นนอกนี้ ซึ่งนับเป็นขนุนที่มีชื่อเสียงมากพันธุ์หนึ่ง โดยมักจะประกวดได้รางวัลที่ 1,2,3 แทบทุกครั้งที่มีการส่งประกวด และเป็นที่ได้รับการนิยมปลูกกันอย่างแพร่หลายจนถึงปัจจุบัน

1.2.3 พันธุ์ทองสุดใจ เป็นขนุนที่มีถิ่นกำเนิดในจังหวัดปราจีนบุรีอีกพันธุ์หนึ่ง แต่ต้นแม่ดั้งเดิมยังไม่ทราบประวัติความเป็นมาที่แน่นอน ลักษณะทรงพุ่มขนาดปานกลาง ลำต้นไม่สูงมากนัก พุ่มโปร่งมีใบเรียวเล็ก ซึ่งแตกต่างกับขนุนพันธุ์อื่น เนื้อมีรสชาติหวาน ยวงสีสันสวย ผลดกขนาดใหญ่ มีน้ำหนักเฉลี่ย 25 กิโลกรัมต่อผล ลักษณะผลกลมเรียบสม่ำเสมอทั้งผลมีรอยแป้วน้อยมาก แสดงว่าภายในผลมีปริมาณยวงอยู่มาก เนื่องจากเกสรตัวเมียได้รับการผสมแบบสมบูรณ์ มีเปลือกผลค่อนข้างบาง และตั้งแต่ใต้ผิวเปลือกเข้าไปจนถึงยวง มีสีเหลืองเป็นเนื้อเดียวกัน ยวงใหญ่และหนา มีซังน้อย เนื้อสีเหลืองทองสวยงาม ลักษณะที่เด่นของพันธุ์นี้คือ ถ้าไม่มีฝนตกในช่วงที่ผลสุก เนื้อเมื่อสุกจัดจะแห้งกรอบ รสหวานอร่อยมาก แต่ในทางตรงกันข้าม หากมีฝนตกชุกขณะที่ผลเริ่มแก่ ผลจะดูดน้ำฝนเอาไปอย่างเต็มที่ทำให้เนื้อยวงมีรสชาติจืดชืด ความหวานลดลงไปอย่างมาก อย่างไรก็ตาม ปัจจุบันขนุนพันธุ์ทองสุดใจเป็นอีกพันธุ์หนึ่งที่ได้รับความสนใจและนิยมปลูกกันทั่วประเทศ

1.2.4 พันธุ์จำปากรอบ มีถิ่นกำเนิดในจังหวัดปราจีนบุรี เป็นพันธุ์ขนุนที่สืบเชื้อสายมาจากขนุนตาบ๊วยอีกพันธุ์หนึ่ง ซึ่งไม่ได้กลายพันธุ์มาจากขนุนตาบ๊วยโดยตรงเลยทีเดียว แต่เป็นการ

กลายมาจากการเพาะเมล็ดของขนุนพันธุ์ฟ้าถล่ม มีลักษณะลำต้นขนาดเล็กกว่าพันธุ์ฟ้าถล่มอย่างเห็นได้ชัด ใบลักษณะปลายแหลมสีเขียวเข้มเป็นมัน ติดผลดกพอสมควร ผลมีขนาดใหญ่ปานกลาง น้ำหนักเฉลี่ยประมาณ 15 – 18 กิโลกรัมต่อผล ผลลักษณะไม่ค่อยกลม ผิวขรุขระ ยวงเป็นสีจำปา ซึ่งจะเห็นได้ว่ากลายพันธุ์จากขนุนฟ้าถล่มที่มียวงสีเหลือง กลับมาเป็นจำปาเหมือนขนุนตาบ๊วยต้นเดิมอีกครั้งหนึ่ง และถึงแม้ว่าเนื้อยวงจะหนาสู้พันธุ์ฟ้าถล่มไม่ได้แต่ก็ไม่ถึงกับบางมากนัก ลักษณะที่ดีเด่นของขนุนพันธุ์นี้คือ เนื้อมีรสชาติหวานอมเปรี้ยวเล็กน้อย กรอบอร่อยมากสมกับชื่อ แม้ว่าจะเก็บผลสุกไว้นานหลายวันเนื้อก็ไม่เละ สามารถที่จะเก็บไว้ได้นานกว่าพันธุ์อื่นๆ ทุกพันธุ์ ในอนาคตคาดว่าขนุนพันธุ์นี้จะได้รับความนิยมไม่แพ้ขนุนพันธุ์ทองสุดใจ เพราะนับเป็นขนุนยวงสีจำปาที่มีลักษณะดีที่สุดในปัจจุบัน และเนื่องจากมีสียวงที่ต้องรสนิยมของคนไทยและชาวต่างชาติ จึงอาจเป็นพันธุ์ที่ได้รับการพัฒนาเพื่อเป็นสินค้าส่งออกไปขายต่างประเทศต่อไป

1.2.5 พันธุ์อีถ่อ มีถิ่นกำเนิดในจังหวัดปราจีนบุรี ต้นเดิมเป็นขนุนกลายพันธุ์มาจากการเพาะเมล็ดขนุนตาบ๊วย เช่นเดียวกับพันธุ์ฟ้าถล่ม แต่ขนุนพันธุ์อีถ่อนั้น กลายพันธุ์ไปจนไม่คล้ายพันธุ์ตาบ๊วย ลักษณะต้นมีทรงพุ่มโปร่ง เริ่มออกดอกติดผลเมื่อ 7 ปีหลังปลูก และหากมีการดูแลรักษาตัดแต่งกิ่งให้โปร่ง จะทำให้ผลดกมาก ประมาณ 40 ผลต่อต้น ต่อปี ผลมีลักษณะยาวขนาดใหญ่ปานกลาง น้ำหนักผลเฉลี่ยตั้งแต่ 12 – 25 กิโลกรัมขึ้นไป ก้านผลยาว แต่ยวงสั้นแตกต่างจากขนุนพันธุ์อื่นอย่างเห็นได้ชัด ลักษณะเด่นของขนุนพันธุ์นี้คือ เป็นขนุนตกผลง่าย ยิ่งอายุมากยิ่งตกผลดกมาก แต่ยวงมีคุณภาพและหวานสู้พันธุ์พันธุ์อื่นไม่ได้ ซึ่งขนุนพันธุ์อีถ่อนี้มีอยู่ด้วยกัน 3 ชนิดคือ

1. พันธุ์อีถ่อแดง ลักษณะผลขนาดเล็ก ผลและก้านผลยาว เปลือกผลเมื่อสุกจะเป็นสีแดงหรือสีน้ำตาลเข้ม ยวงหนา แต่มีขนาดสั้นกว่าขนุนพันธุ์ฟ้าถล่ม เนื้อเหลืองเข้ม รสชาติกรอบหวานปานกลาง

2. พันธุ์อีถ่อเขียว มีลักษณะผลยาวขนาดเล็ก เปลือกผลเป็นสีเขียว ถึงแม้ผลจะสุกแล้วก็ยังเขียวอยู่ และเมื่อเปรียบเทียบกับพันธุ์อีถ่อแดง เนื้อจะมีสีเหลืองและยวงสั้นกว่า รสชาติของเนื้อยวงโดยทั่วไปจะดีกว่าพันธุ์อีถ่อเขียว คือผลมีขนาดเล็กและก้านผลยาว เปลือกผลมีสีเขียว

3. พันธุ์อีถ่อจำปา มีลักษณะและขนาดของผลคล้ายอีถ่อเขียว คือผลมีขนาดเล็กและก้านยาว เปลือกผลมีสีเขียว เพียงแต่เนื้อยวงเป็นสีจำปา

1.2.6 พันธุ์คุณวิชาญหรือขุนวิชาญ ต้นเดิมอยู่ใกล้กับวัดท่าพระ เขตบางกอกใหญ่ กรุงเทพฯ ต่อมามีเจ้าหน้าที่นักวิชาการเกษตรกรมวิชาการเกษตร นำไปขยายพันธุ์และเผยแพร่ให้กับประชาชนจนกระทั่งได้ชื่อว่า ขนุนคุณวิชาญ แต่มีบางคนเรียกเพี้ยนไปเป็น ขนุนขุนวิชาญ จึงทำให้รู้สึกว่าเป็นพันธุ์ขนุนที่อายุเก่าแก่ไป ลักษณะผลมีรูปทรงยาวคล้ายสากกะเบือหิน ขนาดใหญ่ปานกลางมีน้ำหนักประมาณ 18 – 20 กิโลกรัมต่อผล ผลส่วนบนที่ติดกับขั้วแคบเล็กน้อย ก้านผลสั้น ยวงหนา

พอสมควร เนื้อเป็นสีจำปา มีลักษณะด้อยตรงที่คุณภาพของเนื้อยวงไม่ดีเท่าที่ควร กล่าวคือเวลาสุกเนื้อจะค่อนข้างนิ่มไม่กรอบ

1.2.7 พันธุ์แดงรัศมี เดิมเรียกกันว่า พันธุ์อีแดง แต่ไม่ได้รับความสนใจเท่าที่ควร จึงได้เปลี่ยนชื่อใหม่เป็น แดงรัศมี ทำให้เริ่มได้รับความสนใจมากขึ้นกว่าเดิม ตั้งแต่เดิมของขนุนพันธุ์นี้อยู่ที่จังหวัดตราด มีลักษณะผลขนาดใหญ่ น้ำหนักโดยเฉลี่ยประมาณ 15 – 18 กิโลกรัม ต่อผล ยวงมีขนาดใหญ่และยาว เนื้อหนา เป็นขนุนที่มีสีจำปา รสชาติหวานกรอบ เมล็ดขนาดเล็กและไม่งอกในผลขณะที่ผลสุก

1.2.8 พันธุ์แม่น้อยทะวาย มีลักษณะใบเล็กกว่าใบขนุนทั่วไป สีเขียวเข้ม ปลายใบแหลม ผลขนาดใหญ่ รูปทรงรีคล้ายรูปไข่ ผิวเปลือกเรียบเสมอไม่มีแป้ว น้ำหนักผลเฉลี่ยประมาณ 18 กิโลกรัมต่อผล มีปริมาณยวงมาก ยวงขนาดเล็กและยาว แต่ค่อนข้างบาง เนื้อยวงสีเหลือง รสหวานปานกลาง ซังน้อย ลักษณะที่เด่นของขนุนพันธุ์นี้คือ เป็นขนุนที่ให้ผลดกมาก และออกผลทะวายนอกฤดูกาลตลอด ทั้งนี้ไม่ได้มีการดูแลรักษาตัดแต่งกิ่งหรือใส่ปุ๋ยมากนัก โดยปีหนึ่งๆ จะให้ผลผลิตนอกฤดูมากกว่า 100 ผลต่อต้น นับเป็นพันธุ์ที่เหมาะสำหรับปลูกเพื่อการค้ามาก แต่เป็นยวงขนุนสีเหลืองอ่อนไป

1.2.9 พันธุ์เจ๊กโต๊ะ เป็นพันธุ์ขนุนที่ได้จากการเพาะเมล็ดจากอำเภอเมือง จังหวัดราชบุรี เมื่อประมาณ 40 ปีที่แล้ว นำไปปลูกที่อำเภอปากท่อ ได้ต้นขนุนมีลักษณะดีขึ้นมา มีผลขนาดใหญ่และต่อมานายอำเภอปากท่อไปพบเข้าในสวนเจ๊กโต๊ะ จึงได้นำมาประกวดได้รับรางวัลชนะเลิศที่ 1 และได้ตั้งชื่อว่าขนุนพันธุ์ เจ๊กโต๊ะตามชื่อเจ้าของผู้ปลูก ลักษณะเป็นขนุนที่มีใบค่อนข้างกลมขนาดเล็ก ผลรูปไข่ขนาดใหญ่ มีก้านผลยาว และในก้านผลหนึ่งๆ มักจะออกผลหลายผล ผลอ่อนเปลือกจะเป็นสีเขียวอมเหลือง เมื่อสุกเปลือกเป็นสีเหลืองอมเขียว ยวงหนา เนื้อสีเหลือง แต่ซังจะมีสีเหลืองอมขาวเล็กน้อย เนื้อแห้งกรอบรสชาติหวานกรอบอร่อย เมล็ดค่อนข้างเล็ก

1.2.10 พันธุ์เบาเปลือกหวาน มีถิ่นกำเนิดอยู่ทางภาคใต้ อำเภอละแม จังหวัดชุมพร ซึ่งบางครั้งอาจเรียกว่า พันธุ์เบาละแม ตามชื่อแหล่งกำเนิด เป็นขนุนที่สามารถออกดอกติดผลได้รวดเร็ว คือถ้าปลูกด้วยกิ่งทาบ ต้นติดตาหรือเปลี่ยนยอด จะตกผลเมื่ออายุได้ 2 ปีครึ่ง ถึง 3 ปีหลังปลูก ให้ผลดกและออกผลนอกฤดู ผลลักษณะทรงกลมขนาดใหญ่ มีน้ำหนักผลประมาณ 10 – 30 กิโลกรัมต่อผล ขั้วผลยาว ติดผลใหม่ๆ ผลอ่อนจึงมีเปลือกสีเหลืองอ่อน พออายุได้ประมาณ 6 เดือน เปลือกจะเปลี่ยนเป็นสีเขียว ผลสุกจะมีเปลือกเป็นสีน้ำตาลเข้ม ผลมีหนามสั้นและห่าง เปลือกบาง เนื้อใต้เปลือกมีรสหวานพอๆกับเนื้อยวง สามารถลอกออกได้ง่ายและรับประทานได้ด้วย ยวงขนาดใหญ่ยาวและหนา มียางและซังน้อย เมล็ดเล็ก ยวงและซังมีสีเหลืองเข้มเหมือนกับเนื้อยวงมีรสชาติหวานจัดแต่มีข้อเสียตรงที่มีไส้ของผลค่อนข้างใหญ่ อย่างไรก็ตาม นับเป็นขนุนพันธุ์ที่ได้รับความนิยมปลูกเพื่อการค้ากันมากอีกพันธุ์หนึ่ง

1.2.11 พันธุ์ทองนาทวี มีถิ่นกำเนิดอยู่ที่อำเภอนาทวี จังหวัดสงขลา ถือว่าเป็นขนุนพันธุ์ที่เป็นผลขนาดใหญ่ที่สุดในบรรดาขนุนทุกพันธุ์ที่มีอยู่ในประเทศไทย ติดผลได้ดี หนึ่งปีจะมีการออกดอก 2 ครั้ง โดยครั้งแรกออกดอกในราวเดือนธันวาคม และอีกครั้งหนึ่งช่วงประมาณเดือนกรกฎาคม – สิงหาคม ซึ่งต้นขนุนที่มีอายุตั้งแต่ 10 ปีขึ้นไป หากมีการควบคุมจำนวนผลให้เหลือผลประมาณ 7-8 ผลต่อรุ่น จะทำให้ผลมีขนาดโตมาก ลักษณะผลขนาดใหญ่มีน้ำหนักเฉลี่ยตั้งแต่ 40 - 80 กิโลกรัมต่อผล ยวงขนาดใหญ่ยาวและหนา เนื้อยวงสีเหลือง รสหวานพอสมควร และหวานเพิ่มมากขึ้นเมื่อผลสุกเต็มที่ แต่เมื่อเทียบกับขนุนพันธุ์อื่นแล้ว ความหวานของเนื้อยวงขนุนพันธุ์นี้จะด้อยกว่ามาก

1.2.12 พันธุ์หนึ่งในพัน ต้นกำเนิดของขนุนพันธุ์นี้อยู่ที่อำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี มีรูปทรงและมีคุณสมบัติตามลักษณะของขนุนที่ดี คือเป็นขนุนที่มีลักษณะทรงพุ่มสูง ใบขนาดใหญ่มีเส้นกลางใบเห็นเด่นชัด ติดผลดก ออกผลนอกฤดู ผลมีขนาดสม่ำเสมอกันเกือบทั้งต้น ให้ผลผลิตเฉลี่ย 60 ผลต่อต้นต่อปี รูปร่างของผลมีลักษณะกลมยาวสวยงาม เปลือกบางสีเขียว แต่ถ้ามีการห่อผิวเปลือกจะเป็นสีเหลือง หนามสั้น ขั้วและไส้ผลเล็ก ยวงยาวและหนา น้ำหนักยวงประมาณ 40 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักผล เนื้อยวงมีสีเหลืองเข้มเป็นมัน ซังมีสีเหลืองรับประทานได้ เมล็ดขนากปานกลางไม่เล็กหรือใหญ่เกินไป เป็นขนุนพันธุ์ที่มีความทนทานต่อความแห้งแล้งได้ดีมาก เหตุที่ได้ชื่อว่า หนึ่งในพัน นั้นหมายความว่าการปลูกขนุนเพื่อคัดเลือกปรับปรุงพันธุ์จากขนุนพันต้น จะพบขนุนที่มีลักษณะดีเด่นอย่างนี้เพียงต้นเดียวเท่านั้น ขนุนพันธุ์นี้ก็มีข้อเสียตรงที่มีซังค่อนข้างมาก ถึงแม้ว่าจะเป็นซังเลี้ยงที่รับประทานเป็นส่วนมากก็ตาม

1.2.13 พันธุ์เหรียญบาท ถือเป็นพันธุ์ที่ผลผลิตดกมากอีกพันธุ์หนึ่ง การตกผลหากปลูกด้วยกิ่งทาบ ต้นติดตา หรือเปลี่ยนยอด จะเริ่มออกดอกติดผลเมื่ออายุประมาณ 5 ปีหลังปลูก ผลมีลักษณะกลมขนาดโตปานกลาง น้ำหนักเฉลี่ยประมาณ 7 – 15 กิโลกรัมต่อผล มีหนามสั้น ผิวเปลือกสีเหลือง เนื้อรสหวานแต่ไม่หวานมากนัก

1.2.14 พันธุ์เหรียญชัย เป็นขนุนกลายพันธุ์มาจากการเพาะเมล็ดจากต้นแม่พันธุ์หนึ่งในพัน ซึ่งเป็นขนุนพันธุ์ใหม่ ให้ผลดกมากแต่ไม่ออกทะวาย ติดผลในขณะที่ต้นยังเล็ก ให้ผลผลิตดกถึง 30 ผลต่อต้นต่อปี ผลมีลักษณะกลมรีคล้ายรูปไข่ ขนาดค่อนข้างเล็ก มีน้ำหนักเฉลี่ยประมาณ 9 กิโลกรัมต่อผล เปลือกบางสีเขียวอมน้ำตาล หนามห่าง ยางน้อย ไส้ผลขนาดปานกลาง เมล็ดเล็ก มีซังน้อยหรือเกือบไม่มีเลย ยวงยาวและหนาพอสมควร เนื้อยวงสีเหลืองทอง เนื้อแห้งแข็งกรอบ รสชาติหวานจัด และเมื่อแกะยวงเอาเมล็ดออกได้น้ำหนักประมาณ 48 – 50 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนัก

1.2.15 พันธุ์เหรียญทอง เป็นขนุนที่มีถิ่นกำเนิดอยู่ในแถบภาคกลาง แต่ปัจจุบันมีปลูกมากแถวจังหวัดชลบุรี มีลักษณะทรงพุ่มสวยงามมาก ทนทานต่อสภาพความแห้งแล้งได้ดี ตกผลเร็วมากคือหากปลูกด้วยกิ่งทาบ ต้นติดตาหรือต่อยอดจะตกผลเมื่ออายุได้ประมาณ 2 ปีหลังปลูก แต่ต้องมีการดูแลรักษาเอาใจใส่เป็นอย่างดี เป็นพันธุ์ที่ติดผลดก และยังมีการออกนอกฤดูมากแต่ไม่มาก

นัก ให้ผลผลิตเฉลี่ยประมาณ 30 – 50 ผลต่อต้นต่อปี ผลมีลักษณะกลมรีคล้ายไข่ขนาดโตปานกลาง มีน้ำหนักประมาณ 10 – 15 กิโลกรัมต่อผล เปลือกบางสีเขียวอมน้ำตาล ไส้ผลค่อนข้างใหญ่มีซังน้อย เมล็ดขนาดปานกลาง ยวงมีขนาดยาวประมาณ 2.5 – 3 นิ้ว หนาประมาณ 0.5 – 1 เซนติเมตร เนื้อยวงสีเหลืองรสหวานจัดกรอบอร่อยแม้ฤดูเก็บเกี่ยวจะมีฝนตกชุก แต่ขนุนพันธุ์นี้ก็ยังมีรสชาติและยังคงความหวานได้อย่างสม่ำเสมอ หรือจะแกะยวงทิ้งไว้ทั้งวันยวงก็ไม่เละ ความหวานเหมือนเดิม แต่มีข้อเสียตรงที่เปลือกบาง เมื่อสุกผลชอบแตก เนื้อยวงมีสีเหลืองไม่จัดและไม่ต้านทานต่อโรคใบร่วง

1.2.16 พันธุ์รวงทอง ต้นกำเนิดเดิมอยู่ที่อำเภอบ้านบึง จังหวัดชลบุรี ได้จากการเพาะเมล็ดจากขนุนต้นแม่ที่มีอายุประมาณ 20 กว่าปี ลักษณะเป็นขนุนที่ให้ผลเร็วอีกพันธุ์หนึ่ง คือเมื่อปลูกด้วยกิ่งทาบ ต้นติดตา หรือต่อยอด จะเริ่มตกผลครั้งแรกเมื่ออายุประมาณ 2 ปีครึ่งหลังปลูก แต่ผู้ปลูกจะต้องดูแลรักษาเอาใจใส่เป็นอย่างดี ขนุนพันธุ์นี้ให้ผลผลิต 20 - 30 ผลต่อต้นต่อปี ผลลักษณะกลมรีขนาดใหญ่ปานกลาง มีน้ำหนักประมาณ 10 – 25 กิโลกรัมต่อผล หนามห่างและสั้น เปลือกบาง ผิวเปลือกสีน้ำตาลอมเหลืองมีซังน้อยไส้ผลและเมล็ดเล็ก ยวงมีขนาดยาว 3 – 3.5 นิ้วหนา 0.5 – 1.2 เซนติเมตร เนื้อยวงสีเหลืองจัดมาก ลักษณะที่เด่นของขนุนพันธุ์นี้คือ สามารถที่จะออกดอกติดผลให้ผลผลิตออกสู่ตลาดได้ก่อนพันธุ์อื่นๆ ประมาณ 1 เดือน และเมื่อแกะยวงเอาเมล็ดออก จะได้ปริมาณยวงมากถึง 52 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักผล แต่ก็มีข้อเสียตรงที่ผิวผลมักจะแป้ว ไม่เรียบเสมอทุกด้าน ซึ่งแสดงว่าภายในผลเกิดจากดอกตัวเมียได้รับการผสมเกสรไม่สมบูรณ์

1.2.17 พันธุ์ทองสัมฤทธิ์ เป็นขนุนที่กลายพันธุ์มาจากการเพาะเมล็ดของขนุนฟ้าถล่มเมื่อประมาณ 20 ปีที่แล้ว เป็น ขนุนพันธุ์ที่ทีการผสมเกสรได้ดีมากติดผลดก ให้ผลผลิตเฉลี่ย 40 ผลต่อต้นต่อปี ลักษณะทรงผลรูปไข่ขนาดใหญ่ น้ำหนักประมาณ 15 - 25 กิโลกรัมต่อผล เปลือกบางสีเหลือง ผิวผลเรียบเสมอกันทุกด้านไม่มีแป้ว แต่มีจุดด่างดำที่ผิวเปลือก ไส้กลางผลและเมล็ดขนาดเล็กยวงยาวและหนา เนื้อยวงสีเหลืองจัด รสชาติหวานจัดกรอบอร่อย เมื่อแกะยวงเอาเมล็ดออกจะได้ยวงหนักประมาณ 50 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักผล นับเป็นขนุนอีกพันธุ์หนึ่งที่กำลังมีชื่อเสียงและนิยมกันมากในปัจจุบัน มีข้อเสียอยู่บ้างตรงที่ผิวเปลือกมีจุดด่างดำ แต่ก็ไม่ส่งผลไปถึงเนื้อยวงภายในผลแต่ประการใด

1.2.18 พันธุ์แดงรังสี เป็นขนุนที่ปลูกมากที่อำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี ให้ผลผลิตประมาณ 15- 20 ผลต่อต้นต่อปี ผลมีขนาดโตปานกลาง มีน้ำหนักประมาณ 8 - 15 กิโลกรัมต่อผล ซังสีขาวและมีค่อนข้างมาก เนื้อยวงสีจำปา เมื่อแกะยวงเอาเมล็ดออกจะได้ยวงหนักประมาณ 37 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักผล

1.3 ลักษณะพันธุ์ที่ดีของขนุน โดยทั่วไปขนุนที่ดีควรมีลักษณะลำต้นแข็งแรง ทนทานต่อโรคและแมลงได้ดี ใบหนา มีส้นกลางใบใหญ่เห็นชัดเจน การผสมเกสรดี ซึ่งส่งผลถึงปริมาณของยวงในผลด้วย ติดผลดก และออกผลปีละ 2 ครั้ง ขนุนต้นที่มีอายุ 10 ปีขึ้นไปควรจะให้ผลผลิตเฉลี่ยไม่น้อยกว่า

50 ผลต่อต้นต่อปี แต่ละผลจะต้องมีน้ำหนักเฉลี่ยมากกว่า 10 กิโลกรัมขึ้นไป ผลมีลักษณะค่อนข้างกลม หรือรูปทรงกลมคล้ายกระบอก ความยาวของผลอย่างน้อยจะต้องมีความยาวเท่ากับสองเท่าของความกว้างของผล ขั้วผลขนาดเล็ก ฐานของผลมีลักษณะตั้งฉาก หรือเกือบตั้งฉากกับขั้วของผล ซึ่งจะทำให้ยวงขนุนที่อยู่ภายในผลบริเวณนั้นสมบูรณ์ มีหนามห่างและยกสูงจากผิวเปลือก ไม่มีแป้ว เปลือกบางมีสีเขียวหรือสีเหลือง ยวงใหญ่ยาวและหนามีขนาดใกล้เคียงกันตลอดทั้งผล ยวงสีเหลืองเข้มหรือสีจำปา ผิวเป็นมันเปล่งปลั่งขั้วยวงติดกับไส้ผลเพียงครึ่งเดียว ไม่เต็มหน้าตัดของยวง และปลายยวงติดกับเปลือกไม่พับงอ เนื้อมีรสหวานจัดกรอบอร่อยมียางและซังน้อย เมล็ดเล็กหรือลีบ น้ำหนักของยวงเมื่อแกะเอาเมล็ดออก ควรไม่ต่ำกว่า 40 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักผล

การออกแบบบรรจุภัณฑ์

บรรจุภัณฑ์ (Packaging) เป็นทั้งศาสตร์และศิลป์ที่ใช้ในการบรรจุสินค้าในการจัดจำหน่ายเพื่อสนองความต้องการของผู้ซื้อและหรือผู้บริโภคด้วยต้นทุนที่เหมาะสม (ปุ่น คงเจริญเกียรติ และสมพร คงเจริญเกียรติ, 2541) ความรู้ในการพัฒนารูปแบบของบรรจุภัณฑ์ จึงต้องอาศัยความรู้ในหลายแขนงวิชา เพื่อประยุกต์ใช้ให้เกิดบรรจุภัณฑ์ที่มีความเหมาะสมกับผลิตภัณฑ์และหรือวิธีการขนส่ง และจำหน่าย

หน้าที่ของบรรจุภัณฑ์อาหารแปรรูปมีหน้าที่สอดคล้องกับวิทยาการสองด้าน คือ ด้านเทคนิคและด้านการตลาด

ตารางที่ 1 แสดงหน้าที่ของบรรจุภัณฑ์ด้านเทคนิคและด้านการตลาด

ด้านเทคนิค	ด้านการตลาด
การบรรจุใส่	การส่งเสริมการขาย
การปกป้องคุ้มครอง	การแสดงข้อมูลอาหาร
การรักษาคุณภาพอาหาร	การตั้งราคาขายได้สูงขึ้น
การขนส่ง	การเพิ่มปริมาณการขาย
การวางจำหน่าย	ให้ความถูกต้องรวดเร็ว
การรักษาสิ่งแวดล้อม	การรณรงค์

หน้าที่ของบรรจุภัณฑ์สามารถให้คำอธิบายเพิ่มเติมได้ดังนี้

- การทำหน้าที่บรรจุใส่ ได้แก่ การใส่ การห่อสินค้า ด้วยการชั่ง ตวง วัด นับ
- การทำหน้าที่ปกป้องคุ้มครอง ได้แก่ การป้องกันไม่ให้สินค้าเสียรูป แตกหัก ไหลซึม

- การทำหน้าที่รักษาคุณภาพอาหาร ได้แก่ การใช้วัสดุที่ป้องกันอากาศซึมผ่าน ป้องกันแสง ป้องกันความชื้นจากภายนอก
- การทำหน้าที่ขนส่ง ได้แก่ กล่องลูกฟูก ลังพลาสติก ซึ่งบรรจุสินค้าหลายห่อหรือหน่วย เพื่อความสะดวกในการเคลื่อนย้าย และขนส่งสินค้าไปยังแหล่งผลิตหรือแหล่งจำหน่ายสินค้า
- การวางจำหน่าย คือ การนำบรรจุภัณฑ์ที่มีสินค้าอาหารแปรรูปอยู่ภายในวางจำหน่ายได้โดยไม่จำเป็นต้องให้เห็นสินค้า สามารถวางนอนหรือวางตั้งได้โดยสินค้าไม่ได้รับความเสียหาย ซึ่งควรคำนึงถึงความเหมาะสมกับชั้นวางสินค้า
- การรักษาสิ่งแวดล้อม ได้แก่ การใช้วัสดุบรรจุภัณฑ์ที่ให้ปริมาณขยะน้อย เป็นวัสดุที่ย่อยสลายได้ง่าย ในกระบวนการผลิตจะไม่ใช้สารที่ทำลายชั้นบรรยากาศ สามารถนำบรรจุภัณฑ์หมุนเวียนกลับมาใช้ประโยชน์อย่างอื่นได้ (reuse) หรือเป็นบรรจุภัณฑ์ที่สามารถหมุนเวียนกลับมาผลิตใหม่ (recycle) ได้
- ทำหน้าที่ส่งเสริมการขาย เพราะบรรจุภัณฑ์ที่ออกแบบสวยงามสามารถใช้เป็นสื่อโฆษณาได้ด้วยตัวบรรจุภัณฑ์เอง
- ทำหน้าที่เป็นฉลากแสดงข้อมูลของอาหารแปรรูป ได้แก่ ข้อมูลทางโภชนาการ ส่วนประกอบ วันที่ผลิต วันที่หมดอายุ คำแนะนำ และเครื่องหมายเลขทะเบียนหรือเลขอนุญาตจากคณะกรรมการอาหารและยา
- สร้างมูลค่าเพิ่มให้กับสินค้าที่จำหน่าย เพราะบรรจุภัณฑ์ที่สวยงามจะสร้างมูลค่าเพิ่มให้แก่สินค้า สร้างความนิยมในสินค้า จากตราสินค้าทำให้เกิดความภักดีในตัวสินค้า ส่งผลให้สามารถจำหน่ายสินค้าได้ในราคาที่สูงขึ้น

ประเภทของบรรจุภัณฑ์ สามารถแยกได้หลายลักษณะตามจุดมุ่งหมาย ซึ่งการแยกประเภทของบรรจุภัณฑ์สามารถแยกได้ดังนี้

ตารางที่ 2 แสดงจุดมุ่งหมายของบรรจุภัณฑ์

วิธีการ	จุดมุ่งหมาย	ประเภทบรรจุภัณฑ์
1	การออกแบบ	1.1 บรรจุภัณฑ์ชั้นแรก (Primary Packaging) 1.2 บรรจุภัณฑ์ชั้นที่สอง (Secondary Packaging) 1.3 บรรจุภัณฑ์ชั้นที่สาม (Tertiary Packaging)

2	วัสดุที่ใช้ผลิต	2.1 เยื่อและกระดาษ
		2.2 พลาสติก
		2.3 แก้ว
		2.4 โลหะ

บรรจุภัณฑ์แบ่งตามการออกแบบ สามารถจำแนกประเภทของการบรรจุภัณฑ์ได้ 3 ประเภทคือ

1. บรรจุภัณฑ์ชั้นแรก (Primary Packaging) เป็นบรรจุภัณฑ์ที่ผู้ซื้อจะได้สัมผัสเวลาที่จะบริโภค เป็นบรรจุภัณฑ์ที่อยู่ชั้นในสัมผัสกับสินค้าหรืออาหาร เช่น ซองบรรจุน้ำตาล บรรจุภัณฑ์ไอศกรีม บรรจุภัณฑ์ขนมอบกรอบ เป็นต้น
2. บรรจุภัณฑ์ชั้นที่สอง (Secondary Packaging) เป็นบรรจุภัณฑ์ที่รวบรวมบรรจุภัณฑ์ชั้นแรกเข้าด้วยกัน เพื่อเหตุผลในการป้องกันหรือจัดจำหน่ายสินค้าได้มากขึ้น หรือด้วยเหตุผลในการขนส่ง ลักาณะของบรรจุภัณฑ์ชั้นที่สอง เช่น กล่องกระดาษแข็งของหลอดยาสีฟัน กล่องกระดาษใส่ซองน้ำตาล 50 ซอง ถุงพลาสติกสำหรับใส่บรรจุภัณฑ์ขนมอบกรอบ 50 ถุง เป็นต้น
3. บรรจุภัณฑ์ชั้นที่สาม (Tertiary Packaging) คือบรรจุภัณฑ์ที่ป้องกันสินค้าระหว่างการขนส่ง บรรจุภัณฑ์ขนส่งนี้ อาจแบ่งย่อยได้ 3 ประเภท คือ
    - บรรจุภัณฑ์ที่ใช้จากแหล่งผลิตถึงแหล่งขายปลีก เมื่อสินค้าได้รับการจัดวางบนหิ้งหรือคลังสินค้าของแหล่งขายปลีกแล้ว บรรจุภัณฑ์ก็หมดหน้าที่ เช่น แคร่ และกะบะ (Pallet) เป็นต้น
    - บรรจุภัณฑ์ที่ใช้ระหว่างโรงงาน เป็นบรรจุภัณฑ์ที่จัดส่งสินค้าระหว่างโรงงาน เช่น ลังใส่ซองพริกป่น ถุงน้ำจิ้ม เป็นผลผลิตจากโรงงานหนึ่งส่งไปยังโรงงานอาหารสำเร็จรูปเพื่อทำการบรรจุไปพร้อมกับอาหาร เป็นต้น
    - บรรจุภัณฑ์ที่ใช้จากแหล่งขายปลีกไปยังผู้บริโภค เช่น ถุงต่างๆ ที่ร้านค้าใส่สินค้าให้ผู้ซื้อ

การออกแบบบรรจุภัณฑ์ชั้นที่สามนี้ จึงต้องคำนึงถึงความสามารถในการป้องกันสินค้าระหว่างการขนส่ง ส่วนข้อมูลรายละเอียดบนบรรจุภัณฑ์ขนส่งจะช่วยในการจัดส่งได้อย่าง

สะดวก และถูกต้อง บรรจุภัณฑ์ชั้นที่สามจึงมักเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า บรรจุภัณฑ์เพื่อการขนส่ง (Distribution Packaging)

ประเภทของบรรจุภัณฑ์จำแนกตามวัสดุ สามารถแยกได้ 4 ประเภท คือ

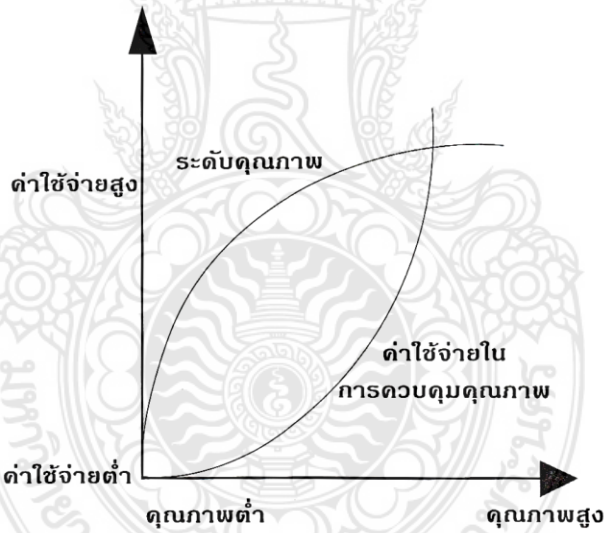
- เยื่อและกระดาษ เป็นวัสดุบรรจุภัณฑ์ที่ใช้มากที่สุด และมีแนวโน้มใช้มากยิ่งขึ้น เนื่องจากการรีไซเคิลได้ง่าย อันเป็นผลมาจากการรณรงค์สิ่งแวดล้อม กระดาษที่ใช้ในอุตสาหกรรมบรรจุภัณฑ์มีหลายประเภท และสามารถพิมพ์ตกแต่งได้ง่ายและสวยงาม นอกจากนี้ยังสะดวกต่อการขนส่ง
- พลาสติก เป็นวัสดุบรรจุภัณฑ์ที่มีอัตราการเติบโตสูงมาก อาจเนื่องจากพลาสติกมีคุณสมบัติหลากหลายที่สามารถเลือกใช้งานที่เหมาะสม เช่น มีน้ำหนักเบา ป้องกันการซึมผ่านของอากาศและก๊าซได้ระดับหนึ่ง บางชนิดสามารถเป็นฉนวนกันความร้อนได้ เป็นต้น
- แก้ว เป็นวัสดุบรรจุภัณฑ์ที่มีความเฉื่อยต่อการทำปฏิกิริยาทางเคมีชีวภาพต่างๆ เมื่อเทียบกับวัสดุบรรจุภัณฑ์ชนิดอื่น และรักษาคุณภาพของสินค้าได้ดีมาก แก้วมีความใสสามารถทำสีต่างๆ ได้ สามารถทนแรงกดได้สูงแต่เปราะแตกหักง่าย ในด้านสิ่งแวดล้อม แก้วสามารถนำกลับมาใช้ใหม่ (reuse) ได้ประมาณ 100 ครั้ง และสามารถหมุนเวียนหลอมใช้ใหม่ได้ (recycle)
- โลหะ เป็นวัสดุบรรจุภัณฑ์ที่แข็งแรง สามารถป้องกันอันตรายจากสิ่งแวดล้อมได้ดี ในระบบอุตสาหกรรมอาหาร โลหะสามารถจำแนกได้ 2 ชนิด คือ เหล็กเคลือบดีบุกและอลูมิเนียม

การทดสอบวัสดุและบรรจุภัณฑ์

ผู้ประกอบการอุตสาหกรรมแปรรูปอาหารหรือผู้เกี่ยวข้องกับการใช้บรรจุภัณฑ์ต่างก็ต้องการบรรจุภัณฑ์ที่ใช้งานได้ดี ปัญหาคือบรรจุภัณฑ์ที่ดีนั้นใช้มาตรการใดในการวัด ถ้าบรรจุภัณฑ์ที่ใช้อยู่นั้นสามารถสั่งมาใช้งานได้ตามแต่ผู้แปรรูปหรือผู้ผลิตบรรจุภัณฑ์จะผลิตให้ และใช้บรรจุภัณฑ์จากผู้ผลิตรายเดียวกันเป็นปีๆ โดยที่สินค้าไม่เคยบอบช้ำเสียหาย ภายใต้ปรากฏการณ์เช่นนี้ผู้ประกอบการต้องเชื่อว่าบรรจุภัณฑ์ที่ใช้อยู่นั้นดีแน่ๆ เพราะสินค้าไม่เคยเสียหายเลย คำถามที่อาจเกิดขึ้นต่อมาว่า บรรจุภัณฑ์ที่ใช้นั้นอาจดีเกินไปหรือไม่ ถ้ายอมรับว่าดีเกินไป อาจเปิดโอกาสที่จะลดคุณภาพของบรรจุภัณฑ์ลงเพื่อประหยัดต้นทุน ปัญหาก็คือ จะลดคุณภาพอะไรของบรรจุภัณฑ์และจะลดลงเท่าไรโดยที่สินค้าขนส่งจะยังคงไม่แตกหักเสียหาย คุณภาพที่ต้องการลดนี้จำเป็นต้องใช้การทดสอบประเมินค่าออกมา ถ้าลดคุณภาพบรรจุภัณฑ์ลงแล้วต้นทุนย่อมลดลงตาม และเมื่อสั่งบรรจุภัณฑ์ใหม่นี้มาใช้แล้วยังคงไม่มี

อะไรเสียหาย ย่อมแสดงว่าบรรจุภัณฑ์ที่ยอมใช้มาเป็นปีๆ เป็นบรรจุภัณฑ์ที่ดีเกินไป หรือที่เรียกว่า Over packaging ในทางกลับกัน ถ้าบรรจุภัณฑ์ใดไม่สามารถป้องกันสินค้าได้จะเรียกว่า Under packaging

การควบคุมคุณภาพของวัสดุบรรจุภัณฑ์ให้ได้คุณภาพของบรรจุภัณฑ์ที่ดีนั้นจำต้องวิเคราะห์ทั้งระบบ เริ่มจากวัตถุดิบจนกระทั่งถึงผู้บริโภครับประทานหมดแล้วตามที่ได้กล่าวมาแล้ว การควบคุมคุณภาพนี้มีค่าใช้จ่ายและบริษัทขนาดเล็กต่างๆ มักคิดว่าไม่สามารถยอมจ่ายค่าใช้จ่ายนี้ได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับการทดสอบต่างๆ สาระที่จะกล่าวในบทนี้ ต้องใช้เครื่องมือและเครื่องจักรแพงพอสมควร อย่างไรก็ตามการทดสอบเพื่อประเมินคุณภาพเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่งเพื่อนำทางไปสู่การลดค่าใช้จ่ายรวมของบรรจุภัณฑ์ เช่น การหยุดเครื่องบรรจุ เนื่องจากคุณภาพของบรรจุภัณฑ์ไม่ดีหรือใช้งานไม่ได้ เป็นต้น ย่อมทำให้ต้นทุนการผลิตสูงขึ้นจากภาพที่ 3 จะพบว่าเมื่อคุณภาพของบรรจุภัณฑ์ดีขึ้น ค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการควบคุมคุณภาพจะสูงตาม ผู้ประกอบกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับบรรจุภัณฑ์อาหาร จึงจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องกำหนดระดับคุณภาพที่ต้องการ ด้วยการส่งวัสดุและบรรจุภัณฑ์ไปทดสอบตามหน่วยราชการหรือสถาบันการศึกษาและเลือกการทดสอบที่เกี่ยวข้องกับคุณภาพโดยตรง



ภาพที่ 2 คุณภาพที่ดีขึ้นย่อมมีค่าใช้จ่ายในการควบคุมคุณภาพ

5.1 ขั้นตอนการทดสอบ

ในการทดสอบวัสดุและบรรจุภัณฑ์แต่ละครั้งจะมีขั้นตอนการทดสอบที่คล้ายคลึงกัน กล่าวคือ เริ่มแรกต้องทราบถึงจุดมุ่งหมายของการทดสอบเพื่อนำข้อมูลการทดสอบไปใช้ประโยชน์ ขั้นตอนต่อมาคือ การเลือกมาตรฐานที่จะใช้ในการทดสอบ ซึ่งมีขั้นตอนสำคัญของการทดสอบที่เกี่ยวข้องกับบรรจุภัณฑ์ คือ ต้องทำการควบคุมสภาวะของบรรจุภัณฑ์ก่อนการทดสอบทุกครั้ง

5.1.1 จุดมุ่งหมาย

ก่อนการทดสอบวัสดุและบรรจุภัณฑ์ใดๆ จะต้องรู้ถึงจุดมุ่งหมายในการทดสอบ เนื่องจากการทดสอบมีหลายวิธี แต่ละวิธีกำหนดมาตรฐานและวิธีการทดสอบที่แตกต่างกัน แม้ว่าจะใช้เครื่องมือทดสอบอย่างเดียวกัน กล่าวโดยทั่วไปแล้วการทดสอบอาจมีจุดมุ่งหมายดังต่อไปนี้

1. เปรียบเทียบวัสดุต่างชนิดกันโดยการทำการทดสอบพร้อมๆ กัน

2. ควบคุมคุณภาพของวัสดุที่ใช้จริงกับวัสดุที่เคยผ่านการทดสอบมาแล้วโดยการเปรียบเทียบผลที่เกิดจากการทดสอบต่างชนิดและต่างวาระกัน

3. ศึกษาถึงคุณสมบัติการใช้งานของวัสดุหรือตัวบรรจุภัณฑ์ เช่น การทดสอบความสามารถทนแรงกดในแนวดิ่ง เพื่อจำลองการรับน้ำหนักขณะเรียงซ้อนของสินค้า เป็นต้น

จุดมุ่งหมายที่ 3 เป็นการทดสอบที่สำคัญที่สุด เนื่องจากเป็นการทดสอบเพื่อจำลองการใช้งานของวัสดุและบรรจุภัณฑ์ ส่วนการทดสอบตามจุดมุ่งหมายที่ 1 และ 2 อาจรวมสรุปได้ว่าเป็นการทดสอบเพื่อบ่งบอกคุณลักษณะของวัสดุ (Identification Test)

5.1.2 มาตรฐานการทดสอบ

จำนวนตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบและวิธีการทดสอบจะขึ้นอยู่กับมาตรฐานที่ใช้ในการทดสอบ เช่น มาตรฐานของสำนักงานมาตรฐานอุตสาหกรรมไทย หรือที่เรียกย่อว่า สมอ. มาตรฐานในการทดสอบบรรจุภัณฑ์ต่างๆ ที่ร่างขึ้นมาโดยสมอ. รวบรวมอยู่ในภาคผนวกที่ 1 รายชื่อมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมบรรจุภัณฑ์สามารถใช้เป็นแนวทางการทดสอบได้อย่างกว้างๆ นอกจากมาตรฐานของสมอ. แล้ว มาตรฐานการทดสอบยังอาจแบ่งได้หลายระดับ ดังต่อไปนี้

1. มาตรฐานของแต่ละองค์กร บริษัทหรือหน่วยงานที่มีการจัดซื้อจัดหาวัสดุบรรจุภัณฑ์และระบบบรรจุภัณฑ์ต่างๆ จะร่างมาตรฐานการทดสอบของตัวเองออกมาใช้เพื่อให้ได้คุณภาพของบรรจุภัณฑ์ตามแต่ความเหมาะสมที่จะใช้งาน มาตรฐานของแต่ละองค์กรเหล่านี้จะมีความต้องการหรือรายละเอียดทางการทดสอบเฉพาะเจาะจงมากที่สุด

2. มาตรฐานของกลุ่มอาชีพเดียวกัน มาตรฐานการทดสอบใหม่ๆ ที่เกิดขึ้นมักจะเกิดจากองค์กรเหล่านี้ เนื่องจากมีความพร้อมในห้องปฏิบัติการและนักวิจัย กลุ่มอาชีพเหล่านี้จะมีการจัดตั้งในแต่ละประเทศและมีการถ่ายทอดแลกเปลี่ยนความรู้ทางวิชาการซึ่งกันและกัน กลุ่มที่มีชื่อเสียง ได้แก่

- FEFCO, Federation Europeene des Fabricants de Carton Ondule Test Metohds (มาตรฐานทดสอบของสหพันธ์แปรรูปกล่องกระดาษลูกฟูกของยุโรป)
- TAPPI หรือ The Technical Association of Pulp and Paper Industry, Atlanta.

- Uniform Freight Classification Committee, Atlanta.
- The American Society of Mechanical Engineers, New York.
- INCPEN, Industry Council for Packaging in the Environment, London.
- USDA, Forest Products Laboratory, Madison, Wisconsin.
- BPBMA, British Paper of Board Manufacturers Association.

องค์กรต่างๆ เหล่านี้ส่วนมากจะเป็นองค์กรเอกชนที่ไม่ได้แสวงหากำไร แต่เป็นการเผยแพร่ความรู้ให้กับกลุ่มอาชีพเดียวกัน เพื่อยกระดับมาตรฐานในการประกอบวิชาชีพ

3. มาตรฐานขององค์กรระดับประเทศและระหว่างประเทศ องค์กรสมอ. ของไทยเป็นองค์กรหนึ่งที่จัดอยู่ในประเภทนี้ ซึ่งประสานงานโดยตรงกับ ISO หรือ International Standard Organization สำหรับวงการบรรจุภัณฑ์มีองค์กรที่เรียกว่า ISTA (International Safe Transit Association) ที่มีเครือข่ายทั่วโลก โดยเน้นในเรื่องการทำการทดสอบก่อนทำการขนส่งเพื่อลดความเสียหายที่อาจเกิดขึ้น ในวงการอาหารมาตรฐานระหว่างประเทศที่ได้รับการอ้างถึงมากที่สุด คือ Codex ซึ่งมีชื่อเต็มว่า Codex Alimentarius Commission ซึ่งเป็นองค์กรร่วมระหว่าง Food and Agriculture of the United Nations และ World Health Organization ส่วนองค์กรแต่ละประเทศที่มีร่างมาตรฐานเกี่ยวกับบรรจุภัณฑ์ ได้แก่

- ASTM, American Society for Tasting and Materials
- BS, British Standard.
- JIS, Japan Institute of Standard.
- Normes Francaise (มาตรฐานฝรั่งเศส)
- Deutsche Industrie Normen (มาตรฐานเยอรมันที่รู้จักกันในนาม DIN)

การเลือกใช้มาตรฐานใดเป็นแนวทางในการทดสอบต้องขึ้นอยู่กับการใช้งาน ตัวอย่างเช่น มีกาส่งสินค้าไปประเทศใด ย่อมจะใช้มาตรฐานการทดสอบของประเทศนั้น หรืออาจจะใช้มาตรฐานการทดสอบในจุดมุ่งหมาย 2 และ 3 เพื่อเป็นแนวทางในการกำหนดมาตรฐานการทดสอบของระดับ 1 สำหรับเพื่อใช้ในองค์กรของตัวเอง

5.1.3 การควบคุมสภาวะ

การควบคุมสภาวะก่อนทำการทดสอบและระหว่างการทดสอบ นับเป็นสิ่งสำคัญมากในการทดสอบบรรจุภัณฑ์ เพื่อเป็นการแน่ใจว่าวัสดุที่ใช้ในการทดสอบจะได้คุณภาพตามสภาวะหนึ่งๆ ตามที่กำหนดไว้ สาเหตุเพราะวัสดุบรรจุภัณฑ์หลายประเภท โดยเฉพาะกระดาษสามารถดูดซึมหรือคาย

ความชื้นสู่อากาศรอบตัวได้ ในกรณีที่เป็นการทดสอบขั้นวิกฤติ อาจจำเป็นต้องตรวจสอบดูว่าความชื้นจริงๆ ในวัสดุบรรจุภัณฑ์มีปริมาณเท่าไร เพื่อให้มั่นใจว่าวัสดุที่ใช้ทดสอบนั้นอยู่ในสภาวะเดียวกับที่ต้องการหรือตามข้อกำหนด

การควบคุมสภาวะการทดสอบในแต่ละประเทศอาจจะแตกต่างกัน แล้วแต่สถานที่ตั้งทางภูมิศาสตร์ของประเทศนั้น ตัวอย่างเช่น ประเทศอาร์เจนติน่า ออสเตรเลีย เบลเยี่ยม ฝรั่งเศส เยอรมัน เนเธอร์แลนด์และอังกฤษ จะใช้สภาวะการทดสอบควบคุมที่อุณหภูมิ 23°c และความชื้นสัมพัทธ์ที่ร้อยละ 65 ส่วนในประเทศสหรัฐอเมริกาใช้สภาวะความชื้นสัมพัทธ์ที่ร้อยละ 50 ที่อุณหภูมิเดียวกัน 23°c ในขณะที่ประเทศไทย ทางสมอ. ได้กำหนดไว้ที่อุณหภูมิ 27°c และความชื้นสัมพัทธ์ที่ร้อยละ 75

การกำหนดสภาวะทดสอบ ยังต้องคำนึงถึงสภาพความเป็นจริงที่บรรจุภัณฑ์ต้องประสบ ตัวอย่างเช่น ถ้าบรรจุภัณฑ์จะส่งออกไปยังสหรัฐอเมริกา ก็ควรใช้มาตรฐานของสภาวะการทดสอบของอเมริกาด้วย ห้องที่ใช้ในการทดสอบและเก็บวัสดุบรรจุภัณฑ์จึงต้องควบคุมอุณหภูมิและความชื้นด้วยระบบปรับอากาศตามสภาวะควบคุมมาตรฐานที่ต้องการ

เมื่อมีการควบคุมสภาวะเป็นอย่างน้อย 24 ชั่วโมงแล้วจึงเริ่มทำการทดสอบ การทดสอบที่ดีจะต้องมีความแม่นยำ (Precise) และไม่แปรปรวนจากการทดสอบแต่ละครั้ง ความแม่นยำนี้มีความสัมพันธ์กับปัจจัยต่อไปนี้

1. ความสลับซับซ้อนของเครื่องมือหรืออุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ รวมทั้งการปรับเครื่อง (Calibration)

2. บุคลากรที่ใช้ในการทดสอบมีขีดความสามารถแค่ไหน รวมทั้งผู้บังคับบัญชาที่ทำการตัดสินใจและประเมินการทดสอบ

3. จำนวนครั้งในการทดสอบที่ไม่ทำให้เสียค่าใช้จ่ายมากเกินไปและได้ผลที่ใกล้เคียงความเป็นจริง ในกรณีนี้อาจจะต้องเปรียบเทียบกับมาตรฐานต่างๆ ที่มีอยู่ แล้วเลือกมาตรฐานที่เหมาะสมสอดคล้องกับจุดมุ่งหมายในการทดสอบ

ขั้นตอนสุดท้ายของการทดสอบ คือ การนำเอาผลจากการทดสอบไปใช้งาน ซึ่งจะแปรตามประเภทและจุดมุ่งหมายของการทดสอบที่ได้ตั้งไว้

5.2 ประเภทของการทดสอบ

การทดสอบบรรจุภัณฑ์ สามารถแบ่งประเภทของการทดสอบอย่างง่ายๆ ได้ 2 ประเภท คือ การทดสอบเพื่อการบ่งบอก (Identification Test) และการทดสอบเพื่อประเมินการใช้งาน (Performance Test)

5.2.1 การทดสอบเพื่อการบ่งบอก

การทดสอบประเภทนี้จะเป็นการทดสอบวัสดุที่ใช้ผลิตตัวบรรจุภัณฑ์เพื่อหาคุณลักษณะเฉพาะของวัสดุนั้น เช่น กระดาษมักใช้น้ำหนักเป็นเกณฑ์ในการซื้อขายการทดสอบจึงวัดค่าน้ำหนักมาตรฐาน ในขณะที่พลาสติกจะใช้ความหนาแน่นเป็นเกณฑ์ในการแยกประเภทของพลาสติก เป็นต้น

การทดสอบเพื่อการบ่งบอกคุณลักษณะของวัสดุบางประเภท ยังสัมพันธ์กับการใช้งานของบรรจุภัณฑ์ เช่น การวัดอัตราการซึมผ่านของน้ำและก๊าซ จะมีความสัมพันธ์กับการคาดคะเนอายุของผลิตภัณฑ์อาหาร หรือการทดสอบความแข็งแรงตามขอบของกระดาษลูกฟูกจะสัมพันธ์กับความสามารถรับแรงกดในแนวดิ่งของกล่องลูกฟูก เป็นต้น

ในกรณีที่มีการทดสอบเพื่อการบ่งบอกของวัสดุจากหลายแหล่งพร้อมกัน เพื่อเปรียบเทียบคุณสมบัติของวัสดุแต่ละแหล่งนั้น จะมีการทดสอบประเภทนี้ค่อนข้างจะบ่อย วิธีการทดสอบจะทำโดยการแยกวัสดุที่กำลังใช้อยู่เป็นวัสดุหลัก (Control) และวัสดุอื่นที่ทดสอบเพื่อเปรียบเทียบเป็นวัสดุแปร (Variables) ในการทดสอบแต่ละครั้งควรทดสอบวัสดุหลักสลับกับวัสดุแปร เพื่อลดความแปรปรวนของอุปกรณ์ทดสอบหลังจากที่ทดสอบเป็นเวลานาน เช่น การทดสอบครั้งแรกจะเริ่มด้วยวัสดุหลักแล้วตามด้วยวัสดุแปร การทดสอบครั้งที่สองจะสลับกันโดยเริ่มด้วยวัสดุแปรแล้วค่อยตามด้วยวัสดุหลัก เป็นต้น

5.2.2 การทดสอบเพื่อประเมินการใช้งาน

บรรจุภัณฑ์ที่ออกแบบมาใช้งานจะต้องทำหน้าที่ต่างๆ กัน ตัวอย่างเช่น บรรจุภัณฑ์กล่องลูกฟูกมักจะใช้ในการป้องกันอันตรายทางกายภาพระหว่างการเก็บในคลังสินค้าหรือการขนส่ง การทดสอบเพื่อการใช้งานในการเก็บคงคลังจะเป็นการทดสอบความสามารถรับแรงกดในแนวดิ่ง (Compression Strength) เนื่องจากในคลังสินค้ากล่องจะถูกเรียงซ้อนเป็นชั้นๆ แต่ละชั้นจะกดทับลงมายังกล่องที่อยู่ข้างล่าง ดังนั้นการทดสอบความสามารถรับแรงกดในแนวดิ่งจึงเป็นการจำลอง (Simulation) การกดทับในคลังสินค้าของการเรียงซ้อนนั่นเอง

นอกจากการแยกประเภทการทดสอบเป็นการบ่งบอกและการประเมินใช้งานแล้วยังสามารถแยกตามความคล้ายคลึงของลักษณะทดสอบ จากมาตรฐานขององค์กรต่างๆ ดังที่กล่าวมาแล้ว โดยจัดแบ่งประเภทของการทดสอบที่คล้ายๆ กันเป็น 3 กลุ่มได้ดังนี้

กลุ่มที่ 1 การทดสอบคุณสมบัติบรรจุภัณฑ์ด้านการป้องกันรักษาคุณภาพและการบรรจุ เช่น การซึมผ่านของไอน้ำหรือก๊าซ และความเข้ากันได้ (Compatibility) ของบรรจุภัณฑ์กับผลิตภัณฑ์อาหารในแง่ของความแข็งแรง ได้แก่ ความต้านทานต่อการทิ่มทะลุ ความต้านทานต่อแรงดึง เป็นต้น

กลุ่มที่ 2 การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของบรรจุภัณฑ์ ได้แก่ ความหนาที่แปรปรวน ความแข็งแรงของรอยปิดผนึก และสัมประสิทธิ์ความเสียดทานซึ่งมีผลต่อการเดินวัสดุบรรจุภัณฑ์บนเครื่องจักร เป็นต้น

กลุ่มที่ 3 การทดสอบคุณสมบัติทางด้านความสวยงานของบรรจุภัณฑ์สำเร็จรูป เช่น ความแวววาวเป็นประกาย (Haze and Gloss) ความสามารถต้านทานต่อการเสียดสี และความสามารถในการจับฝุ่นจากอากาศ เป็นต้น

ในการเลือกมาตรฐานการทดสอบใดๆ ก็ตาม จำต้องทราบว่าผลที่ได้จากการทดสอบจะนำไปประเมินใช้งานได้อย่างไรบ้าง

5.3 การทดสอบวัสดุ

5.3.1 การทดสอบกระดาษ เปลวอะลูมิเนียม และฟิล์ม

(1) น้ำหนักมาตรฐาน ความหนา และความหนาแน่น

วัสดุบรรจุภัณฑ์ที่เป็นแผ่นๆ มักจะซื้อขายกันด้วยน้ำหนักมาตรฐานหรือ Basis Weight ตัวอย่างเช่น กระดาษที่เรียกว่า 100 กรัม ความจริงเป็นการเรียกจาก น้ำหนักมาตรฐานเป็นกรัมต่อตารางเมตร แต่เรียกง่ายๆ ว่า กรัม บางครั้งอาจจะได้ยินคำว่า gsm ซึ่งย่อมาจาก "gram per square-meter" หรือกรัมต่อตารางเมตรนั่นเอง

ภาพที่ 3 แสดงการทดสอบด้วยการชั่งน้ำหนัก

ในอดีตมีการเรียกน้ำหนักมาตรฐานเป็นปอนด์ต่อรีม คำว่า รีม คือ จำนวนกระดาษ 500 แผ่น ของขนาด 24 นิ้ว x 36 นิ้ว ซึ่งมีพื้นที่เท่ากับ 432,000 ตารางนิ้ว ดังนั้น น้ำหนักมาตรฐาน 40 ปอนด์ต่อรีม คือ กระดาษขนาดและจำนวนดังกล่าวชั่งได้น้ำหนัก 40 ปอนด์

ส่วนความหนานั้นเป็นคุณสมบัติที่สองที่มักจะกล่าวถึง เนื่องจากความหนามีผลโดยตรงต่อความเหนียวหรือความสามารถในการงอพับของวัสดุบรรจุภัณฑ์ และยังสัมพันธ์กับความสามารถในการซึมผ่านของไอน้ำหรือก๊าซของวัสดุบรรจุภัณฑ์นั้นๆ ศัพท์คำว่า ความหนา ในภาษาอังกฤษนอกจาก Thickness แล้ว บางครั้งเรียกว่า Caliper

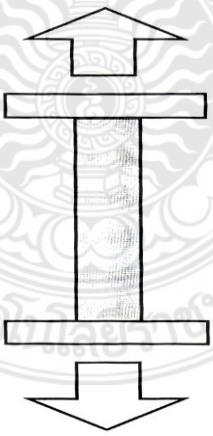
สำหรับกระดาษแข็ง บางทีมีการเรียกความหนาเป็นพอยต์ (Points) ซึ่งหมายถึงเศษหนึ่งส่วนพันของหนึ่งนิ้ว ดังนั้นกระดาษแข็งที่หนา 0.025 นิ้ว ก็คือ 25 พอยต์ ความหนาแน่นจะได้จากการคำนวณของน้ำหนักและความหนา คือ มีค่าเป็นน้ำหนักต่อหน่วยปริมาตรเขียนเป็นสูตรได้ว่า

$$\text{ความหนาแน่น} = \frac{\text{น้ำหนักมาตรฐาน}}{\text{ความหนา} \times \text{พื้นที่ผิว}}$$

ความหนาแน่นนี้เป็นคุณลักษณะที่จำเป็นต้องทราบของกระดาษประเภทต่างๆ เนื่องจากความหนาแน่นที่แตกต่างกันของกระดาษแต่ละชนิด มีผลต่อคุณสมบัติต่างๆ ของกระดาษโดยตรง

(2) ความต้านทานต่อแรงดึง (Tensile Strength)

การทดสอบความต้านทานต่อแรงดึงเป็นการทดสอบศักยภาพความทนทานต่อแรงดึงของวัสดุ โดยวัสดุบรรจุภัณฑ์จะถูกแรงดึงอย่างช้าๆ จนกระทั่งขาดออกจากกัน แล้ววัดค่าแรงดึงสูงสุดขณะที่ขาดและยืดตัวของวัสดุสุดท้ายขณะที่ขาด การทดสอบนี้นับเป็นการทดสอบคุณสมบัติทางกลอย่างง่ายของวัสดุที่เป็นแผ่นหรือฟิล์ม การทดสอบมักจะทำใน 2 ทิศทาง คือ ในแนวทิศที่วัสดุผลิตจากเครื่องจักรแปรรูป เรียกว่า ทิศในแนวของเครื่องจักร (Machine Direction หรือ MD) และอีกทิศหนึ่งคือแนวที่ตั้งฉากกับ MD (Cross-Machine Direction หรือ CD) ผลการทดสอบแสดงในรูป (ก) หน้า 168

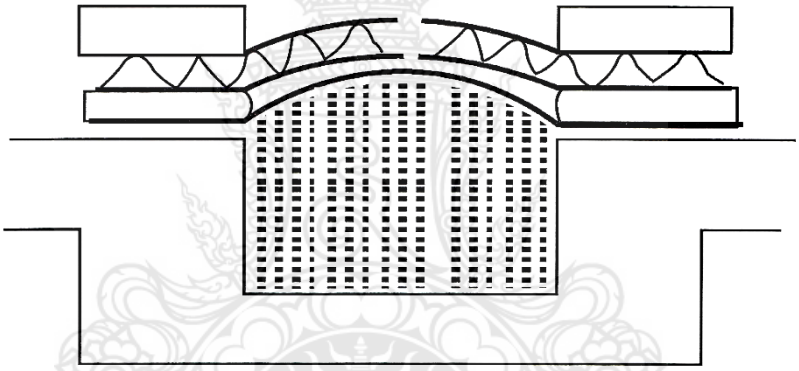


ภาพที่ 4 แสดงการทดสอบความต้านทานต่อแรงดึง

(3) ความต้านทานต่อแรงดันทะลุ (Bursting Strength)

การทดสอบแรงดันทะลุเป็นการทดสอบขั้นพื้นฐานของอุตสาหกรรมกระดาษ โดยการเพิ่มแรงดันต่อกระดาษที่ถูกยึดไว้ให้แน่น เพื่อทดสอบว่ากระดาษจะทนแรงดันได้มากน้อยแค่ไหน การทดสอบนี้อาจเรียกตามชื่อของผู้ที่ค้นพบว่า "Mullen Test" (มูลเลนเทสต์)

การทดสอบนี้เป็นวิธีง่ายๆ ที่จะตรวจสอบความแข็งแรงของวัสดุบรรจุภัณฑ์ซึ่งใช้มากกับกระดาษลูกฟูกและอาจจะใช้กับพลาสติกบางประเภทที่ยืดตัวได้น้อย สิ่งที่ควรตระหนักถึงคือ การทดสอบนี้มิได้มีความสัมพันธ์โดยตรงกับความแข็งแรงของบรรจุภัณฑ์ที่นำวัสดุที่ทดสอบนี้ไปขึ้นรูป แต่เป็นการศึกษาความแข็งแรงขอวัสดุเท่านั้น กล่าวคือ กระดาษลูกฟูก โครงสร้าง A ที่มีค่า Burst Test สูงกว่าโครงสร้าง B เมื่อขึ้นรูปเป็นกล่อง กล่องที่ทำจากกระดาษลูกฟูกโครงสร้าง A ไม่จำเป็นเสมอไปว่าจะแข็งแรงกว่ากล่องที่ทำจากกระดาษลูกฟูก B อย่างไรก็ตามการทดสอบนี้ยังนิยมใช้เนื่องจากทดสอบได้ง่ายและเร็ว



ภาพที่ 5 แสดงการทดสอบความต้านทานต่อแรงดันทะลุ

(4) ความต้านทานการฉีกขาด (Tear Strength)

การทดสอบแบบนี้คล้ายคลึงกับการทดสอบความต้านทานต่อแรงดันทะลุ คือ เป็นการทดสอบขั้นพื้นฐานเพื่อศึกษาความแข็งแรงของวัสดุ ส่วนมากใช้ทดสอบกับกระดาษ เนื่องจากเป็นการทดสอบที่ง่ายและอุปกรณ์ไม่แพงมากนัก

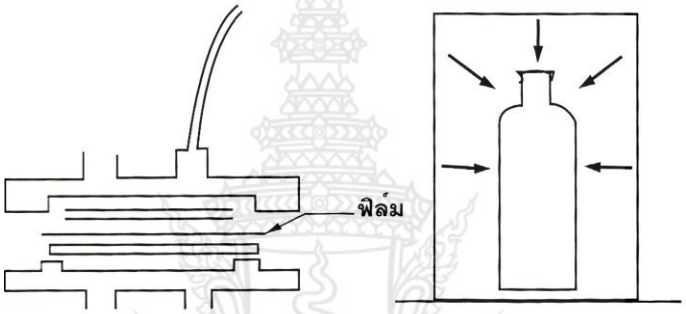
การทดสอบความต้านทานการฉีกขาดมีอยู่หลายวิธี วิธีที่มีการใช้กันมาก คือ การใช้เครื่องมือที่มีชื่อว่า Elmendorf เป็นการวัดพลังงานที่ใช้ในการฉีกกระดาษออกจากกัน ค่าพลังงานที่วัดได้จากสเกลบนเครื่องจะแปลงมาเป็นแรงที่ใช้ในการฉีกกระดาษดังแสดงในรูป (ข) หน้า 168

(5) อัตราการซึมผ่านของก๊าซ (Gas Transmission Rate - GTR)

อัตราการซึมผ่านของวัสดุบรรจุภัณฑ์ประเภทแผ่นและฟิล์ม โดยเฉพาะพลาสติกจะมีคุณสมบัติเฉพาะตัวซึ่งสามารถทดสอบอย่างง่ายๆ โดยนำกระดาษมาปิดที่ปากแล้วเป่าลมผ่านกระดาษ

ไปยังมืออีกข้างที่ปิดไว้อีกด้านหนึ่งของกระดาษที่มือจะสามารถรับความรู้สึกของลมร้อนที่ผ่านออกจากกระดาษมาได้ ซึ่งแสดงว่ากระดาษมีความต้านทานความสามารถหรือปล่อยให้อากาศซึมผ่านได้ คุณสมบัติเช่นนี้ก็มีในฟิล์มพลาสติก เพียงแต่ว่าการซึมผ่านของฟิล์มพลาสติกนั้นเกิดขึ้นช้ากว่า

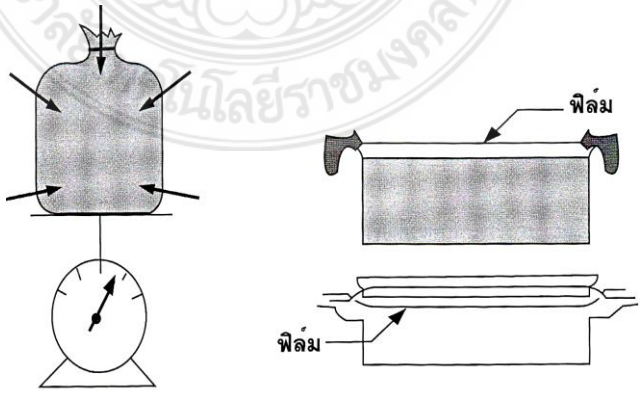
การทดสอบอัตราการซึมผ่านของก๊าซเป็นการวัดปริมาตรของก๊าซชนิดต่างๆ ที่สามารถซึมผ่านวัสดุบรรจุภัณฑ์ประเภทใดประเภทหนึ่ง วิธีการทดสอบทำโดยการตัดวัสดุบรรจุภัณฑ์มาประกบตรงกลางระหว่างเซลล์ 2 ข้าง เซลล์แต่ละข้างจะมีความดันของก๊าซแตกต่างกัน ก๊าซของด้านที่มีความดันสูงจะสามารถดันก๊าซผ่านฟิล์มไปยังอีกด้านหนึ่ง ปริมาตรของก๊าซที่วัดได้จากการซึมผ่านจะเป็นค่าคงที่ของวัสดุบรรจุภัณฑ์ ณ อุณหภูมิหนึ่งและพื้นที่ผิวที่กำหนดไว้มีหน่วยเป็นลูกบาศก์เซนติเมตร หรือ ซีซี/ตารางเมตร/วัน



ภาพที่ 6 แสดงการทดสอบหาอัตราซึมผ่านของก๊าซ

(6) อัตราการซึมผ่านของไอน้ำ (Water Vapor Transmission Rate - WVTR)

การทดสอบอัตราการซึมผ่านของไอน้ำเป็นการทดสอบที่มีหลักการคล้ายคลึงกับการซึมผ่านของก๊าซแต่แตกต่างกัน คือ แทนที่จะวัดเป็นปริมาตรจะวัดเป็นน้ำหนักแทน นอกจากนี้การวัดการซึมผ่านของไอน้ำจะวัดในสถานะที่สมดุลที่อุณหภูมิ 38°c ความชื้นสัมพัทธ์ที่ 90% โดยมีหน่วยเป็น กรัม/ตารางเมตร/วัน



ภาพที่ 7 แสดงการทดสอบหาอัตราการซึมผ่านของไอน้ำ

ตารางที่ 3 แสดงการแปลงหน่วยต่างๆ ของการวัดอัตราการซึมผ่านของไอน้ำมาเป็นหน่วยมาตรฐานที่สภาวะและความดันมาตรฐานเดียวกันโดยมีหน่วยปริมาตรลูกบาศก์เซนติเมตร/ตารางเซนติเมตรของพื้นที่ผิว/มิลลิเมตรของความหนา/เวลาเป็นวินาที/ความสูงของปรอทเป็นเซนติเมตร

ตารางที่ 3 แสดงการแปลงหน่วยของอัตราการซึมผ่านของไอน้ำ

หน่วย	ตัวคงที่ ที่ใช้คูณ
กรัม/ตร.ม./มม./24 ชม./ซม.ปรอท	$\times \frac{2.5927}{\text{น.น.โมเลกุลของก๊าซหรือไอน้ำ}} \times 10^{-5}$
ซีซี/100 ตร.นิ้ว/มิลล์/24 ชม./ความดันบรรยากาศ (atm)	$\times 5.9957 \times 10^{-12}$
กรัม/ตร.นิ้ว/มิลล์/24 ชม./ความดันที่กำหนด	$\times \frac{1.0207 \times 10^{-3}}{(\text{น.น.โมเลกุล}) \times (\text{ความดันหน่วยเป็นซม.ปรอท})}$
กรัม/100 ตร.นิ้ว/มิลล์/24 ชม./ความดันบรรยากาศ (atm)	$\times \frac{1.3430 \times 10^{-7}}{\text{น.น.โมเลกุล}}$
ซีซี/100 ตร.นิ้ว/มม./24 ชม./ซม.ปรอท	$\times 4.5568 \times 10^{-10}$
กรัม/100 ตร.นิ้ว/มิลล์/24 ชม./ความดันที่กำหนด	$\times \frac{1.0207 \times 10^{-5}}{(\text{น.น.โมเลกุล}) \times (\text{ความดันหน่วยเป็นซม.ปรอท})}$
ซีซี/ตร.ซม./มม./24 ชม./ซม.ปรอท	$\times 1.157 \times 10^{-9}$
กรัม/ตร.ซม./ซม./ชม./ซม.ปรอท	$\times \frac{6.222 \times 10^{2}}{\text{น.น.โมเลกุล}}$
ซีซี/ตร.ซม./ซม./วินาที/ซม.ปรอท	x10
ซีซี/ตร.นิ้ว/มิลล์/24 ชม./ความดันบรรยากาศ (atm)	x 3.8073x 10-12
กรัม/ตร.นิ้ว/มิลล์/24 ชม./ความดันที่กำหนด	$\times \frac{6.1404 \times 10^{-7}}{(\text{น.น.โมเลกุล}) \times (\text{ความดันหน่วยเป็นซม.ปรอท})}$
ซีซี/100 ตร.นิ้ว/มิลล์/24 ชม./ความดันบรรยากาศ (atm)	x 1.4390x 10-10

5.3.2 การทดสอบกระดาษแข็งและกระดาษลูกฟูก

การทดสอบอันดับแรกของบรรจุภัณฑ์กระดาษ คือ การทดสอบหาความชื้นของกระดาษตามด้วยการหาน้ำหนักมาตรฐานและความหนาของกระดาษ อันดับต่อไปคือ การหาเกรนหรือแนวเยื่อเส้นใยของกระดาษว่าอยู่ในแนวที่ต้องการหรือไม่เมื่อขึ้นรูปเป็นกล่อง แล้วจึงค่อยวัดขนาดมิติของกล่อง ซึ่งอาจวัดมิติเมื่อขึ้นรูปเสร็จหรือมีการแกะกล่องออกและแผ่เป็นแผ่นแนวราบ ในแง่ของการผลิตตัวกล่องกระดาษแข็งจะต้องถูกตรวจสอบความลึกและความกว้างของการทับเส้นเพื่อการขึ้นรูปกล่องได้ง่ายหรือยาก

สำหรับกล่องกระดาษลูกฟูก นอกเหนือจากน้ำหนักมาตรฐานและความหนาของกระดาษที่ใช้ผลิตแผ่นกระดาษลูกฟูก การทดสอบที่นิยมมากคือ การทดสอบแรงดันทะลุซึ่งเป็นการทดสอบความแข็งแรงแบบพื้นฐาน การทดสอบที่ให้ผลแน่นอนกว่า คือ การทดสอบความแข็งแรงตามขอบของกระดาษลูกฟูก (Edge Crush Test หรือ ECT) ดังแสดงในรูปที่ 5.7 และรูป (ง) ในหน้า 168 และความสามารถในการรับแรงกดในแนวราบของลอน (Flat Crush Test) ในรูปที่ 5.8 สำหรับการทดสอบความแข็งแรงตามขอบนี้สามารถใช้ในการประเมินความแข็งแรงของกล่องลูกฟูกในแง่ของความสามารถรับแรงกดในแนวดิ่ง (Compression Strength) โดยใช้สูตรที่คิดค้นโดย McKee มีดังนี้

$$P = 1.82ECT \times \sqrt{H} \times \sqrt{Z}$$

โดยที่

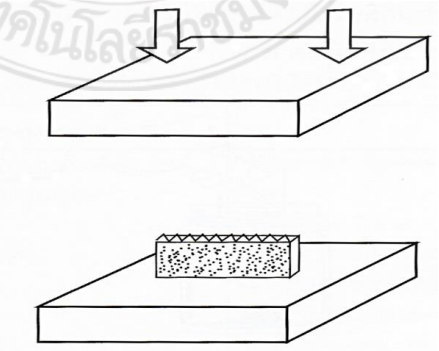
P = ค่าประเมินของความต้านทานรับแรงกดในแนวดิ่ง (kp)

ECT = ค่าความแข็งแรงตามขอบของกระดาษลูกฟูก (kp/cm)

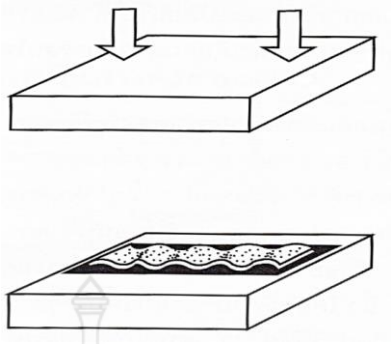
H = ความหนาของกระดาษลูกฟูก (มม.)

Z = ความยาวของเส้นรอบรูปของกล่องลูกฟูกด้านที่รับแรงกด

หมายเหตุ ค่า kp = 10 นิวตัน



ภาพที่ 8 การทดสอบความแข็งแรงตามขอบของกระดาษลูกฟูก



ภาพที่ 9 การทดสอบการรับแรงกดในแนวราบของลอนลูกฟูก

5.3.3 การทดสอบประเภทของพลาสติก

สำหรับคนที่ไม่ได้อยู่ในวงการบรรจุภัณฑ์หรือวงการพลาสติก การเรียกชื่อพลาสติกประเภทต่างๆ ที่เริ่มต้นด้วยตัวพีก็ยุ่งยากพอสมควร ยิ่งถ้ามีการแยกประเภทของพลาสติกคงยุ่งยากมากขึ้นไปอีก อย่างไรก็ตาม ในหัวข้อต่อไปนี้จะพยายามอธิบายถึงวิธีการบ่งบอกพลาสติกประเภทต่างๆ อย่างง่ายๆ โดยไม่จำเป็นต้องใช้เครื่องมือที่สลับซับซ้อน

ขั้นตอนอันดับแรกในการทดสอบ คือ การเผาหรือลนด้วยไฟ แล้วสังเกตสิ่งต่างๆ ดังนี้

1. ลักษณะการไหม้ของพลาสติก
2. ถ้าพลาสติกนั้นจุดไฟติด สังเกตสีของเปลวไฟที่ไหม้
3. พลาสติกที่ไหม้ติดไฟมีควันหรือไม่
4. ถ้ามีควันให้สังเกตสีของควัน
5. ลักษณะการไหม้ของพลาสติกมีเศษหรือมีของเหลวหยดหรือไม่
6. เมื่อดับไฟแล้ว การไหม้ยังเป็นไปอย่างต่อเนื่องหรือไม่
7. ในขณะที่ไหม้นั้น มีกลิ่นจากการเผาไหม้หรือไม่

วิธีการบ่งบอกประเภทของพลาสติกด้วยการเผานี้ควรจะเริ่มจากการลนไฟพลาสติกที่รู้จักว่าเป็นอะไรก่อน เพื่อสังเกตลักษณะของการเผาไหม้ และทำความคุ้นเคยกับผลจากการเผาไหม้ของพลาสติกแต่ละประเภท พลาสติกบางจำพวก เช่น PVC เมื่อมีการเติมสารต่างๆ เช่น พวก Fillers, Plasticizers เป็นต้น จะทำให้ลักษณะการเผาไหม้แปรเปลี่ยนไปได้ ส่วนการดมกลิ่นที่เกิดจากการเผาไหม้ ควรจะดมหลังจากดับไฟแล้วค่อยๆ ดม รายละเอียดผลจากการลนไฟนี้สรุปอยู่ในตารางที่ 4

ขั้นตอนต่อไปในการทดสอบ คือ การทำให้พลาสติกละลายในสารตัวทำละลาย (Solvents) ซึ่งสารตัวทำละลายส่วนใหญ่ค่อนข้างจะเป็นอันตราย การทดสอบในขั้นตอนนี้จึงควรระวังอย่างยิ่ง ตัวอย่างพลาสติกที่ใช้อาจมีขนาดเพียง ½ x ½ นิ้ว โดยใส่ไว้ในขวดแก้วที่บรรจุสารตัวทำละลายไว้

อย่างน้อย 12 เซนติเมตรดังภาพที่ 10 พลาสติกต่างชนิดกันจะละลายในสารตัวทำละลายต่างกัน ดังแสดงในตารางที่ 5

ภาพที่ 10 แสดงการทดสอบประเภทของพลาสติกด้วยการใช้สารตัวทำละลาย

ตารางที่ 4 วิธีการทดสอบหาประเภทของพลาสติกด้วยการลนไฟ

ประเภทของฟิล์ม	**สีของเปลวไฟ**	**ลักษณะ**	**กลิ่นจากการไหม้**	**ความหนาแน่น (กรัม/ลบ.ซม.)**
Polyethylene	ส่วนบนเป็นสีเหลือง ส่วนล่างเป็นสีฟ้า	ควันสีขาว ละลายเป็นหยด คล้ายเทียน	กลิ่นไหม้ของไข	LDPE : 0.91-0.94 HDPE : 0.94-0.965
Polypropylene	ส่วนบนเป็นสีเหลือง ส่วนล่างเป็นสีฟ้า	หลอมละลายเป็นหยด	กลิ่นไหม้ของไข	0.9 - 0.915
PVC	สีเหลืองอมส้ม มีขอบเปลวเป็นสีเขียว	แยกตัว	กลิ่นคลอไรด์	1.28 - 1.38
Polyester	สีเหลือง	ควันสีดำ ไม่มีการหยด ไหม้ไปเรื่อยๆ	ไม่ลุกไหม้ได้ง่ายๆ	1.38
Polycarbonate	สีเหลืองอมส้ม	ควันสีดำ ไม่มีการหยด มีการ	ไม่ลุกไหม้ได้ง่ายๆ	1.2

		แยกตัว		
Nylon	สีฟ้าและปลายเปลวเป็นสีเหลือง	ละลาย หยดเป็นฟอง หยดเป็นก้อนๆ	คล้ายกับกาไหม้ผม	1.06 - 1.14
Polystyrene	สีเหลืองส้ม	เขม่าสีดำ ไม่มีการหยด นิ่มตัว	กลิ่นหอม	1.04 - 1.09
กระดาษแก้ว	สีเหลืองส้มอมสีเทา	มีควันไหม้ได้เร็วและไหม้อย่างสมบูรณ์	คล้ายกับไหม้กระดาษ	0.48

แหล่งที่มา : Athalye, A.S. "Identification and Testing of Plastics"

ตารางที่ 5 ประเภทของพลาสติกที่ละลายในสารตัวทำละลาย

ประเภทพลาสติก	**สารตัวทำละลาย (Solvent)**
Polyethylene, Polybutene-1,	p-Xylene*, Trichlorobenzene-, Decane*, Decalin*
Isotactic Polypropylene	Benzene, Toluene, Chloroform, Cyclohexanone,
Polystyrene	Tetrahydrofuran,Cyclohexzanone,Methylethhlketone,Dimethylformamide
Polyvinyl Chloride	Aqueous cupriammonium hydroxide*,
Cellulose	Aqueous zinc chloride, Aqueous calcium thiocyanate
Polyamides	Formic acid, Conc. Sulfuric acid, Dirmethylformamide, Mcresol

แหล่งที่มา : Athalye A.S. "Identification and Testing of Plastics"

ขั้นตอนสุดท้ายคือ การหาความถ่วงจำเพาะ (Specific Gravity) ตามที่ทราบกันแล้วว่าพลาสติกแต่ละประเภทมีความหนาแน่นที่แตกต่างกัน การทดสอบดังแสดงในรูปที่ 5.11 ของเหลวที่บรรจุอยู่ในขวดเมทิลแอลกอฮอล์ (Methyl Alcohol หรือ Methanol) หรือน้ำยาซักผ้าผสมน้ำ โดยมีส่วนผสมของน้ำยาซักผ้า (1 ส่วนใน 100 ส่วนของน้ำ การทดสอบจะใช้เมทิลแอลกอฮอล์มีความถ่วงจำเพาะ 0.7917 ที่อุณหภูมิห้อง แต่ส่วนใหญ่จะใช้น้ำผสมน้ำยาซักผ้า เพราะพลาสติกส่วนใหญ่มีความถ่วงจำเพาะมากกว่า 1 การหาความถ่วงจำเพาะจะหาได้จากสูตรดังต่อไปนี้เพื่อเปรียบเทียบหาประเภทของพลาสติกในตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ความถ่วงจำเพาะของพลาสติกประเภทต่างๆ

พลาสติก	ความถ่วงจำเพาะ
Polypropylene (PP)	0.85 - 0.90
Low Density Polyethylene (LDPE)	0.91 - 0.93
High Density Polyethylene(HDPE)	0.91 - 0.96
Polystyrene	1.05 - 1.08
Nylon	1.09 - 1.14
Polyester	1.12 - 1.30
Vinyl Chloride	1.15 - 1.65
Polycarbonate	1.20

5.4 การทดสอบบรรจุภัณฑ์

การทดสอบบรรจุภัณฑ์อาจแบ่งเป็น 2 ประเภทคือ การทดสอบเพื่อควบคุมคุณภาพของบรรจุภัณฑ์และการทดสอบบรรจุภัณฑ์เพื่อการขนส่ง การทดสอบทั้ง 2 ประเภทนี้เป็นการจำลองการใช้งานจริงของบรรจุภัณฑ์มาทำการทดสอบในห้องปฏิบัติการ

5.4.1 การทดสอบบรรจุภัณฑ์เพื่อควบคุมคุณภาพ

(1) การทดสอบกระป๋องโลหะ

โดยทั่วไปบรรจุภัณฑ์กระป๋องควรจะถูกบรรจุไม่ต่ำกว่า 90% ของความจุทั้งหมดตามมาตรฐานของ U.S. FDA มาตรฐานนี้ หมายถึงช่องว่างเหนืออาหารสุทธิ (Net Head Space) ของภาชนะไม่ควรมากกว่า 10% ของความสูงด้านในของกระป๋อง ในตารางที่ 5.5 เปรียบเทียบความจุของกระป๋องขนาดต่างๆ กัน โดยใช้กระป๋องขนาดเบอร์ 2 เป็นเกณฑ์มาตรฐานเปรียบเทียบ ตารางนี้ยังบอกขนาดของกระป๋องที่นิยมใช้ เช่น กระป๋องขนาดเบอร์ 2 มีขนาด 307 x 409 (นิ้ว) และกระป๋องเบอร์ 10 มีขนาด 603 x 700 (นิ้ว) เป็นต้น

ตารางที่ 7 แสดงความจุและค่าการเปลี่ยนขนาดของกระป๋องที่นิยมใช้ในการบรรจุผักและผลไม้กระป๋อง

ชื่อ	**ขนาด (นิ้ว)**	**ความจุของน้ำเป็นออนซ์ที่ 20 °c**	**เทียบเท่ากับกระป๋อง No.2**
6Z	202x308	6.08	0.295
8Z Short	211x300	7.93	0.386
8Z Tall	211x304	8.68	0.422
No. 1 (Picnic)	211x400	10.94	0.532
No.211Cylinder	211x414	13.56	0.660
No. 300	300x407	15.22	0.741
No.300Cylinder	300x509	19.40	0.945
No. 1 Tall	301x411	16.70	0.813
No. 303	303x509	16.88	0.821
No.303Cylinder	301x411	21.86	1.060
No.2Vacuum	307x306	14.71	0.716

No. 2	307x409	20.55	1.000
Jumbo	307x510	25.80	1.2537
No.2Cylinder	307x512	26.40	1.284
No. 1 - ¼	401x206	13.81	0.672
No. 2 - ½	401x411	29.79	1.450
No.3Vacuum	404x307	23.90	1.162
No.3Cylinder	404x700	51.70	2.515
No. 5	502x510	59.10	2.8744
No. 10	603x700	109.43	5.325

แหล่งที่มา : อย. "แนวทางในการปฏิบัติตาม GMP อาหารกระป๋อง"

หมายเหตุ ตารางข้างบนช่องขวาสุดเป็นการเทียบกับกระป๋อง No.2 แสดงปริมาณบรรจุเป็นกี่เท่าของกระป๋องขนาดเบอร์ 2

จุดมุ่งหมายของการทดสอบกระป๋องโลหะจะเน้นที่การหารอยรั่วของกระป๋อง ส่วนใหญ่จะเป็นบริเวณรอยปิดของฝากระป๋องกับตัวกระป๋อง ดังนั้นก่อนที่จะปิดฝากระป๋องจะต้องตรวจบริเวณปากกระป๋องให้มีความเรียบและเอียงเป็นมุมเดียวกันรอบตัวกระป๋อง เมื่อปิดฝากระป๋องแน่นหนาแล้วจึงอัดอากาศใส่กระป๋องให้ได้ความดันประมาณ 1.5 - 2.0 เท่าของความดันบรรยากาศ การทดสอบรอยรั่วจะกระทำภายใต้น้ำโดยกดกระป๋องให้จมน้ำเพื่อสังเกตฟองอากาศที่จะออกมาจากบริเวณที่มีรอยรั่ว

โดยทั่วไปแล้วโรงงานผู้ผลิตกระป๋องจะเป็นผู้ที่คอยช่วยเหลือและให้คำแนะนำเกี่ยวกับการตรวจสอบตะเข็บของกระป๋องแก่ลูกค้าของตน อาจจะมีเอกสารพร้อมรูปภาพแสดงวิธีการตรวจสอบ ปัจจัยสำคัญที่เกี่ยวกับการตรวจสอบมีดังต่อไปนี้

1. ตรวจสอบตะเข็บด้วยตาเปล่า

ในระหว่างการดำเนินการปิดผนึกฝากระป๋อง จำเป็นจะต้องคอยตรวจดูเป็นระยะเพื่อตรวจหาตำหนิของตะเข็บ อาทิเช่น ตะเข็บตาย (Dead Head) สันแหลม (Cut Overs) และตำหนิอื่นของ

ตะเข็บขอคู่ ควรจะควบคุมโดยผู้ที่ได้รับการฝึกฝนจนสามารถตรวจสอบด้วยตาเปล่าได้ ควรจะมีการตรวจดูเป็นช่วงระยะเวลาที่ไม่เกิน 30 นาที โดยการสุ่มตัวอย่างจากจุดที่ทำการปิดผนึกฝาและจดบันทึกผลการสังเกตผิดปกติ เช่น ทำงานช้าเกินควร เมื่อพบจุดบกพร่องควรทำการแก้ไขโดยด่วน

2. การตรวจสอบตะเข็บโดยการฉีกหรือเลาะตะเข็บ

ควรกระทำทุกๆ ช่วง 4 ชั่วโมง หลังจากเริ่มต้นการปิดผนึกฝากระป๋อง และเครื่องทำงานได้เต็มที่แล้ว ผลการตรวจสอบควรบันทึกไว้เป็นหลักฐานรวมทั้งการแก้ไข

3. การสังเกตทั่วไป

ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อคุณภาพของตะเข็บคู่ (Double Seam) มีดังนี้

- สภาพของเครื่องดื่มปิดผนึกไม่ว่าเป็นเครื่องแบบใช้มือหรือไม่ก็ตาม
- วัสดุที่ทำกระป๋อง เช่น ความหนาที่แตกต่างกันของแผ่นดีบุกที่ใช้ทำกระป๋อง
- ขนาดของกระป๋อง

4. การวัดตะเข็บที่จำเป็นและที่เลือกใช้

- ระบบการวัดโดยใช้เครื่องส่องหรือฉายตะเข็บ (Seam Scope or Projector) การวัดที่จำเป็น ได้แก่ ส่วนปลายขอบตัวกระป๋องที่บานออกเหมือนตะขอเรียกว่า ตัวขอ การเกยกัน ความแน่น (สังเกตจากรอยย่น) การวัดที่เลือกใช้ คือ ความกว้าง (ความสูง) ของฝา ความลึกของฝา และความหนา

ระบบการวัดโดยใช้เครื่องส่องหรือฉายตะเข็บ (seam scope)

- ระบบการวัดโดยใช้ไมโครมิเตอร์ (Micrometer) การวัดที่จำเป็น ได้แก่ ขอฝา ขอตัว ความหนา (หรือความสูง) ความแน่น (สังเกตจากรอยย่น) การวัดที่เลือกได้ ได้แก่ การเกยกัน (โดยการคำนวณ) ความลึกของฝา และความหนา

ในเวลาที่ทำการผลิตจริง ควรจะมีการสุ่มตัวอย่างทุกๆ ช่วงเวลาหนึ่ง เพื่อทดสอบหารอยรั่วของกระป๋องเหมือนกับการทดสอบกระป๋องเปล่า นอกจากนี้ยังควรที่จะเก็บอาหารกระป๋องไว้อีกประมาณ 30 วัน เพื่อตรวจสอบรอยรั่วอีกครั้งหนึ่ง

มีวิธีการในห้องปฏิบัติการที่ใช้กันอย่างกว้างขวางในการทดสอบอาหารกระป๋องเพื่อให้ตรงตามมาตรฐาน มีดังนี้

- สุญญากาศ (Vacuum) วัดสุญญากาศของอาหารกระป๋องด้วยมาตรวัดความดัน (Pressure Gauge) วิธีการวัดควรเจาะฝาใกล้ๆ ขอบกระป๋อง เพื่อลดการทำให้ฝาเสียรูปจากการออกแรงกด การอ่านค่าควรอ่านค่าที่อุณหภูมิห้อง เพราะกระป๋องที่อุ่นกว่าจะมีสุญญากาศต่ำและกระป๋องที่เย็นจะมีสุญญากาศสูง กระป๋องที่บรรจุเต็มหรือมีช่องว่างเหนืออาหารน้อยจะอ่านค่าไม่ได้แน่นอน เพราะปลาย

แหลมของมาตรวัดความดันจะแทงทะลุผลิตภัณฑ์หรืออากาศในเครื่องวัดเอง จะทำให้เกิดการคลาดเคลื่อนโดยค่าจะต่ำกว่าความเป็นจริงมาก

เมื่อใช้เครื่องวัดสุญญากาศด้วยไฟฟ้าสำหรับตรวจสอบภาชนะบรรจุแบบกระป๋องและขวดแก้ว โดยวัดความถี่คลื่นทำให้สามารถอ่านค่าของสุญญากาศหรือความกดดันในภาชนะบรรจุได้

- ช่องว่างเหนืออาหาร (Headspace) วัดระยะจากส่วนบนของตะเข็บขอคู่ของกระป๋องหรือขอบบนของขวดแก้วถึงระดับผิวของผลิตภัณฑ์ในภาชนะบรรจุ วัดในแนวดิ่งประมาณตรงกลางกระป๋องจุ่มลงจนถึงผิวของของเหลว แล้วอ่านค่าปกติจะอ่านเป็น 1/32 นิ้ว
บางครั้งส่วนที่เป็นของแข็งจะโผล่ขึ้นมาจากผิวของของเหลวจึงต้องกดลงไปใต้ของเหลวก่อนวัด อาจใช้ตัวถ่วงให้ของแข็งจมลง ดังนั้นการวัดระยะทางที่ได้ต้องลดด้วยระดับการแทนที่น้ำของตัวถ่วง

- ช่องว่างเหนืออาหารสุทธิของภาชนะบรรจุที่มีตะเข็บขอคู่ เช่น กระป๋องจะวัดจากระดับของของเหลวถึงฝาด้านใน อาจประเมินได้โดยหักด้วยความสูงเฉลี่ยของตะเข็บขอคู่ (ประมาณ 6/32 นิ้ว)

- น้ำหนักเนื้อ (Drained Weight) ของอาหารที่บรรจุในกระป๋อง ในห้องปฏิบัติการสามารถหาได้โดยเทอาหารในกระป๋องลงบนตะแกรง ผลิตภัณฑ์อื่นๆ ยกเว้นมะเขือเทศจะใช้ตะแกรงขนาด 8 mesh screen (0.097 in.sq. opening) และสำหรับมะเขือเทศจะใช้ตะแกรงขนาด 2 mesh (0.446 นิ้ว ใช้ลวดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.054 นิ้ว) กระป๋องขนาดต่ำกว่า 48 ออนซ์ใช้ตะแกรงที่มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 12 นิ้ว ผลิตภัณฑ์ที่หาน้ำหนักเนื้อจะต้องทำให้กระจายได้ทั่วบนตะแกรง ผลไม้ที่เป็นชิ้นอาจคว่ำบนฝ่ามือเพื่อถ่ายน้ำออกซึ่งใช้เวลาประมาณ 2 นาทีหลังจากผลิตภัณฑ์ถูกเทบนตะแกรง จากนั้นจึงชั่งของแข็งที่เหลือ (Drain Solid) โดยวิธีใดวิธีหนึ่งดังต่อไปนี้

- อาหารถูกชั่งพร้อมตะแกรง แล้วจึงหักด้วยน้ำหนักตะแกรง บางครั้งมีของเหลวขังอยู่ในช่องตะแกรงซึ่งไม่สามารถล้างออก (จึงต้องรวมลงในน้ำหนักตะแกรงปกติหนักประมาณ 0.05 - 0.10 ออนซ์)

- ถ่ายชิ้นอาหารลงบนภาชนะหรือจาน แล้วชั่งด้วยตาชั่งที่มีความละเอียดในการอ่าน วิธีนี้ของเหลวที่ขังในตะแกรงจะไม่ถูกชั่ง และค่าน้ำหนักเนื้อจะต่ำกว่าแบบแรกเล็กน้อย
นอกเหนือจากการทดสอบประเภทต่างๆ ดังกล่าวแล้ว การทดสอบกระป๋องที่สมควรทำเพิ่ม คือ การทดสอบการขึ้นสนิมโดยการเก็บอาหารกระป๋องภายใต้สภาวะของน้ำเกลือหรือกรด เพื่อเป็นการเร่งโอกาสการเกิดสนิม

(2) การทดสอบบรรจุภัณฑ์แก้ว

ปัญหาส่วนใหญ่ที่จะเกิดกับบรรจุภัณฑ์แก้วมักจะอยู่ตรงบริเวณฝาปิด นอกจากนั้นก็จะเป็นการร้าวของบรรจุภัณฑ์แก้วระหว่างการบรรจุ การล้าง และการขนส่ง

การบรรจุขวดแก้ว (Fill of Container-Glass jars) เนื่องจากเส้นผ่าศูนย์กลางของขวดแก้วมักไม่เท่ากันตลอดจากบนถึงล่าง คำนวณโดยใช้หลักการเติมน้ำลงในขวดแก้วให้ได้ระดับสูงสุด (Over-

flow Capacity) เพราะต้องวัดน้ำหนักของน้ำที่เติมลงไปจนถึงระดับของช่องว่างบริเวณส่วนบนของขวด (Headspace) ที่แท้จริง สูตรในการคำนวณหาระดับการบรรจุมีดังนี้

การตรวจสอบบรรจุภัณฑ์แก้วอันดับแรก คือ การวัดมิติ โดยเฉพาะอย่างยิ่งบริเวณปากขวดและความสูงของขวดไม่ต้องแปรเปลี่ยนมากนัก อันดับต่อมา คือ การวัดปริมาตรและน้ำหนักของตัวบรรจุภัณฑ์ อันดับสุดท้ายคือ การทดสอบความสนิทแน่นของการปิดฝากับตัวบรรจุภัณฑ์แก้ว การวัดความสนิทแน่นจะวัดค่าโมเมนต์ของแรงบิดที่ต้องใช้ในการปิดและเปิดขวด การวัดค่าโมเมนต์ในการปิดจะใช้ในการตั้งเครื่องปิดขวดเพื่อให้แน่นพอที่สินค้าไม่รั่วออกบริเวณฝา แต่ต้องไม่แน่นมากจนผู้บริโภคไม่สามารถเปิดได้ ด้วยเหตุนี้จึงต้องมีการวัดค่าโมเมนต์ของการเปิดด้วย

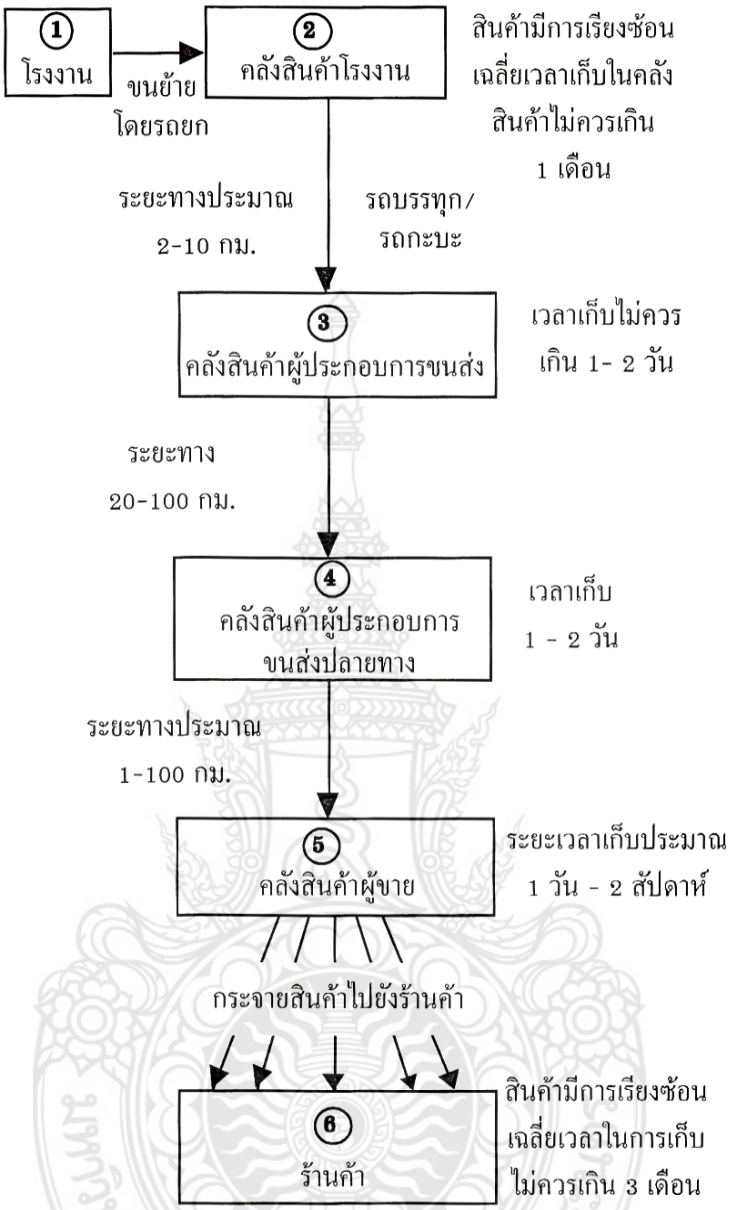
(3) การเชื่อมด้วยความร้อนของบริเวณปิดผนึกซอง

การทดสอบของบริเวณปิดผนึกซอง ความดันและเวลาที่ใช้ในการเชื่อมติดความร้อนเพื่อให้ได้ความแข็งแรงของบริเวณปิดผนึกตามต้องการ เครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบจึงต้องสามารถแปรเปลี่ยนองค์ประกอบใดขององค์ประกอบทั้งสามได้โดยอาจจะเริ่มต้นจากกำหนดค่าความดันและเวลาคงที่แล้วค่อยๆ เพิ่มหรือลดอุณหภูมิ จนกระทั่งวัสดุเชื่อมติดกัน ความแข็งแรงในการเชื่อมติดนี้ วัดได้จากค่าความต้านทานต่อแรงดึงดังที่กล่าวมาแล้ว จนกระทั่งอุณหภูมิในการเชื่อมติดของบริเวณที่ปิดผนึกให้ความแข็งแรงใกล้เคียงกับตัววัสดุบรรจุภัณฑ์แล้วค่อยแปรความดันและเวลาแต่ละองค์ประกอบต่อไป

ส่วนการทดสอบหารอยรั่วของบริเวณปิดผนึก จะทำการทดสอบภายใต้น้ำเพื่อสังเกตฟองอากาศที่จะออกจากรอยรั่ว คล้ายคลึงกับการทดสอบรอยรั่วของกระป๋อง

5.4.2 การทดสอบบรรจุภัณฑ์เพื่อการขนส่ง

การทดสอบบรรจุภัณฑ์เพื่อการขนส่งต้องใช้อุปกรณ์ในการทดสอบที่มีราคาสูงกว่าเครื่องมือทดสอบต่างๆ ตามที่กล่าวมาแล้ว การทดสอบที่มีความสำคัญมากได้แก่ การทดสอบการสั่นกระแทกและความต้านทานแรงกดในแนวดิ่ง เพื่อเป็นการจำลองการขนย้ายผลิตภัณฑ์ดังแสดงในภาพที่ 11



ภาพที่ 11 ตัวอย่างช่องทางการขนส่งสินค้า

แหล่งที่มา : Paine,F.A. "Fundamental of Packaging" p.74

(1) การทดสอบการสั่นกระแทก

การทดสอบจะทำการปล่อยบรรจุภัณฑ์พร้อมสินค้าให้ตกกระแทกลงสู่พื้น (Drop Test) สิ่งสำคัญในการทดสอบคือ อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบนี้จะต้องสามารถควบคุมบริเวณที่ตกกระแทกของบรรจุภัณฑ์ได้ โดยในขณะที่ปล่อยตกลงมาจะไม่มีการหมุนตัวเพื่อสามารถควบคุมบริเวณที่ตกกระแทกได้ ก็จะสามารถศึกษาความแข็งแรงในทุกๆ ด้านของบรรจุภัณฑ์ วิธีการทดสอบการตกกระแทกจะสามารถแยกเป็นการปล่อยให้ตกกระแทก ณ ความสูงคงที่ ด้วยการกำหนดจำนวนครั้งที่ปล่อยให้ตก ณ ความ

สูงนั้นๆ หรืออาจจะทดสอบโดยการเพิ่มความสูงมากขึ้นเรื่อยๆ จนกระทั่งบรรจุภัณฑ์ไม่สามารถปกป้องสินค้าต่อไปได้ วิธีการนี้เหมาะสำหรับใช้ในการเปรียบเทียบบรรจุภัณฑ์ขนส่งต่างชนิดกันว่าสามารถป้องกันสินค้าได้ดีกว่ากันมากน้อยแค่ไหน

ในห้องปฏิบัติการ การทดสอบประเมินความสามารถของบรรจุภัณฑ์ที่จะป้องกันผลิตภัณฑ์อาหารจากการตกกระแทกใช้เกณฑ์การทดสอบดังต่อไปนี้

ตารางที่ 8 แสดงการทดสอบประเมินความสามารถของบรรจุภัณฑ์จากน้ำหนัก และความสูงที่ปล่อยตก

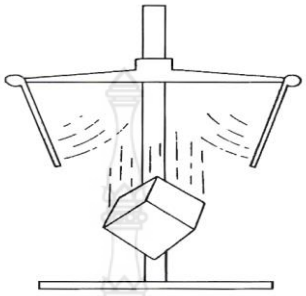
น้ำหนักของบรรจุภัณฑ์ (กก.)	ความสูงที่ปล่อยตก (มม.)
น้อยกว่า 10	800
10 ถึง 20	600
20 ถึง 30	500
30 ถึง 40	400
40 ถึง 50	300
50 ถึง 100	200
มากกว่า 100	100

การสั่นสะเทือน เริ่มจากการกำหนดความสัมพันธ์ระหว่างความถี่และความเร่งของการสั่นสะเทือนที่มีโอกาสเกิดระหว่างการขนส่ง

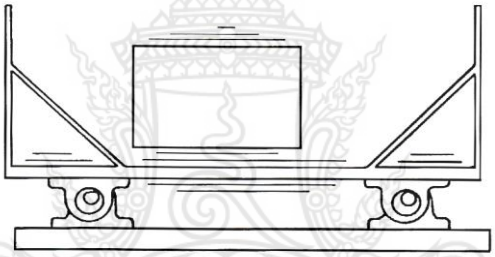
การสั่นสะเทือนที่เกิดระหว่างการขนส่งค่อนข้างสลับซับซ้อนและไม่แน่นอน (Random) ด้วยเหตุนี้การออกแบบบรรจุภัณฑ์เพื่อป้องกันอันตรายจากการสั่นสะเทือนจึงจำต้องทราบถึงค่าความถี่ธรรมชาติ (Natural Frequencies) ของสินค้าและชิ้นส่วนของสินค้าบริเวณที่แตกหักง่ายที่สุดละหาวิธีการป้องกันหรือหน่วงให้สินค้าพ้นจากความถี่อันตรายดังกล่าว

นักออกแบบบรรจุภัณฑ์จึงจำต้องเลือกหาค่าความสัมพันธ์ระหว่างความเร่งและความถี่ตามที่แสดงในรูปที่ 5.13 พร้อมทั้งใช้ข้อมูลอื่นๆ ประกอบในการออกแบบเช่น ข้อมูลเกี่ยวกับสินค้า สำหรับความสัมพันธ์ระหว่างความเร่งและความถี่นี้ องค์ประกอบที่จะทำให้สินค้าแตกหักคือ ค่า Amplitude ของความเร่งซึ่งสูงพอที่จะก่อให้เกิดอันตรายต่อชิ้นส่วนของสินค้า พร้อมทั้งช่วงความถี่ที่ก่อให้เกิดความเร่งนี้ โดยปกติในความถี่นี้จะพิจารณาเฉพาะช่วง 1-200 Hz ซึ่งเป็นช่วงความถี่ในสภาวะการขนส่งจริง

การสั่นสะเทือน มีโอกาสทำให้สินค้าแตกหักเสียหายได้ง่าย หรือเกิดการเสียดสีจนทำให้สินค้าขายไม่ออกหรือจำต้องขายลดราคา วิธีการป้องกัน คือ การพยายามจัดเรียงสินค้าพร้อมวัสดุป้องกันการสั่นกระแทก เช่น นำกระดาษลูกฟูกหรือเศษหนังสือพิมพ์มากรุหรือแทรกภายในบรรจุภัณฑ์ให้แน่นและไม่ยุบตัวโดยง่าย ก็จะช่วยป้องกันอันตรายจากการสั่นสะเทือนในระหว่างการขนส่งได้



ภาพที่ 12 การทดสอบการตกกระแทกบรรจุภัณฑ์จะตกลงมาจากที่วางคล้ายบานพับตามความสูงกำหนด



ภาพที่ 13 การทดสอบการสั่นสะเทือนโดยบรรจุภัณฑ์วางบนหิ้งที่สั่นสะเทือนไปตามลูกเบี้ยวที่อยู่ข้างล่าง

การทดสอบการตกกระแทกและการสั่นสะเทือนตามที่แสดงในภาพที่ 12, 13 และ รูปซ้ายล่างในหน้า 167 เป็นวิธีการทดสอบแบบง่ายๆ ในปัจจุบันนี้เทคโนโลยีทางด้านนี้ได้รับการพัฒนามากขึ้นโดยการนำเอาระบบคอมพิวเตอร์เข้ามาจำลองและวิเคราะห์การทดสอบดังแสดงในรูปซ้ายบนหน้า 167

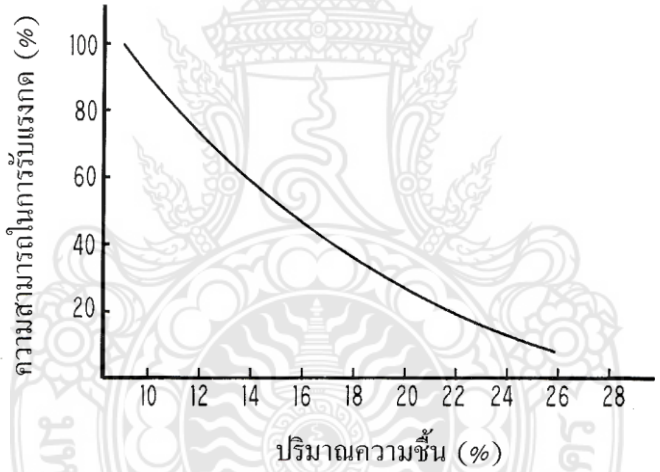
กล่าวโดยสรุปแล้ว การทดสอบการสั่นกระแทกในการออกแบบบรรจุภัณฑ์ คือ การกำหนดความสูงที่จะตกกระแทกและความสัมพันธ์ของความเร่งและความถี่ของการสั่นสะเทือนในสภาวะการขนส่ง

(2) การทดสอบความต้านทานแรงกดในแนวดิ่ง

นับเป็นการทดสอบที่นิยมมาก เนื่องจากทดสอบได้สะดวกและเข้าใจได้ง่าย ส่วนมากจะใช้ทดสอบกับกล่องกระดาษและขวดพลาสติกดังแสดงในรูปกลางหน้า 167 การทดสอบจะเป็นการเพิ่ม

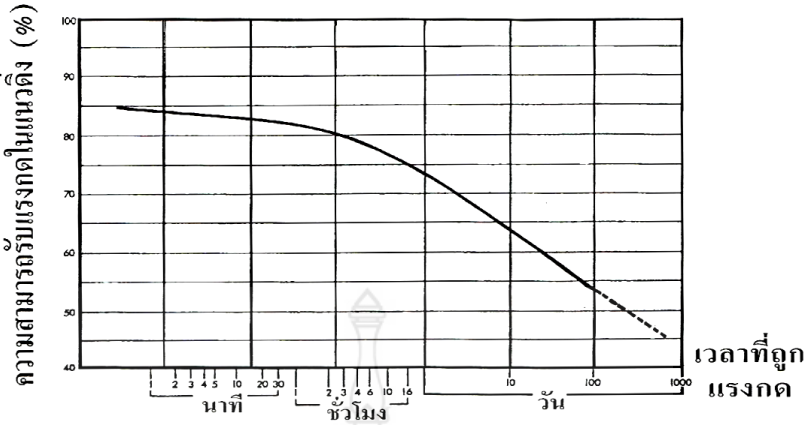
แรงกดต่อบรรจุภัณฑ์จนกระทั่งบรรจุภัณฑ์เสียหายหรือรับแรงต่อไปไม่ได้อีก การทดสอบนี้จะจำลองการกดแรงซ้อนของบรรจุภัณฑ์จริงๆ เนื่องจากแผ่นกระดาษหรือแผ่นโลหะที่กดทับลงมาจะเคลื่อนที่ลงมาตรงๆ ส่วนในสภาวะจริง เมื่อส่วนไหนของบรรจุภัณฑ์อ่อนตัวรับแรงไม่ได้ แรงกดจะกดต่อไปในจุดยุบตัวหรืออ่อนตัวนั้นเรื่อยๆ ดังนั้นความต้านทานในแนวดิ่งที่ได้จากการทดสอบ จะมีค่าน้อยกว่าค่าความเป็นจริงที่บรรจุภัณฑ์จะถูกกระทำในระหว่างการขนส่ง การประเมินค่าความเป็นจริงที่ถูกกระทำนี้อาจจะสูงถึง 5 เท่าของค่าที่ได้จากการทดสอบในห้องปฏิบัติการ

ตามที่ได้กล่าวมาแล้ว ความชื้นที่มีอยู่ในกระดาษลูกฟูกมีผลต่อการใช้งานของกล่อกระดาษลูกฟูก ความสามารถต้านทานแรงกดในแนวดิ่งจะลดน้อยลงเมื่อความชื้นในกระดาษแปรเปลี่ยนไป ภาพที่ 14 แสดงความสามารถในการรับแรงกดในแนวดิ่งที่ลดน้อยลงเป็นเปอร์เซ็นต์ โดยตั้งข้อสมมติฐานว่า ที่ปริมาณความชื้นในกระดาษที่ 5% มีความสามารถในการรับแรงกดในแนวดิ่ง 100% เต็ม เมื่อความชื้นในกระดาษเพิ่มถึง 22% ความสามารถในการรับแรงกดจะลดลงเหลือ 20% เท่านั้น



ภาพที่ 14 ความสามารถในการรับแรงกดในแนวดิ่งแปรตามปริมาณความชื้นในกระดาษ

นอกจากความชื้นในตัวกล่องกระดาษลูกฟูกแล้ว ความสามารถในการรับแรงยังแปรผันตามเวลาที่ไดรับแรงกด ถ้ากล่องได้รับการกดซ้อนกันนานๆ จะลดความต้านทานในการรับแรง เนื่องจากมีความล้า (Fatigue) เกิดขึ้นดังแสดงในภาพที่ 15 จะพบว่าช่วง 1 วันแรกนั้น ความต้านทานในการรับแรงกดจะลดลงค่อนข้างมากจาก 85% เหลือ 73% หลังจาก 1 วันแรกความล้าที่เกิดขึ้นจะมีอย่างต่อเนื่องแต่ไม่มากเท่า 24 ชั่วโมงแรก



ภาพที่ 15 ความสามารถในการรับแรงกดในแนวดิ่งแปรตามเวลา

การทดสอบความสามารถในการรับแรงกดในแนวดิ่งนั้น แม้จะเป็นที่นิยมเนื่องจากสามารถทำได้ง่าย แต่ยังมีปัจจัยอื่นๆ ที่ลดความสามารถในการรับแรงเข้ามาเกี่ยวข้องอีกมาก ตั้งแต่การดูแลกล่องก่อนบรรจุ ระหว่างการบรรจุ การปิดกล่อง และโดยเฉพาะอย่างยิ่งระหว่างการขนส่ง ดังนั้นบุคลากรที่รับผิดชอบการพัฒนาบรรจุภัณฑ์จำต้องหมั่นตรวจสอบปัจจัยต่างๆ เหล่านี้อยู่เสมอ

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวิจัย

ในการออกแบบและพัฒนาบรรจุภัณฑ์จากเปลือกและส่วนเหลือทิ้งจากอุตสาหกรรมแปรรูปขนุน มีผลการวิจัยหรือผลงานออกแบบผลิตภัณฑ์และบรรจุภัณฑ์ ที่เกี่ยวข้องกับการวิจัยดังนี้ คือ การผลิตภาชนะบรรจุภัณฑ์จากกากชา ใบสับปะรดและซังข้าวโพด (กุลพร กลั่นกลิ่น และคณะ, 2556) เป็นการนำเอากากชา ใบสับปะรด และซังข้าวโพด มาขึ้นรูปเป็นภาชนะบรรจุภัณฑ์จากธรรมชาติ โดยทดลองหาอัตราส่วนกับตัวประสานที่เหมาะสม และทำการทดสอบลักษณะทางกายภาพ ได้แก่ การับแรงดัด การรับแรงเจาะทะลุ และการซึมผ่านของไขมันในน้ำ โดยนำเปรียบเทียบกับภาชนะบรรจุภัณฑ์จากโฟม

นอกจากบรรจุภัณฑ์จากกากชา ใบสับปะรดและซังข้าวโพด การผลิตบรรจุภัณฑ์จากชานอ้อย (บริษัท บรรจุภัณฑ์เพื่อสิ่งแวดล้อม จำกัด. 2556) ที่ทางบริษัท บรรจุภัณฑ์เพื่อสิ่งแวดล้อม จำกัด ได้พัฒนาวัสดุเหลือใช้จากการเกษตร ให้เกิดมูลค่าเพิ่มเป็นบรรจุภัณฑ์อาหารชนิด Biodegradable ที่ทำจากชานอ้อย ใช้เยื่อกระดาษที่ไม่มีคลอรีนในการฟอกสี และบรรจุภัณฑ์สามารถย่อยสลายได้ตามธรรมชาติภายใน 45 วันเมื่อฝังกลบซึ่งเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

การวิจัยการทำกระดาษจากเปลือกฝักข้าวโพด (คลินิกเทคโนโลยี. 2556) โดย เพิ่มศักดิ์ สุภาพรเหมินทร์ ซึ่งเส้นใยจากเปลือกฝักข้าวโพดมีความสามารถในการนำมาทำกระดาษที่ใช้ใน

การทำงานหัตถกรรมได้ดี มีการทดลองนำไปใช้ในเครือข่ายหมู่บ้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โครงการหมู่บ้านข้าวโพดลดหมอกควัน จังหวัดเชียงใหม่

บทที่ 3
วิธีดำเนินงานการวิจัย

3.1 การดำเนินการวิจัย และสถานที่ทำการทดลอง

3.1 วิธีการดำเนินการวิจัย ในปีที่ 1 (1 ตุลาคม 2557 – 30 กันยายน 2558)

3.1.1 การศึกษาข้อมูลพื้นฐาน

- คุณสมบัติทางกายภาพ เคมี ของขนุนที่ใช้ในการแปรรูปอาหาร
- คุณสมบัติทางกายภาพ เคมี ของส่วนเหลือทิ้งจากการแปรรูปอาหารจากขนุน

3.1.2 การศึกษา ทดลอง วิเคราะห์ลักษณะของวัสดุบรรจุภัณฑ์จากส่วนเหลือใช้จากการแปรรูปขนุน

- กระบวนการผลิตที่เหมาะสมกับการผลิตวัสดุบรรจุภัณฑ์
- ลักษณะทางกายภาพของวัสดุบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมในการนำไปออกแบบบรรจุภัณฑ์เพื่อการขนส่ง เช่น ความหนาของวัสดุบรรจุภัณฑ์ ความกว้างของวัสดุบรรจุภัณฑ์ โครงสร้างภายในเนื้อวัสดุบรรจุภัณฑ์ เป็นต้น
- การทดสอบคุณสมบัติของวัสดุบรรจุภัณฑ์จากเปลือกและส่วนเหลือใช้จากการแปรรูปขนุน เช่น ความหนาแน่น ความเหนียว การทนความร้อน การดูดซึมน้ำ เป็นต้น

3.1.3 การศึกษา ออกแบบ ลักษณะของบรรจุภัณฑ์เพื่อการขนส่งขนุนที่เหมาะสม

- ลักษณะโครงสร้าง และแบบของบรรจุภัณฑ์ที่เหมะสมกับวัสดุบรรจุภัณฑ์ที่มาจากเปลือกและส่วนเหลือใช้จากการแปรรูปขนุน
- ลักษณะโครงสร้างของบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมในการขนส่งขนุน
- การทดสอบคุณสมบัตของบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมในการขนส่งขนุน

3.1.4 รายงานวิจัย

- สรุปผลและการประเมินผลการศึกษาอายุการเก็บผลิตภัณฑ์อาหารขนุนสรุปและประเมินผลการถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตผลิตภัณฑ์อาหารขนุนและจัดทำรายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์นำเสนอต่อมหาวิทยาลัย

3.2 ผลสำเร็จและความคุ้มค่าของการวิจัยที่คาดว่าจะได้รับ

3.2.1 วัสดุบรรจุภัณฑ์และบรรจุภัณฑ์จากเปลือกและส่วนเหลือใช้จากการแปรรูปขนุน ร้อยละ 80 P

3.2.2 ผู้เข้าร่วมอบรมมีความพึงพอใจต่อหลักสูตร ร้อยละ 80 I

3.2.3 เป็นแนวคิดในการพัฒนาบรรจุภัณฑ์จากเปลือกและส่วนเหลือใช้จากการแปรรูปขนุน ร้อยละ 70 G

3.3 แนวทางในการผลิตวัสดุบรรจุภัณฑ์

ในการแปรรูปขนุนเพื่อเป็นอาหาร มีส่วนเหลือทิ้งจากการแปรรูปขนุนจำนวนมาก เช่น เปลือก ซังขนุน แกนขนุน และเม็ดขนุน (ดังภาพที่ 16) ซึ่งลักษณะทางกายภาพของส่วนเหลือทิ้งต่างๆ ของขนุนสามารถนำมาทดลองผลิตเป็นวัสดุบรรจุภัณฑ์ เพื่อใช้ในการออกแบบบรรจุภัณฑ์ที่ใช้บรรจุขนุน และผลิตภัณฑ์อาหารจากขนุนได้

ภาพที่ 16 แสดงลักษณะของส่วนเหลือทิ้งจากการผลิตขนุน

เมื่อผ่าลูกขนุนออก เปลือกจะมีสีคล้ำขึ้น หด และบิดตัว เนื่องจากภายในมีส่วนประกอบของยาง และแป้ง ซึ่งเปลือกสามารถนำมาทำกระดาษหรือขึ้นรูปเป็นบรรจุภัณฑ์ได้

ภาพที่ 17 แสดงลักษณะของเปลือกขนุน

ภายในแกนขนุนมีส่วนประกอบของแป้งจำนวนมาก ภายในมีเส้นใยขนาดใหญ่ซึ่งสามารถสังเคราะแป้งออก และนำเส้นใยมาใช้ประกอบเสริมโครงสร้างของกระดาษ หรือบรรจุภัณฑ์ได้ (ดังภาพที่ 4)

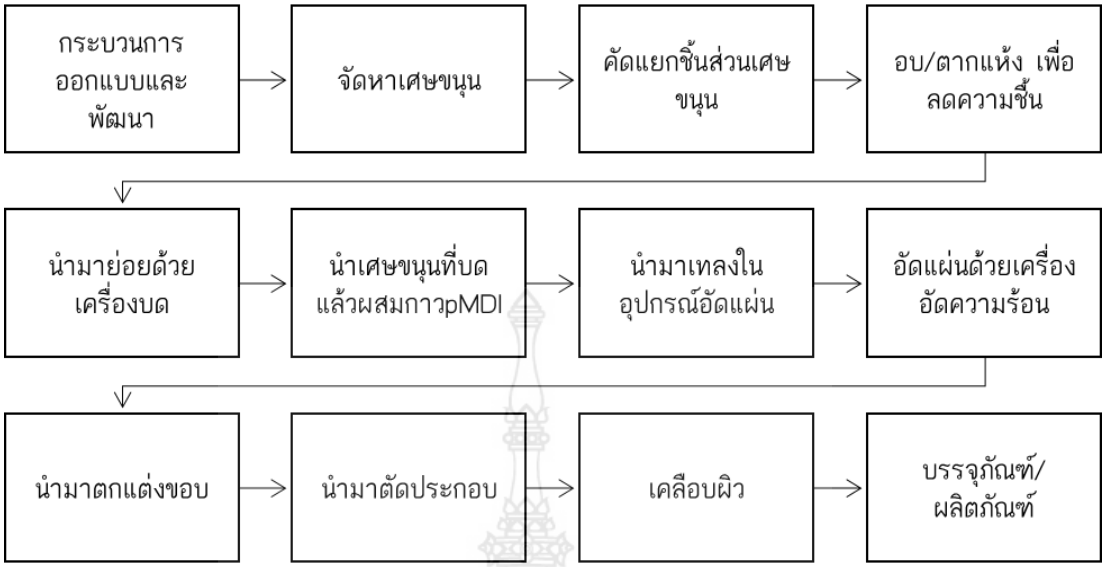
ภาพที่ 18 แสดงลักษณะของเนื้อแกนกลางขนุน

และสุดท้ายคือ ซัง และเปลือกของเม็ดขนุนที่เหลือแปรรูปอาหาร สามารถนำมาประกอบในการทำลวดลาย เสริมโครงสร้างในการทำวัสดุบรรจุภัณฑ์ได้เช่นกัน

ภาพที่ 19 แสดงลักษณะซังขนุน และเม็ดขนุน

3.4 การดำเนินการอัดเศษขนุนด้วยวิธีการอัดร้อน

BURKLE



ภาพที่ 20 สรุปขั้นตอนการทำบรรจุภัณฑ์จากเศษขนุน

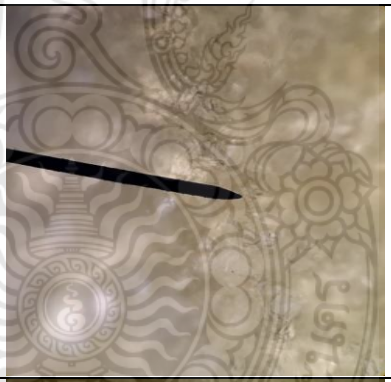
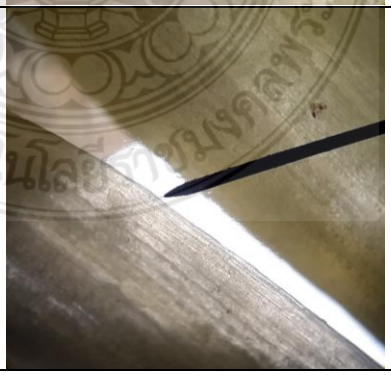
บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

4.1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การดำเนินงานประกอบด้วย 3 ส่วนคือ 1) การทดสอบหาลักษณะทางกายภาพของเศษขนุนส่วนต่างๆ ที่ได้จากการแปรรูปแล้วด้วยกล้องจุลทรรศน์ กำลังขยาย 40 เท่า 2) การทดลองนำเศษขนุนเข้าสู่กระบวนการแปรรูปเป็นวัสดุที่ใช้ทำบรรจุภัณฑ์ 3) การสร้างต้นแบบบรรจุภัณฑ์ ดังต่อไปนี้

4.1.1 ผลการทดสอบหาลักษณะทางกายภาพของเศษขนุน ประกอบด้วยส่วนแกนขนุน ซังขนุน และเปลือกขนุน

ตารางที่ 9 แสดงการวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพของเศษขนุนด้วยกล้องจุลทรรศน์ขยายภาพ 40X

	ลักษณะภายนอก	ภาพขยาย 40 เท่า	ลักษณะทางกายภาพ
1			ลักษณะของแกนในขนุน มีลักษณะผิวเป็นฟองนุ่ม เนื้อมีส่วนประกอบของแป้งมาก ผสมกับเส้นใยแข็งจำนวนมาก
2			ลักษณะซังขนุน มีลักษณะเป็นเส้นใยสั้น (staple fiber) แบนและมีความเหนียว

3			ลักษณะกายภาพของผิวนอกเปลือกขนุน ซึ่งมีลักษณะเป็นผิวขรุขระคล้ายหนาม

4.1.2 ผลการทดลองนำเศษขนุนเข้าสู่กระบวนการแปรรูปเป็นวัสดุที่ใช้ทำบรรจุภัณฑ์ โดยวิธีการอัดด้วยความร้อน และผลการทดสอบมาตรฐานผลิตภัณฑ์

ตารางที่ 10 แสดงการวิเคราะห์ผลการอัดเศษขนุน

วัตถุดิบ	แผ่นขนุนอัด	ลักษณะทางกายภาพ
แกนขนุน		ผิวงานมีความแข็งและหยาบ คือ เศษแกนขนุนมีขนาดใหญ่และแข็งมาก การประสานของเศษแกนขนุนติดกันไม่ดี เกิดช่องว่างในแผ่นอัด และรูปทรงรอบแผ่น (ขอบ) ที่ไม่เรียบ ทำให้นำมาออกแบบและผลิตได้ยาก
เปลือกขนุน		ผิวงานมีความขรุขระ มีความเหนียวยืดหยุ่นสูง เมื่อแห้งผิวจะบิดงอ ทำให้เมื่ออัดเศษเปลือกขนุนจะไม่ค่อยประสานกัน เกิดช่องว่างและขอบของแผ่นงานไม่เรียบร้อย แต่ลวดลายของผิวเปลือกขนุนมีความสวยแปลกตา

ซังขนุน		ผิวงานมีความละเอียดอัดแน่นดี แต่ภายในมีความชื้นและน้ำยางขนุนอยู่มาก ทำให้เกิดฟองอากาศและยางอยู่ทั่วทั้งแผ่น โครงสร้างของแผ่นวัสดุมีความยืดหยุ่นสูง ยึดเกาะกันของวัสดุดี แต่มีความแข็งแรงน้อย สามารถนำมาใช้ทำเป็นวัสดุบรรจุภัณฑ์ได้แต่ต้องใช้ซังขนุนจำนวนมาก
แบบผสม		ผิวงานมีความละเอียดอัดแน่นเรียบดี มีลักษณะของน้ำยางขนุนผสมอยู่เล็กน้อย มีความแข็งแรงดี ผิวสัมผัสมีความละเอียด ทำให้สามารถตัดแต่งได้ง่าย เหมาะแก่การนำไปใช้เป็นวัสดุทำบรรจุภัณฑ์มากที่สุด

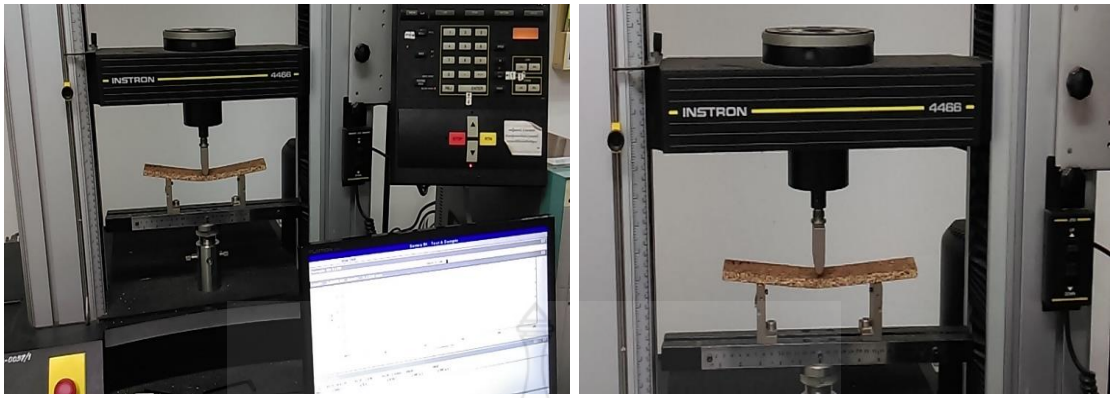
การวิเคราะห์ผลการทดสอบมาตรฐานของวัสดุบรรจุภัณฑ์

ผลการทดสอบความชื้น ความหนาแน่น การทดสอบค่าMOR ค่าMOE ค่าIB ค่าTS ด้วยเครื่องทดสอบมาตรฐานของเศษขนุนอัดแผ่นแบบร้อนนั้น เพื่อให้ทราบลักษณะกายภาพเชิงกลของวัสดุบรรจุภัณฑ์ที่อัดแผ่นแล้ว จึงนำมาวิเคราะห์หาความเหมาะสมทางกายภาพเพื่อนำมาออกแบบบรรจุภัณฑ์เพื่อใช้บรรจุภัณฑ์ผลิตภัณฑ์ต่างๆ ต่อไป

ตารางที่ 11 แสดงผลการทดสอบความชื้น ความหนาแน่น ของเศษขนุนอัดแผ่น

วัสดุ	ชนิด	กว้าง (mm)	หนา (mm)	ยาว (mm)	ปริมาตร (cm^3)	นน. ก่อนอบ (g)	นน.หลังอบ (g)	ความชื้น (%)	เฉลี่ย (%)	ความหนาแน่น (g/cm^3)	เฉลี่ย (%)
ขนุนบด	1.1	50.54	9.74	50.64	24.93	26.69	24	11.21	10.80	1.07	1.071
	1.2	50.58	10.13	50.86	26.06	28.24	25.64	10.14		1.08	
	1.3	50.66	9.90	50.70	25.43	26.91	24.23	11.06		1.06	
ซังขนุนบด	2.1	50.56	10.18	50.56	26.02	24.91	22.38	11.30	11.45	0.96	0.958
	2.2	50.74	10.22	50.70	26.29	24.35	21.88	11.29		0.93	
	2.3	50.82	10.26	50.62	26.39	26.16	23.41	11.75		0.99	
เปลือกขนุน	3.1	50.70	10.56	50.44	27.01	28.15	25.76	9.28	9.78	1.04	1.049
	3.2	50.78	9.48	50.42	24.27	25.63	23.24	10.28		1.06	

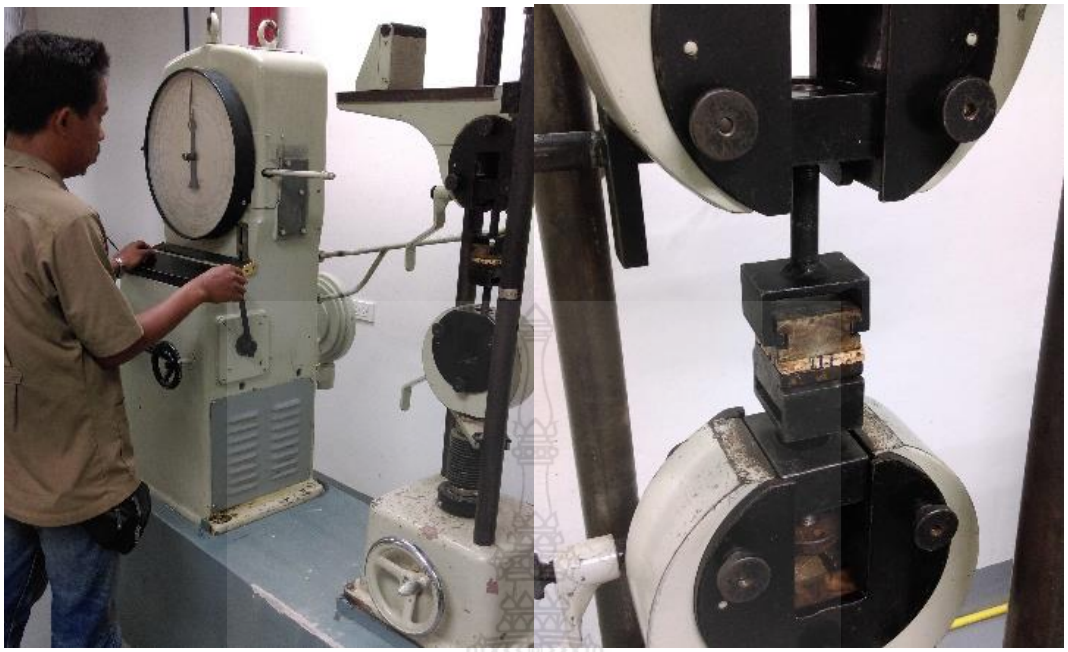
ผลการทดสอบความชื้นปรากฏว่าซังขนุนบดมีความชื้นเฉลี่ยมากที่สุด 11.45% ขนุนบด 10.80% และเปลือกขนุน 9.78% ตามลำดับ ส่วนค่าความหนาแน่นขนุนบดมีหนาแน่นมากที่สุด 1.071% เปลือกขนุน 1.049% และซังขนุนบด 0.958% สรุปแผ่นขนุนบด และเปลือกขนุนมีความหนาแน่นและการดูดซึมความชื้นที่เหมาะสมนำมาทำผลิตภัณฑ์ได้



ตารางที่ 12 แสดงผลการทดสอบค่า MOR และ MOE ของเศษขนุนอัดแผ่น

วัสดุ	**ชนิด**	**กว้าง** (mm)	**หนา** (mm)	**ยาว** (mm)	**ปริมาตร** (cm^3)	**MOR** (MPa)	**เฉลี่ย** (MPa)	**MOE** (MPa)	**เฉลี่ย** (MPa)
ขนุนบด	1.1	50.54	9.74	50.64	24.93	4.931	6.09	396.10	502.57
	1.2	50.58	10.13	50.86	26.06	6.911		582.50	
	1.3	50.66	9.90	50.70	25.43	6.440		529.10	
ซังขนุนบด	2.1	50.56	10.18	50.56	26.02	4.215	4.96	252.50	296.83
	2.2	50.74	10.22	50.70	26.29	4.960		310.80	
	2.3	50.82	10.26	50.62	26.39	5.693		327.20	
เปลือกขนุน	3.1	50.70	10.56	50.44	27.01	5.744	5.48	797.90	808.75
	3.2	50.78	9.48	50.42	24.27	5.211		819.60	

ผลการทดสอบค่า Modulus of Rupture: MOR และค่า Modulus of Elasticity: MOE พบว่า ขนุนบดมีค่ามอดูลัสการแตกร้าว มากที่สุด 6.06 MPa ส่วนเปลือกขนุนมีค่าเฉลี่ยมอดูลัสการยืดหยุ่น มากที่สุด 808.75 MPa



ตารางที่ 13 แสดงผลการทดสอบค่า IB ของเศษขนุนอัดแผ่น

วัสดุ	ชนิด	กว้าง (mm.)	ยาว (mm.)	พื้นที่ (mm^2)	P (kg)	IB (MPa)	เฉลี่ย (MPa)
ขนุนบด	1.1	50	50	2500	247	0.97	0.91
	1.2	50	50	2500	220	0.86	
	1.3	50	50	2500	225	0.88	
ซังขนุนบด	2.1	50	50	2500	35	0.14	0.11
	2.2	50	50	2500	28	0.11	
	2.3	50	50	2500	23	0.09	
เปลือกขนุน	3.1	50	50	2500	230	0.90	0.88
	3.2	50	50	2500	218	0.86	

ผลการทดสอบค่าการยึดแน่นหน้าผิว (Inspection Body: IB) ปรากฏว่าขนุนบดมีการยึดแน่นหน้าผิวมากที่สุด คือ 0.91 MPa

ตารางที่ 14 แสดงผลการทดสอบค่า TS ของเศษขนุนอัดแผ่น

วัสดุ	ชนิด	ความหนาก่อนแช่น้ำ				ค่าเฉลี่ย
		1	2	3	4	
ขนุนบด	1.1	9.4	9.36	9.35	9.37	9.37
	1.2	9.5	9.60	9.55	9.50	9.54
	1.3	9.5	9.40	9.47	9.43	9.45
ซังขนุนบด	2.1	10.05	10.30	10.50	10.25	10.28
	2.2	9.34	9.52	9.33	9.46	9.41
	2.3	10.16	10.62	10.67	9.90	10.34
เปลือกขนุน	3.1	8.63	9.16	9.48	9.05	9.08
	3.2	8.97	8.71	9.00	8.76	8.86

ตารางที่ 14 แสดงผลการทดสอบค่า TS ของเศษขนุนอัดแผ่น **(ต่อ)**

วัสดุ	ชนิด	ความหนาหลังแช่น้ำ				ค่าเฉลี่ย	TS (%)	TS (%)
		1	2	3	4			เฉลี่ย
ขนุนบด	1.1	10.49	10.45	10.39	10.40	10.43	11.34	11.07
	1.2	10.66	10.57	10.61	10.48	10.58	10.93	
	1.3	10.49	10.46	10.57	10.42	10.49	10.96	

ซังขนุนบด	2.1	10.92	11.05	11.41	11.15	11.13	8.35	8.86
	2.2	10.20	10.55	10.02	10.49	10.32	9.59	
	2.3	11.06	11.51	11.59	10.77	11.23	8.66	
เปลือกขนุน	3.1	10.30	11.19	10.68	10.45	10.66	17.35	15.68
	3.2	10.14	10.18	9.93	10.16	10.10	14.02	

ผลการทดสอบค่าการพองตัวที่ขอบ (Thickness Swelling: TS) ปรากฏว่าเปลือกขนุนมีค่า TS มากที่สุดคือ 15.68% ขนุนบด 11.07% และซังขนุนบด 8.86%

4.1.3 การสร้างต้นแบบบรรจุภัณฑ์

ภายหลังจากได้วัสดุเพื่อทำบรรจุภัณฑ์ จึงดำเนินการทดลองหาลักษณะของบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสม ซึ่งลักษณะบรรจุภัณฑ์ที่คล้ายกล้องไม้บรรจุภัณฑ์ผลิตภัณฑ์อาหาร เป็นลักษณะที่เหมาะสมที่สุด จึงได้ทำการออกแบบโดยเลือกแผ่นขนุนบด ซึ่งรวมส่วนเหลือทิ้งต่างๆ ของผลขนุนมาทำการออกแบบ เนื่องจากมีคุณสมบัติทางกายภาพที่เหมาะสม ทั้งการแตกร้าว (MOR) การยืดหยุ่น (MOE) ความชื้น การยึดแน่นของหน้าผิว (IB) และการพองที่ขอบ (TS) ประกอบกับมีสีและผิวสัมผัสที่สวยงามสามารถสะท้อนอัตลักษณ์ (Identities) ของผลขนุนได้มากที่สุด

ภาพที่ 21 แสดงผลิตภัณฑ์อาหารซีเรียลจากขนุนในบรรจุภัณฑ์จากเศษขนุนเหลือทิ้ง

ภาพที่ 22 แสดงผลิตภัณฑ์อาหารซูชิจากขนุนในบรรจุภัณฑ์จากเศษขนุนเหลือทิ้ง

ภาพที่ 23 แสดงผลิตภัณฑ์อาหารซูชิจากขนุนในบรรจุภัณฑ์จากเศษขนุนเหลือทิ้งแบบปิดทึบและแบบใส

โดยออกแบบให้มีรูปแบบเป็นกล่องไม้มีฝาปิด ภายในสามารถบรรจุผลิตภัณฑ์อาหารได้ เช่น ซีเรียลจากขนุน ซูชิจากขนุน หรือผลิตภัณฑ์ของใช้ต่างๆ ภายนอกของบรรจุภัณฑ์ออกแบบให้มีฉลาก ซึ่งแสดงตราสินค้าและรายละเอียดสินค้าอย่างเรียบง่ายสอดคล้องกับการเป็นบรรจุภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

บทที่ 5
สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

ปัญหาเศษขนุนที่เหลือจากการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อาหาร นอกจากจะนำมาเป็นอาหารเลี้ยงสัตว์แล้วทำอย่างไรให้เศษขนุนเหลือทิ้งเหล่านั้นสามารถนำผลขนุนมาใช้ประโยชน์ได้มากที่สุด การนำเศษขนุนส่วนต่างๆ มาวิจัยผ่านกระบวนการทดลองและออกแบบเพื่อสร้างมูลค่าเพิ่มเป็นบรรจุภัณฑ์ใช้บรรจุอาหารหรือสินค้าต่างๆ ดังนี้

การรวบรวมเศษขนุนนั้นมีหลายแหล่ง คือ สวนขนุน ตลาดจำหน่ายและแปรรูปผลไม้ และโรงงานแปรรูปขนุน เมื่อรวบรวมได้แล้วจึงนำมาผ่านกระบวนการคัดแยกชิ้นส่วน และนำมาตากแดดให้แห้งหรืออบด้วยเครื่องอบให้แห้ง จากนั้นทำการผลิตวัสดุบรรจุภัณฑ์ซึ่งการนำเศษขนุนมาอัดแผ่นด้วยความร้อนเป็นวิธีที่เหมาะสมที่สุด เนื่องจากองค์ประกอบภายในของขนุนมีแป้ง ยาง และมีความชื้นมาก การทำให้ขนุนเกาะตัวผสานกันแน่นและแห้งจะทำให้ได้วัสดุที่นำมาใช้ในการออกแบบบรรจุภัณฑ์ที่สุด การดำเนินการทดลองทำวัสดุบรรจุภัณฑ์ด้วยวิธีการต้มเพื่อนำเส้นใยและส่วนต่างๆ มาทำเป็นแผ่นบางแบบไม่ใช้สารเคมีประกอบนั้นได้ผลไม่เป็นที่น่าพอใจ คือ แผ่นขนุนที่ได้มีความแห้งกระด้าง กรอบ และบิดตัว ไม่เหมาะในการนำมาทำบรรจุภัณฑ์ ดังรายละเอียดในภาคผนวก ก.

วัสดุที่ผ่านการทดสอบนำมาใช้ทำออกแบบทำบรรจุภัณฑ์ คือ แผ่นอัดเศษขนุนแบบผสม เพราะมีคุณสมบัติเหมาะสม ผิวละเอียดเรียบ ความหนาแน่นสูง มีความชื้นปานกลาง สามารถตัดแต่งผิวได้ง่าย ส่วนโครงสร้างมีความแข็งแรงดี สามารถทนการแตกร้าว และการยืดหยุ่นได้ดี โดยมีค่า MOR เท่ากับ 6.06 MPa และค่า MOE เท่ากับ 808.75 MPa รวมถึงมีค่าการยึดตัวที่ผิวหน้า (IB) เท่ากับ 0.91 MPa แผ่นอัดจากเศษขนุนแบบผสมนี้มีคุณสมบัติตามมาตรฐานปานกลาง เหมาะกับการนำมาใช้ทำบรรจุภัณฑ์ที่รองรับสินค้าน้ำหนักเบาได้ดี

ด้านการออกแบบบรรจุภัณฑ์ จึงออกแบบให้บรรจุภัณฑ์มีโครงสร้างเป็นกล่องไม้ เพื่อแสดงเอกลักษณ์ของโดยใช้ผิวสัมผัสของเปลือกขนุน ออกแบบให้มีทั้งแบบทึบและแบบโปร่งใสภายนอกมีฉลากตราสินค้าและรายละเอียดสำคัญของผลิตภัณฑ์ที่บรรจุภายใน

ภาพที่ 24 แสดงบรรจุภัณฑ์จากขนุนในบรรจุภัณฑ์จากเศษขนุนเหลือทิ้ง

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 การวิจัยสายพันธุ์ขนุนที่มีความเหมาะสมในการนำมาทำวัสดุบรรจุภัณฑ์รูปแบบต่างๆ เช่น แผ่นอัด แผ่นกระดาษ กระดาษอัดขึ้นรูป จะช่วยสร้างความหลากหลายในการใช้งานมากยิ่งขึ้น

5.2.2 ควรออกแบบและทดลองสร้างวัสดุบรรจุภัณฑ์จากเศษขนุนเหลือใช้ที่มีคุณสมบัติคล้ายกระดาษเพื่อใช้กับผลิตภัณฑ์อาหาร (Food grade)

ปีที่ 2
การถ่ายทอดเทคโนโลยี

บทที่ 3
วิธีการดำเนินการวิจัย

วิธีการดำเนินการวิจัย ปีที่ 2 (1 ตุลาคม 2558 – 30 กันยายน 2559)

1.การถ่ายทอดความรู้และเทคโนโลยีการผลิตวัสดุบรรจุภัณฑ์จากส่วนเหลือทิ้งในการแปรรูปขนุนสู่ชุมชนและภาคเอกชน

2.การศึกษาข้อมูลพื้นฐาน

- คัดเลือกกลุ่มเป้าหมายในการถ่ายทอดเทคโนโลยีได้แก่ กลุ่มชุมชน เกษตรกร วิสาหกิจชุมชน กลุ่มแม่บ้าน สถานประกอบการฯ
- สำรวจความต้องการของกลุ่มเป้าหมายในการฝึกอบรมการผลิตวัสดุบรรจุภัณฑ์และการออกแบบบรรจุภัณฑ์จากเปลือกและส่วนเหลือใช้ในการแปรรูปขนุน โดยการใช้แบบสอบถามประเมินความต้องการเข้ารับการฝึกอบรม

3. จัดทำเอกสาร/ สื่อประกอบการอบรม ผลิตภัณฑ์ตัวอย่าง
   - จัดทำเอกสารการอบรมจำนวน 40 ชุด
   - จัดทำผลิตภัณฑ์และบรรจุภัณฑ์ตัวอย่างทุกชนิดที่นำไปฝึกอบรม
   - จัดทำสื่อประกอบการอบรมและเผยแพร่ ได้แก่ สไลด์/ วีดีทัศน์ แผ่นป้ายสรุปเนื้อหาโครงการ (Banner)
4. การถ่ายทอดเทคโนโลยี มีขั้นตอนดังนี้
   - ขออนุมัติโครงการอบรมเชิงปฏิบัติการผลิตวัสดุบรรจุภัณฑ์ และการออกแบบบรรจุภัณฑ์จากเปลือกและส่วนเหลือใช้ในการแปรรูปขนุน
   - จัดเตรียมสถานที่ วัสดุอุปกรณ์ วิทยากร ผู้เข้าอบรม ผู้ประสานงาน คณะกรรมการดำเนินงาน และสิ่งอำนวยความสะดวก
   - ดำเนินการถ่ายทอดเทคโนโลยี จัดอบรมเชิงปฏิบัติ ระยะเวลาในการอบรม 2 วัน
   - สถานที่ฝึกอบรม : กลุ่มแม่บ้านและประชาชนที่สนใจ ณ วิสาหกิจชุมชนบางตาโฉง จ.สิงห์บุรี
   - จำนวนครั้งที่ฝึกอบรม: 1 ครั้ง 30 คน
5. เป้าหมายของโครงการ
   - จำนวนผลิตภัณฑ์ 2 ชนิด - ผู้เข้ารับการอบรม จำนวน 30 คน

- ผู้เข้ารับการอบรมสามารถทำวัสดุบรรจุภัณฑ์ และออกแบบบรรจุภัณฑ์ได้

6. การประเมินผล

- การประเมินผลโดยใช้แบบสอบถามความพึงพอใจของผู้เข้ารับการอบรม โดยใช้ค่าสถิติ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
- การติดตามผลการนำความรู้ที่ได้รับจากการฝึกอบรมไปใช้ประโยชน์ในการประกอบอาชีพในชีวิตประจำวัน

ภาพที่ 25 แสดงผู้เข้าอบรมลงทะเบียนเข้าร่วมการอบรม

ภาพที่ 26 แสดงบรรยากาศการบรรยายที่มาของโครงการวิจัย

ภาพที่ 27 แสดงบรรยากาศการอธิบายขั้นตอนการปฏิบัติงานของผู้อบรม

ภาพที่ 28 แสดงวัตถุดิบ อุปกรณ์และผลิตภัณฑ์ในการอบรม

ภาพที่ 29 แสดงการส่งมอบผลงานสำเร็จของผู้เข้าอบรม

ภาพที่ 30 แสดงบรรยากาศผลงานความสำเร็จของผู้เข้าอบรม

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

4.1 ผลการดำเนินการวิจัย ปีที่ 2

4.1.1 ผลการถ่ายทอดความรู้และเทคโนโลยีการพัฒนาบรรจุภัณฑ์จากเปลือกและส่วนเหลือใช้จากอุตสาหกรรมแปรรูปขนุน

ผลการวิเคราะห์ความต้องการเข้ารับการฝึกอบรมการรับการถ่ายทอด จากการวิเคราะห์ความต้องการ ของสมาชิกชุมชน กลุ่มแม่บ้านและประชาชนที่สนใจ ณ วิสาหกิจชุมชนบางตาโฉง จ.สิงห์บุรี จำนวน 30 คน ได้ผลแสดงเป็นค่าร้อยละ แสดงดังตารางที่ 15

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไป

ตารางที่ 15 แสดงข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม N=30

ข้อมูล	จำนวน(คน)	ร้อยละ
1. เพศ		
1.1 เพศหญิง	28	93.3
1.2 เพศชาย	2	6.7
2. อายุ		
2.1 ต่ำกว่า 21 ปี	0	0
2.2 21-30 ปี	5	16.7
2.3 31-40 ปี	15	50
2.4 41-50 ปี	10	33.3
2.5 51-60 ปี	0	0
2.6 มากกว่า 60 ปี	0	0
3. สถานภาพ		
3.1 โสด	24	80

3.2 สมรส	**6**	20
3.3 หย่าร้าง, หม้าย, แยกกันอยู่	**0**	0
4. ระดับการศึกษาขั้นสูงสุด		
4.1 ประถมศึกษา	0	0
4.2 มัธยมศึกษา	12	40
4.3 ปวช./ปวส./อนุปริญญา	15	50
4.4 ปริญญาตรี	3	10
4.5 ปริญญาโทหรือสูงกว่า	0	0

ตารางที่ 15 (ต่อ)

ข้อมูล	**จำนวน(คน)**	**ร้อยละ**
5. อาชีพ		
5.1 นิสิต/นักศึกษา	7	23.3
5.2 ประชาชนทั่วไป	6	20
5.3 บุคลากร	5	16.7
5.4 ข้าราชการ/รัฐวิสาหกิจ	0	0
5.5 พนักงานบริษัทเอกชน	0	0
5.6 ธุรกิจส่วนตัว	0	0
5.7 รับจ้าง	7	23.3
5.8 แม่บ้าน	5	16.7
5.9 อื่นๆ โปรดระบุ.....	0	0
6. รายได้เฉลี่ยต่อเดือน		
6.1 น้อยกว่า 5,000 บาท	7	23.3
6.2 5,000-10,000 บาท	17	56.7
6.3 10,001-20,000 บาท	6	20.0

6.4 20,001-30,000 บาท	0	0
6.5 มากกว่า 30,000 บาท	0	0

จากตารางที่ 15 ผู้ตอบแบบประเมินจำนวน 30 คน คิดเป็นร้อยละ 100.00 พบว่าผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง คิดเป็นร้อยละ 93.3 อายุระหว่าง 31-40 ปี คิดเป็นร้อยละ 50 สถานภาพโสด คิดเป็นร้อยละ 80 ระดับการศึกษาขั้นสูงสุด ปวช./ปวส./อนุปริญญา คิดเป็นร้อยละ 50 อาชีพเป็นนิสิต นักศึกษา และรับจ้างทั่วไป คิดเป็นร้อยละ23.3 และมีรายได้ 5,000-10,000 บาท คิดเป็นร้อยละ 56.7

ส่วนที่ 2 ข้อมูลเกี่ยวกับความต้องการรับการถ่ายทอดเทคโนโลยีจำแนกตามประสบการณ์ ด้านการทำบรรจุภัณฑ์

ตารางที่ 16 แสดงข้อมูลความต้องการรับการถ่ายทอดเทคโนโลยี N=30

ประสบการณ์ด้านการทำผลิตภัณฑ์อาหาร	จำนวน(คน)	ร้อยละ
ไม่เคยทำ	**21**	70.0
เคยทำ	7	
		23.4
เคยทำจำหน่ายเป็นอาชีพเสริม	2	6.6
อื่นๆ	0	0

จากตารางที่ 16 แสดงข้อมูลความต้องการรับการถ่ายทอดเทคโนโลยี ของผู้ตอบแบบสอบถามด้านการทำบรรจุภัณฑ์ พบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามที่ต้องการรับการถ่ายทอดเทคโนโลยีส่วนใหญ่ ไม่เคยทำบรรจุภัณฑ์ คิดเป็นร้อยละ 70.0 รองลงมาเคยทำเพื่อใช้เอง คิดเป็นร้อยละ 23.4 และเคยทำเป็นอาชีพเสริม คิดเป็นร้อยละ 6.6

ส่วนที่ 2 ข้อมูลเกี่ยวกับความต้องการรับการถ่ายทอดเทคโนโลยีจำแนกตามความประสงค์ในการรับการการถ่ายทอดเทคโนโลยี

ตารางที่ 17 แสดงข้อมูลความประสงค์รับการถ่ายทอดเทคโนโลยี N=30

ความประสงค์	จำนวน(คน)	ร้อยละ

ต้องการเข้าร่วม	**30**	100
ไม่ต้องการเข้าร่วม	0	0
ยังไม่สามารถตัดสินใจ	0	0

จากตารางที่ 17 แสดงข้อมูลความประสงค์รับการถ่ายทอดเทคโนโลยีของผู้ตอบแบบสอบถาม พบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามที่มีความประสงค์ต้องการเข้าร่วมรับการถ่ายทอดเทคโนโลยีส่วนใหญ่ คิดเป็นร้อยละ 100

4.1.3 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลต่อความพึงพอใจของผู้เข้าร่วมโครงการการอบรมเชิงปฏิบัติการในการจัดการถ่ายทอดเทคโนโลยีการพัฒนาบรรจุภัณฑ์จากเปลือกและส่วนเหลือใช้จากอุตสาหกรรมแปรรูปขนุน

เป็นการวิเคราะห์ผลจากแบบสอบถาม ส่วนที่ 3 ซึ่งข้อคำถามเป็นการถามถึงความพึงพอใจของกลุ่มเป้าหมายจำนวน 30 คน เกี่ยวกับการถ่ายทอดเทคโนโลยีการพัฒนาบรรจุภัณฑ์จากเปลือกและส่วนเหลือใช้จากอุตสาหกรรมแปรรูปขนุนแบ่งออกเป็น 3 ด้าน คือ ด้านกระบวนการให้บริการ ด้านวิทยากร และสิ่งอำนวยความสะดวก โดยแบ่งเป็นระดับความคิดเห็นออกเป็น 5 ระดับ ลักษณะแบบสอบถามเป็น (Rating scale) กำหนดให้กลุ่มเป้าหมายประเมินค่า (1-5 คะแนน) เลือกได้เพียงคำตอบเดียว จากการวิเคราะห์ข้อมูลแสดงดังตารางที่ 4.5.5

ตารางที่ 18 แสดงค่าความถี่ และค่าร้อยละ ของระดับความพึงพอใจเกี่ยวกับด้านกระบวนการให้บริการ ด้านวิทยากร และสิ่งอำนวยความสะดวก

ประเด็นคำถาม	$\overline{X}$	S.D.	ระดับความพึงพอใจ
ด้านกระบวนการให้บริการ			
1. การประชาสัมพันธ์การจัดโครงการอย่างทั่วถึง	4.15	0.57	มาก
2. กำหนดระยะเวลา สถานที่จัดอบรมไว้อย่างชัดเจน	4.20	0.50	มาก
3. ความเหมาะสมของระยะเวลาในการจัดโครงการ	4.24	0.47	มาก
4. สถานที่จัดโครงการมีความเหมาะสม	4.26	0.50	มาก
5. ประเด็นเนื้อหาการอบรมมีความเหมาะสม	4.50	0.55	มาก
6. ทีมผู้จัดโครงการมีการเตรียมตัวและมีความตั้งใจที่จะให้บริการเป็นอย่างดี	4.45	0.55	มาก
ค่าเฉลี่ย	**4.30**	**0.52**	**มาก**

ด้านวิทยากร				
7.	คุณสมบัติและบุคลิกภาพมีความเหมาะสม	4.46	0.56	มาก
8.	ความเชี่ยวชาญ/ความรอบรู้ในเนื้อหาของการอบรม	4.45	0.55	มาก
9.	ความสามารถในการถ่ายทอดความรู้ให้เข้าใจ	4.56	0.40	มาก
10.	ความสามารถในการสร้างบรรยากาศการอบรม	4.55	0.52	มาก
11.	เทคนิควิธีการถ่ายทอดความรู้มีความน่าสนใจ	4.37	0.67	มาก
12.	การรักษาเวลาในการอบรมได้อย่างเหมาะสม	4.20	0.60	มาก
13.	ความชัดเจนในการตอบคำถาม/ข้อซักถาม	4.65	0.50	มากที่สุด
	ค่าเฉลี่ย	**4.45**	**0.55**	**มาก**
ด้านสิ่งอำนวยความสะดวก				
14.	ความเหมาะสมของสถานที่จัดอบรม	4.35	0.40	มาก
15.	ความเพียงพอของสิ่งอำนวยความสะดวกทั่วไป	4.52	0.52	มาก
16.	การจัดรายการอาหารว่างและอาหารกลางวัน มีความเหมาะสม และเพียงพอ	4.60	0.59	มาก
17.	มีการให้บริการและอำนวยความสะดวกของทีมงาน ผู้จัดโครงการเป็นอย่างดี	4.50	0.65	มาก
	ค่าเฉลี่ย	**4.49**	**0.54**	**มาก**
	ค่าเฉลี่ยรวม	**4.45**	**0.54**	**มาก**

หมายเหตุ : เกณฑ์การพิจารณาค่าเฉลี่ย

ค่าเฉลี่ยระหว่าง 4.51-5.00 พึงพอใจมากที่สุด
ค่าเฉลี่ยระหว่าง 3.51-4.50 พึงพอใจมาก
ค่าเฉลี่ยระหว่าง 2.51-3.50 พึงพอใจปานกลาง
ค่าเฉลี่ยระหว่าง 1.51-2.50 พึงพอใจน้อย
ค่าเฉลี่ยระหว่าง 1.00-1.50 พึงพอใจน้อยที่สุด

จากตารางที่ 18 แสดงค่าความถี่ และค่าร้อยละ ของระดับความพึงพอใจเกี่ยวกับด้านกระบวนการให้บริการ ด้านวิทยากร และสิ่งอำนวยความสะดวก พบว่า ผู้เข้ารับการอบรมเชิงปฏิบัติการมีความพึงพอใจในภาพรวมอยู่ในระดับมาก ค่าเฉลี่ย 4.40 และจากการประเมินผลในแต่ละ

ด้าน พบว่า ผู้เข้าร่วมโครงการมีความพึงพอใจด้านสิ่งอำนวยความสะดวก อยู่ในระดับมาก ค่าเฉลี่ย 4.49 รองลงมามีความพึงพอใจด้านวิทยากร และด้านกระบวนการให้บริการ อยู่ในระดับมาก ค่าเฉลี่ย 4.42 และ 4.30 ตามลำดับ นอกจากนี้ จากการประเมินผลร้อยละของความพึงพอใจ พบว่า ผู้เข้าร่วมโครงการการอบรมเชิงปฏิบัติการการถ่ายทอดเทคโนโลยีการพัฒนาบรรจุภัณฑ์จากเปลือกและส่วนเหลือใช้จากอุตสาหกรรมแปรรูปขนุน มีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก

บทที่ 5
สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัยปีที่ 2

การถ่ายทอดความรู้และเทคโนโลยีการพัฒนาบรรจุภัณฑ์จากเปลือกและส่วนเหลือใช้จากอุตสาหกรรมแปรรูปขนุน พบว่า สำรวจความต้องการของกลุ่มเป้าหมายในการฝึกอบรมโดยการใช้แบบสอบถามประเมินความต้องการเข้ารับการฝึกอบรมกลุ่มเป้าหมายเป็นสมาชิกชุมชนในเมือง กลุ่มแม่บ้านและประชาชนที่สนใจ ระยะเวลา จำนวน 2 วัน (รวมทั้งหมด 14 ชั่วโมง) จัดการอบรมในวันที่ 20 - 21 สิงหาคม 2559 จัดทำเอกสาร/ สื่อประกอบการอบรม จัดเตรียมสถานที่ วัสดุอุปกรณ์วิทยากร จำนวน 3 คน ผู้เข้าอบรมจำนวน 30 คน และเมื่อเสร็จสิ้นโครงการอบรมเชิงปฏิบัติการโดยใช้แบบสอบถามความพึงพอใจของผู้เข้ารับการอบรม สรุปผลวิเคราะห์ดังนี้

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปแบบสอบถามประเมินความต้องการเข้ารับการฝึกอบรม พบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง อายุระหว่าง 31-40 ปี สถานภาพโสด ระดับการศึกษาขั้นสูงสุด ปวช./ปวส./อนุปริญญา มีอาชีพเป็นประชาชนทั่วไป และมีรายได้ 5,000-10,000 บาท

ส่วนที่ 2 ข้อมูลเกี่ยวกับความต้องการรับการถ่ายทอดเทคโนโลยีจำแนกตามประสบการณ์ด้านการทำผลิตภัณฑ์-บรรจุภัณฑ์ พบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามที่ต้องการรับการถ่ายทอดเทคโนโลยีส่วนใหญ่ ไม่เคยทำผลิตภัณฑ์ รองลงมาเคยทำใช้เอง และเคยทำเป็นอาชีพเสริม จำแนกตามความประสงค์ในการับการการถ่ายทอดเทคโนโลยี ผู้ตอบแบบสอบถามที่มีความประสงค์ต้องการเข้าร่วมรับการถ่ายทอดเทคโนโลยี

ส่วนที่ 3 ข้อมูลเกี่ยวกับความพึงพอใจเกี่ยวกับด้านกระบวนการให้บริการ ด้านวิทยากร และสิ่งอำนวยความสะดวก ผู้เข้ารับการอบรมเชิงปฏิบัติการมีความพึงพอใจในภาพรวมอยู่ในระดับมาก และจากการประเมินผลในแต่ละด้าน พบว่า ผู้เข้าร่วมโครงการมีความพึงพอใจด้านวิทยากร ความพึงพอใจด้านสิ่งอำนวยความสะดวก และด้านกระบวนการให้บริการ อยู่ในระดับมาก ผู้เข้าร่วมโครงการการอบรมเชิงปฏิบัติการการพัฒนาศักยภาพเนื้อขนุนตกเกรดในผลิตภัณฑ์อาหารแปรรูป มีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก

5.2 ข้อเสนอแนะ

จากการถ่ายทอดเทคโนโลยีโครงการการพัฒนาบรรจุภัณฑ์จากเปลือกและส่วนเหลือใช้จากอุตสาหกรรมแปรรูปขนุน

5.2.1 ควรปรับเปลี่ยนกลุ่มเป้าหมายให้กระจายสู่ชุมชนชนบทเพิ่มขึ้น

5.2.2 ควรสอนในวันหยุดราชการประชาชนที่สนใจจะมีมากขึ้น

5.2.3 ควรจัดหาแนวทางหรือวิธีที่ชาวบ้านสามารถผลิตได้ในชุมชนอย่างสะดวกขึ้น

บรรณานุกรม

ปุ่น คงเจริญเกียรติ และสมพร คงเจริญเกียรติ. บรรจุภัณฑ์อาหาร. 2541. บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด (มหาชน): กรุงเทพมหานคร.

นฤชิต แววศรีผ่อง.2529. การปลูกขนุน. บริษัทพิมพ์สวย.กรุงเทพ.

สวนเกษตรทิยพสมบัติ. ขนุน(ออนไลน์). เข้าถึงได้จาก : http://www.sktgarden.com/profile.html

ภาคผนวก ก.
การทดลองทำวัสดุต้นแบบเพื่อการออกแบบบรรจุภัณฑ์

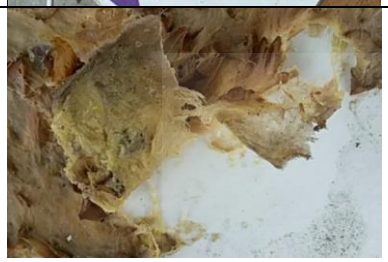
การทดลองวัสดุที่ใช้สร้างบรรจุภัณฑ์

การต้ม

ลำดับ	รูปภาพ	คำบรรยาย	ผลที่ได้	ข้อดี	ปัญหา
1		เปลือกขนุนหั่นเป็นชิ้นเล็กๆ	น้ำหนักขนุน 1 กิโลกรัม		
2		ต้มโดยใช้ไฟแรง ใช้เวลา 50 นาที	เปื่อยหมดทุกส่วน		
3		เทน้ำออก	ได้น้ำหนักหลังต้ม.... กิโลกรัม		
4		นำไปบด	มีลักษณะเหนียวหนืด มีเส้นใยยาวและเนื้อเยื่อ	บดค่อนข้างง่าย	

การตากแดด (เปลือกขนุนทุกส่วน)

ลำดับ	รูปภาพ	คำบรรยาย	ผลที่ได้	ข้อดี	ปัญหา
1		นำไปตากแดด โดยให้มีความหนาอยู่ที่ 3 มม.			เนื่องจากวัตถุดิบมีลักษณะเหนียวหนืด ทำให้ยากต่อการเกลี่ยให้เสมอกัน

2		หลังจากตากแดด 1 วัน	ยังไม่แห้ง		
3		ด้านล่าง	ยังไม่แห้ง		เนื่องจากตากอยู่บน PP บอร์ด ทำให้แห้งไม่เสมอกัน พบเชื้อราบางส่วน
4		หลังจากตากแดดจนแห้ง	ตัวของวัตถุดิบมีสีน้ำตาลเข้ม ยึดติดกันดีทั้งแผ่น เกิดการหดตัวค่อนข้างมาก	ตัวของวัตถุยึดติดกันดี	เกิดเชื้อรา เกิดการหดตัวค่อนข้างมาก
5					

การตากแดด (เปลือกขนุนทุกส่วน นำไปล้างน้ำ)

ลำดับ	รูปภาพ	คำบรรยาย	ผลที่ได้	ข้อดี	ปัญหา
1		เปลือกขนุนต้ม 100 กรัม			

2		นำไปล้างน้ำ เอาแต่เส้นใย โดยล้างน้ำจนน้ำใส	ได้เส้นใย	ใช้เวลานาน
3		เส้นใยที่ผ่านการล้างน้ำ	มีลักษณะร่วน ไม่เหนียวหนืด เส้นใยสั้น	
4		นำเส้นใยไปชั่ง	ชั่งได้ 30 กรัม	
5		เส้นใยเปลือกขนุนที่ผ่านการล้างน้ำ ก่อนนำไปอัดลงบนเฟรม		
6		เส้นใยเปลือกขนุนหลังจากตากแดด	เส้นใยยึดเกาะกัน มีสีน้ำตาลเข้ม	เกิดการหดตัวด้านข้างค่อนข้างมาก เส้นใยบ้างจุดไม่ยึดเกาะกัน เกิดเชื้อรา เนื่องจากปัญหาสภาพอากาศ

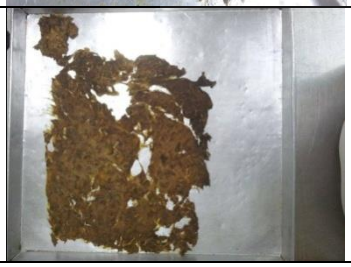
7		เส้นใยเปลือกขนุนหลังจากตากแดด			
8		ความหนาของเส้นใย	ความหนาใกล้เคียงกับตอนก่อนตากแดด		

การตากแดด (แยกส่วนของหนามออก)

ลำดับ	รูปภาพ	คำบรรยาย	ผลที่ได้	ข้อดี	ปัญหา
1		ขนุนที่แยกส่วนของหนามออกหั่นเป็นชิ้นเล็กๆ			เสียเวลาในการแยกหนามออก
2		ต้มโดยใช้ไฟแรงใช้เวลา 50 นาที	เปื่อย	เปื่อยง่าย	
3		เอาน้ำออก			วัตถุดิบอมน้ำ
4		นำไปบด	มีลักษณะเหนียวหนืด	บดง่าย	

5		หลังจากนำไปตากแดด	วัตถุดิบเป็นแผ่นบาง		เกิดเชื้อราค่อนข้างมาก เนื่องจากสภาพอากาศที่ไม่แน่นอน ชิ้นงานเรียบไม่สม่ำเสมอกัน

การอบ (เปลือกขนุนทุกส่วน)

ลำดับ	รูปภาพ	คำบรรยาย	ผลที่ได้	ข้อดี	ปัญหา
1		ขนุนก่อนนำไปอบ			
2		หลังอบที่อุณหภูมิ 60 องศา ใช้เวลา 5 ชั่วโมง	แห้งเฉพาะด้านบน ตรงส่วนที่แห้งสนิทจะเป็นสีดำ		เกิดการหดตัว
3		ด้านหลัง	ยังไม่แห้ง		ต้องกลับด้าน วัตถุดิบติดถาด
4		อบต่ออีก 5 ชั่วโมง	ชิ้นงานแห้ง		เกิดการหดตัวค่อนข้างมาก วัตถุดิบติดถาดยากต่อการแกะออก

ขั้นตอนการทดลองทำกระดาษจากเปลือกขนุน

ผู้วิจัยขออธิบายขั้นตอนการทดลองทำกระดาษจากเปลือกขนุน ดังต่อไปนี้

1. ส่วนประกอบของเปลือกขนุน ประกอบไปด้วย

1.1 เปลือกขนุนด้านนอก

1.2 เนื้อของเปลือกขนุน

1.3 ซังขนุน

2. วิธีการทดลอง

เพื่อให้ได้มาซึ่งกระบวนการทดลอง ผู้วิจัยได้ศึกษากระบวนการผลิตกระดาษด้วยวัสดุจากธรรมชาติ จากเอกสารและข้อมูลการสืบค้นเป็นข้อมูลทุติยภูมิ พบว่ามีกระบวนการผลิตกระดาษด้วยวิธีธรรมชาติที่น่าสนใจ ดังต่อไปนี้

2.1 การผลิตด้วยวิธีการทำกระดาษสา โดยในขั้นตอนนี้ ผู้วิจัยคิดวิธีการทดลองกับการผลิตกระดาษจากเปลือกขนุนเป็น 2 วิธีการ อธิบายพร้อมภาพประกอบดังนี้

2.1.1 ทดลองโดยวิธีไม่ผ่านการกรองเนื้อเยื่อ

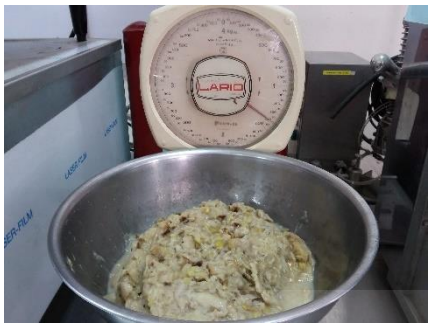
ตัวแปรควบคุม ประกอบไปด้วย 1)น้ำหนักของเปลือกขนุนก่อนการทดลอง 1 กิโลกรัม

2) ปริมาณน้ำสำหรับต้ม

3)อุณหภูมิการต้ม

4)ระยะเวลาการต้ม

ภาพประกอบ	คำอธิบาย
	1. สับทุกส่วนของเปลือกขนุนสดรวมกันให้ได้น้ำหนัก 1 กิโลกรัม
	2. นำเปลือกขนุนไปตั้งไฟด้วยปริมาณน้ำให้ท่วมเปลือกขนุน ระยะเวลาในการต้ม 50 นาที

	3. ชั่งน้ำหนักขนุนหลังต้มอยู่ที่ 1.4 กิโลกรัม
	4. บดและตีเยื่อเปลือกขนุนให้ทุกส่วนประกอบของเปลือกขนุนเข้ากัน จนมีลักษณะเหนียวหนืด มีเส้นใยยาว และเนื้อเยื่อ
	5. นำไปอัดเป็นแผ่นบนเฟรมที่ขึงด้วยตาข่าย ขนาด 45 x 35 เซนติเมตร อัดเปลือกขนุนด้วยความหนา 0.5 เซนติเมตร จึงนำไปตากแดดจัดหรืออบด้วยเตาอบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60°C จนแห้ง

ผลการการทดลองโดยวิธีไม่ผ่านการกรองเยื่อ

1. หลังจากผ่านการตากแดดจนแห้งใช้เวลาประมาณ 2 วัน และอบด้วยเตาอบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60°C ด้วยเวลา 5 ชั่วโมง ปรากฏเป็นเชื้อราจำนวนมาก และส่งกลิ่นเหม็นจากอาการเน่าบูด ดังรูป

2. ตัวของวัตถุยึดติดกันดี

3. มีการหดตัวเล็กน้อย และความหนาลดลงเฉลี่ย 1-2 มิลลิเมตร

4. สีของวัตถุคล้ำลงเป็นสีน้ำตาลจากการตากแดด และเป็นสีน้ำตาลเข้มเมื่ออบด้วยเตาอบ

<u>ข้อสังเกต</u> - เมื่อโดนน้ำหรือความชื้นจะคืนตัว ละลายเป็นเมือก ไม่กันน้ำ

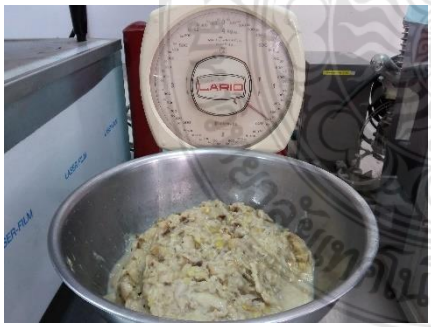
2.1.2 ทดลองโดยวิธีการกรองเนื้อเยื่อตัวแปรควบคุม ประกอบไปด้วย

1) น้ำหนักของเปลือกขนุนก่อนการทดลอง 1 กิโลกรัม

2) ปริมาณน้ำสำหรับต้ม

3) อุณหภูมิการต้ม

4) ระยะเวลาการต้ม

ภาพประกอบ	คำอธิบาย
	1. สับทุกส่วนของเปลือกขนุนสดรวมกันให้ได้น้ำหนัก 1 กิโลกรัม
	2. นำเปลือกขนุนไปตั้งไฟด้วยปริมาณน้ำให้ท่วมเปลือกขนุน ระยะเวลาในการต้ม 50 นาที
	3. ชั่งน้ำหนักขนุนหลังต้มอยู่ที่ 1.4 กิโลกรัม
	4. บดและตีเยื่อเปลือกขนุนให้ทุกส่วนประกอบของเปลือกขนุนเข้ากัน จนมีลักษณะเหนียวหนืด มีเส้นใยยาว และเนื้อเยื่อ

	5. นำไปล้างน้ำเพื่อกรองเอาเฉพาะเส้นใย คั้นน้ำนำไปล้างน้ำเอาแต่เส้นใยโดยล้างน้ำจนน้ำใสและบีบจนหมาด
	6. หลังจากกรองเอาเฉพาะเส้นใย นำไปชั่งน้ำหนักได้ 0.4 กิโลกรัม
	7. นำไปอัดเป็นแผ่นบนเฟรมที่ขึงด้วยตาข่ายขนาด 45 x 35 เซนติเมตร อัดเปลือกขนุนด้วยความหนา 0.5 เซนติเมตร จึงนำไปตากแดดจัดหรืออบด้วยเตาอบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60°C จนแห้ง

ผลการการทดลองโดยวิธีการกรองเนื้อเยื่อ

1. หลังจากผ่านการตากแดดจนแห้งใช้เวลาประมาณ 2 วัน และอบด้วยเตาอบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60°C ด้วยเวลา 5 ชั่วโมง ไม่ปรากฏเชื้อรา

2. ตัวของวัตถุยึดติดกันดีมีลักษณะแข็ง และกรอบแตกหักได้

3. มีการหดตัวมากถึง 50% เกิดช่องว่างเป็นรูทั่วแผ่น แต่ความหนาไม่ลดลง

4. สีของวัตถุคล้ำลงเป็นสีน้ำตาลอมเหลืองจากการตากแดด และเป็นสีน้ำตาลเข้มเมื่ออบด้วยเตาอบ

ข้อสังเกต - เมื่อโดนน้ำหรือความชื้นจะยังคงตัวได้ระยะเวลาหนึ่งแต่ไม่กันน้ำ

2.2 การผลิตด้วยวิธีการเปเปอร์มาร์เช่โดยในขั้นตอนนี้ ผู้วิจัยคิดวิธีการทดลองกับการผลิตกระดาษจากเปลือกขนุนเป็น 2 วิธีการ อธิบายพร้อมภาพประกอบดังนี้

2.2.1 ทดลองโดยใช้เปลือกขนุนสด วิธีการได้มาซึ่งเส้นใยเป็นวิธีเดียวกับวิธีการทดลอง 2.1.2 การทดลองโดยวิธีการกรองเนื้อเยื่อ

ภาพประกอบ	คำอธิบาย
	1. นำเปลือกขนุนสดนำเหนัก 1 กิโลกรัมไปต้มน้ำเดือด 50 นาที จากนั้นล้างน้ำกรองเอาเฉพาะเส้นใยได้น้ำหนักที่ 0.4 กิโลกรัม
	2. นำเส้นใยขนุนไปปั่นเพื่อเป็นการตีให้เส้นใย
	3. ได้เนื้อเยื่อจากเปลือกขนุน ดังภาพ

	4. ผสมกาวลาเท็กซ์คนให้เข้ากันเป็นเนื้อเดียว สังเกตลักษณะเนื้อให้มีความหนืดข้น
	5. นำไปอัดเป็นแผ่นบนเฟรมที่ขึงด้วยตาข่าย ขนาด 45 x 35 เซนติเมตร อัดให้ได้ความหนา 0.5 เซนติเมตร แล้วจึงนำไปตากแดดจัด

ผลการการทดลองโดยวิธีการกรองเนื้อเยื่อ

1. หลังจากผ่านการตากแดดจนแห้งใช้เวลาประมาณ 3-4 วัน ปรากฏเชื้อราในปริมาณน้อย

2. ตัวของวัตถุยึดติดกันดีมีลักษณะแข็งเป็นแผ่น และกรอบแตกหักได้

3. มีการหดตัวประมาณ 20% มีเนื้อเนียนคลายกระดาษ

4. ความหนาลดลงอยู่ที่ประมาณ 1 -2 มิลลิเมตร

5. สีของวัตถุไม้เปลี่ยนแปลงมากนัด เป็นสีน้ำตาลอมเหลืองจากการตากแดด

ข้อสังเกต – เมื่อโดนน้ำหรือความชื้นจะยังคงตัวได้ระยะเวลาหนึ่งแต่ไม่กันน้ำ

วิธีทดลองที่ 3

1. หักเปลือกขนุนสดให้มีลักษณะเล็กและบาง ดังภาพประกอบ

2. นำเปลือกขนุนไปตั้งไฟด้วยปริมาณน้ำให้ท่วมเปลือกขนุน ระยะเวลาในการต้ม 50 นาที หรือเปื่อยนิ้ม

3. บดและตีเยื่อเปลือกขนุนให้ทุกส่วนประกอบของเปลือกขนุนเข้ากัน จนมีลักษณะเหนียวหนืดมีเส้นใยยาว และเนื้อเยื่อ

4. นำเนื้อขนุนไปกรองด้วยผ้าขาวบาง คั้นเอาน้ำออกให้มากที่สุด

5. ผสมกาวลาเท็กซ์ในอัตราส่วน เนื้อขนุน 5 ส่วน ต่อปริมาณกาวลาเท็กซ์ 1 ส่วน นวดให้เข้ากันเป็นเนื้อเดียว

6. ผสมส่วนของเปลือกขนุนแห้งบดละเอียด เพื่อเพิ่มเนื้อสัมผัส และลดความชื้น ในอัตราส่วน 1:1 บีบนวดคลุกเคล้าให้เข้ากัน

7. เตรียมแม่พิมพ์สำหรับทำถาดรองรับอาหาร ตามขนาดที่ต้องการ ในการทดลองนี้ใช้การหล่อปูนปลาสเตอร์ ขึ้นรูปเป็นภาชนะ ป้องกันเนื้อขนุนติดแม่พิมพ์ด้วยการทาน้ำยาล้างจานให้ทั่วแม่พิมพ์

8. นำเนื้อขนุนที่ผ่านการผสมทางสูตรข้างต้น ทาบลงในแม่พิมพ์ให้ทั่วให้มีความหนาที่สม่ำเสมอกัน โดยความหนาของชั้นขนุน อยู่ที่ประมาณ 2 มิลลิเมตร

9. ภาพแสดงลักษณะของภาชนะขนุน เมื่อผ่านการตากแดด ประมาณ 1 วัน

10. นำมาเข้าเตาอบลมร้อน ด้วยอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียล ระยะเวลาการอบ 6 ชั่วโมง หรือจนแห้งสนิท (ในช่วงการอบด้วยความร้อน ห้ามนำแม่พิมพ์ออกจากเนื้อขนุน เพราะจะเกิดการหดตัวอย่างรวดเร็วจนผิดขนาด)

ผลการการทดลอง

หลังจากผ่านการตากแดดประมาณ 1 วัน และอบด้วยเตาอบลมร้อนที่อุณหภูมิ 70°C ด้วยเวลา 6 ชั่วโมง ลักษณะของภาชนะจากเปลือกขนุนมีความแห้ง ทางกายภาพมีความอ่อนตัว สามารถบิดงอได้ เมื่อถอนออกจากแม่พิมพ์และทิ้งไว้ ระยะเวลา 1-2 วัน ในอุณหภูมิปกติ เนื้อขนุนมีการบีบตัวแสดงการหดตัวลงมา ระยะเวลาประมาณ 1 สัปดาห์ ปรากฏเป็นเชื้อรา เนื้อสัมผัสมีความแข็งขึ้นแต่ไม่กรอบแตกหัก มีการหดตัวเพิ่มขึ้น และส่งกลิ่นเหม็นจากอาการเน่าบูด ดังรูป

2 สัปดาห์ผ่านไป

ภาคผนวก ข.
เอกสารประกอบการฝึกอบรม

เอกสารประกอบการถ่ายทอดเทคโนโลยีงานวิจัย

เรื่อง “การพัฒนาบรรจุภัณฑ์จากเปลือกและส่วนเหลือใช้จากอุตสาหกรรมแปรรูปขนุน”

นักวิจัย:อาจารย์คมเขต เพ็ชรรัตน์ อาจารย์ธัญญธร อินทร์ท่าฉางรองศาสตราจารย์ทรงกลด จารุสมบัติ

คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ ร่วมกับคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการออกแบบ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

การพัฒนาบรรจุภัณฑ์จากเปลือกและส่วนเหลือใช้จากอุตสาหกรรมแปรรูปขนุน มีวัตถุประสงค์เพื่อนำเศษขนุนที่ผ่านกระบวนการแปรรูปเพื่อเป็นอาหาร มาใช้ประโยชน์ผ่านกระบวนการออกแบบและผลิตจนได้ผลิตภัณฑ์เศษขนุนอัดแผ่นเพื่อใช้ในการทำบรรจุภัณฑ์ใส่อาหารหรือของใช้ในชีวิตประจำวัน

ในการออกแบบและพัฒนาบรรจุภัณฑ์เริ่มจากการศึกษาข้อมูล การออกแบบการทดลอง เพื่อเป็นแนวทางในการดำเนินการทดลองทำเศษขนุนอัดแผ่น และการออกแบบจัดทำผลิตภัณฑ์ต้นแบบบรรจุภัณฑ์ โดยพบว่าควรใช้ส่วนประกอบของเปลือก ซัง แกน และเปลือกหุ้มเมล็ด ผสมกันเพื่อให้แผ่นไม้มีคุณสมบัติที่เหมาะสม การใช้ส่วนหนึ่งส่วนใดในการนำมาอัดประสบปัญาในการจัดหาวัตถุดิบและคุณสมบัติที่เฉพาะตัวไม่เหมาะในการนำมาใช้จริง

คุณสมบัติของเศษขนุนอัด คือ มีความเหนียว ยืดหยุ่น แต่แข็งแรงพอในการนำมาใช้ออกแบบและผลิตบรรจุภัณฑ์ได้ดี และมีกลิ่นหอมของขนุนซึ่งเป็นเอกลักษณ์เฉพาะตัว

ภาพที่ 1 ลักษณะเศษขนุนที่เหลือใช้จากการแปรรูปอาหาร ได้แก่ เปลือก ซัง แกน เปลือกหุ้มเมล็ด

ภาพที่ 2 สรุปกระบวนการออกแบบและพัฒนาบรรจุภัณฑ์จากเศษขนุนเหลือใช้

ภาพที่ 3 การปฏิบัติงานโรงงาน-การอัดแผ่นเศษขนุน

ภาพที่ 4 บรรจุภัณฑ์จากเศษขนุนอัดแผ่น

Workshop เพื่อทดลองทำบรรจุภัณฑ์จากเศษขนุนอัดแผ่น

วัสดุ และอุปกรณ์

- เศษขนุนอัดแผ่นขนาด 30X30X0.5 ซม.
- แผ่นพลาสติก pvc
- ไม้บรรทัด
- เลื่อย
- มีด-คัตเตอร์
- กาว

ประวัตินักวิจัย

1.หัวหน้าโครงการวิจัย

นายคมเขต เพ็ชรรัตน์

MR. KHOMKHATE PEDCHARAT

ตำแหน่ง อาจารย์

หน่วยงานที่อยู่ที่ติดต่อได้สะดวก พร้อมหมายเลขโทรศัพท์ โทรสาร และ E-mail

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการออกแบบ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

168 ถนนศรีอยุธยา แขวงวชิระพยาบาล เขตดุสิต กรุงเทพฯ 10300

โทรศัพท์ 0-2281-9231-4 ต่อ 2410 โทรสาร 0-2282-4490

E-mail : khomkhate.p@rmutp.ac.th

ประวัติการศึกษา

ระดับปริญญา	คุณวุฒิ/สาขาวิชา	สถาบันอุดมศึกษา	ปีที่สำเร็จ
ปริญญาตรี	คอ.บ. (ศิลปอุตสาหกรรม) คณะครุศาสตรอุตสาหกรรม	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง	2536
ปริญญาโท	กศ.ม. (เทคโนโลยีทางการศึกษา) คณะศึกษาศาสตร์	มหาวิทยาลัยบูรพา	2548
ปริญญาโท	สถ.ม. (ศิลปอุตสาหกรรม) คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง	2550
ปริญญาเอก	กำลังศึกษา ปร.ด. (สิ่งแวดล้อมสรรค์สร้าง) คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	2553

ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ โดยระบุสถานภาพในการทำการวิจัยว่าเป็นผู้อำนวยการแผนงานวิจัย หัวหน้าโครงการวิจัย หรือผู้ร่วมวิจัยในแต่ละผลงานวิจัย

ชื่อผลงาน	สถานภาพ	แหล่งทุน/ปี
- การศึกษาสภาพ ปัญหา และความต้องการใช้สื่อการสอนของอาจารย์สถาบันเทคโนโลยีราชมงคลวิทยาเขตโชติเวช	**ผู้ร่วมวิจัย** โครงการวิจัย	2545
- หัวหน้าโครงการวิจัยเรื่อง การศึกษาความต้องการใช้พื้นที่ภายในอาคาร และการออกแบบภูมิทัศน์ ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร	**หัวหน้าโครงการ** โครงการวิจัย	เงินงบรายได้ 2551
- การพัฒนาและออกแบบผลิตภัณฑ์อ่างล้างจาน,	**หัวหน้าโครงการ** โครงการวิจัย	เงินงบประมาณแผ่นดิน2552

2.ผู้ร่วมโครงการวิจัย

นางสาวธัญญธร อินทร์ท่าฉาง

MISS TANYATRON INTACHANG

ตำแหน่ง อาจารย์

หน่วยงานและสถานที่อยู่ที่ติดต่อได้สะดวก พร้อมหมายเลขโทรศัพท์ โทรสาร และไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (e-mail)

สาขาวิชาการออกแบบบรรจุภัณฑ์ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการออกแบบ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

168 ถนนศรีอยุธยา แขวงวชิรพยาบาล เขตดุสิต กรุงเทพมหานคร 10300

โทรศัพท์ 0 2281 9231-4 ต่อ 6304-5 โทรสาร 0 2282 8572

E-mail : yui_intachang@hotmail.co.th

ประวัติการศึกษา

ระดับปริญญา	คุณวุฒิ/สาขาวิชา	สถาบันอุดมศึกษา	ปีที่สำเร็จ
ปริญญาตรี	วท.บ (ออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม)	สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล	

ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ โดยระบุสถานภาพในการทำการวิจัยว่าเป็นผู้อำนวยการแผนงานวิจัย หัวหน้าโครงการวิจัย หรือผู้ร่วมวิจัยในแต่ละผลงานวิจัย

ชื่อผลงาน	สถานภาพ	แหล่งทุน/ปี
- การศึกษาผลของคุณภาพเยื่อกระดาษเส้นใย พืชที่มีผลต่อระบบการพิมพ์พื้นทะลุ เพื่องานบรรจุภัณฑ์: การศึกษาวิจัยเพื่อพัฒนาการเรียนการสอนในรูปแบบหนังสืออิเล็กทรอนิกส์ เรื่อง บรรจุภัณฑ์เพื่อสิ่งแวดล้อม	**หัวหน้าโครงการ** โครงการวิจัย	

3.ผู้ร่วมโครงการวิจัย

นายทรงกลด จารุสมบัติ

MR. SONGKLOD JARUSOMBUTI

ตำแหน่ง รองศาสตราจารย์

หน่วยงานและสถานที่อยู่ที่ติดต่อได้สะดวก พร้อมหมายเลขโทรศัพท์ โทรสาร และไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (e-mail)

สาขาวิชาวนผลิตภัณฑ์ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

50 ถนนงามวงศ์วาน แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพมหานคร 10900

โทรศัพท์ 0-2579-0173 0-2942-8109 0-2942-8371

E-mail: fforsoj@ku.ac.th

ประวัติการศึกษา

วท.ม.(วิทยาศาสตร์บัณฑิต) คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วท.บ.(วิทยาศาสตร์บัณฑิต) คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3. **สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชาการ**

Wood and Non-wood Utilization

4. **ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ โดยระบุสถานภาพในการทำการวิจัยว่าเป็นผู้อำนวยการแผนงานวิจัย หัวหน้าโครงการวิจัย หรือผู้ร่วมวิจัยในแต่ละผลงานวิจัย**

- การทำไม้อัดจากไม้ยางพารา. 2534 หัวหน้าโครงการ
- การนำกล่องนม UHT กลับมาใช้ประโยชน์ในรูปของแผ่นประกอบ. 2540 หัวหน้าโครงการ

- การปรับปรุงคุณภาพไม้และใช้ประโยชน์ไม้พญาสัตบรรณในรูปของไม้ประกอบ ผู้ร่วมโครงการ
- การพัฒนาผลิตภัณฑ์จากไม้เทพธาโร หัวหน้าโครงการ
- โครงการวิจัยการพัฒนาการใช้ประโยชน์จากแกลบเพื่อเป็นวัสดุทดแทนไม้ ปี 2546 เป็นหัวหน้าโครงการ ได้รับทุนสนับสนุนจากศูนย์พัฒนาและถ่ายทอดเทคโนโลยีรัฐร่วมเอกชน
- โครงการวิจัยเพื่อพัฒนาแบบบ้านเอื้ออาทรโดยใช้วัสดุทดแทนไม้ ปี 2546 เป็นผู้ร่วมโครงการ ได้รับทุนสนับสนุนจากศูนย์พัฒนาและถ่ายทอดเทคโนโลยีรัฐร่วมเอกชน
- โครงการวิจัยและถ่ายทอดเทคโนโลยีการใช้ประโยชน์จากฟางข้าว ปี 2547 เป็นหัวหน้าโครงการ ได้รับทุนสนับสนุนจากสถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
- โครงการวิจัย Value-Added Wood Composite Processing and Development Collaborating ปี 2547

  เป็นหัวหน้าโครงการ ได้รับทุนสนับสนุนจาก US Agency for International Development and Kenan Institute Asia
- โครงการวิจัยการจัดตั้งศูนย์ถ่ายทอดและพัฒนาเครือข่ายผลิตภัณฑ์แผ่นประกอบจากหญ้าแฝก และวัสดุทางการเกษตร ปี 2548 เป็นหัวหน้าโครงการ ได้รับทุนสนับสนุนจาก สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
- โครงการวิจัย การศึกษามาตรการที่มีประสิทธิภาพ เพื่อใช้ปฏิบัติต่อวัสดุบรรจุภัณฑ์ไม้ สำหรับการค้าระหว่างประเทศ ปี 2548 เป็นหัวหน้าโครงการ ได้รับทุนสนับสนุนจากสำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์
- โครงการวิจัยการนำเศษเหลือสมุนไพรกลับมาใช้ประโยชน์ในรูปของแผ่นประกอบ ปี 2548 เป็นหัวหน้าโครงการ โดยได้รับทุนสนับสนุนจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
- โครงการวิจัยแผ่นใยซีเมนต์จากไม้ยางพารา ปี 2548 เป็นหัวหน้าโครงการ ได้รับทุนสนับสนุนจากสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ
- โครงการทำ LVL จากไม้ยางพารา ได้รับทุนสนับสนุนจากมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
- โครงการวิจัยการผลิตแผ่นชิ้นไม้อัดบอร์ดจากฟางข้าว ปี 2550 เป็นหัวหน้าโครงการ ได้รับทุนสนับสนุนจาก มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
- โครงการวิจัยการผลิตแผ่นชิ้นไม้อัดจากต้นสบู่ดำ ปี 2551 เป็นหัวหน้าโครงการ ได้รับทุนสนับสนุนจาก มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

- โครงการวิจัยการศึกษาพัฒนาเกณฑ์การผลิตและการออกแบบผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ประเภทผลิตภัณฑ์เฟอร์นิเจอร์ ปี 2551 เป็นหัวหน้าโครงการ ได้รับทุนสนับสนุนจาก กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม
- โครงการวิจัยการพัฒนาการทำแผ่นใยซีเมนต์จากไม้ยางพารา ปี 2552 เป็นหัวหน้าโครงการ ได้รับทุนสนับสนุนจาก สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ
- โครงการวิจัยแผ่นใยซีเมนต์จากไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซีส ปี 2552 เป็นหัวหน้าโครงการ ได้รับทุนสนับสนุนจาก สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ
- โครงการวิจัยการพัฒนาวัตถุดิบทางเลือกใหม่ในอุตสาหกรรมไม้ปี 2552 เป็นหัวหน้าโครงการได้รับทุนสนับสนุนจาก สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
- โครงการวิจัยส่งเสริมการออกแบบและผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้ที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ปี 2552 เป็นหัวหน้าโครงการ ได้รับทุนสนับสนุนจาก กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม
- โครงการวิจัยเตาอบไม้ยางพาราสำหรับ SME ปี 2553-2554 เป็นหัวหน้าโครงการ ได้รับทุนสนับสนุนจากมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
- โครงการวิจัยระบบการปลูกยางพาราเพื่อผลิตชิ้นไม้สับ ปี 2553-2556 เป็นหัวหน้าโครงการ ได้รับทุนสนับสนุนจากมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
- โครงการวิจัยนวัตกรรมด้านการเพิ่มมูลค่าให้กับผลิตภัณฑ์ไม้ เรื่อง ยูคาลิปตัสไม้ร้อยผลิตภัณฑ์ ปี 2553 เป็นหัวหน้าโครงการ ได้รับทุนสนับสนุนจากสำนักงานอุตสาหกรรมเป้าหมาย กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม
- โครงการวิจัยการพัฒนาไม้จากไม้ผลและไม้ขนาดเล็กเพื่อเป็นไม้ประกับแบบเรียงตั้งฉากเสี้ยนและเชื้อเพลิงอัดเม็ด ปี 2553 เป็นหัวหน้าโครงการ ได้รับทุนสนับสนุนจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
- โครงการวิจัยการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตในด้านการเลื่อยไม้ การอัดน้ำยาไม้ และการอบไม้ยางพารา ปี 2553 เป็นหัวหน้าโครงการ ได้รับทุนสนับสนุนจากศูนย์ส่งเสริมอุตสาหกรรมภาคที่ 11
- โครงการวิจัยการพัฒนาคุณภาพผลิตภัณฑ์จากไม้ ปี 2554 เป็นหัวหน้าโครงการ ได้รับทุนสนับสนุนจากโครงการความร่วมมือ มก – ธกส.
- โครงการวิจัยการส่งเสริมการผลิตที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ประเภทการผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้ ปี 2554 เป็นหัวหน้าโครงการ ได้รับทุนสนับสนุนจาก กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม
- โครงการวิจัยการพัฒนาและสร้างความเข้มแข็งของกลุ่มอุตสาหกรรมไม้ยางพารา ปี 2554 เป็นหัวหน้าโครงการ ได้รับทุนสนับสนุนจากศูนย์ส่งเสริมอุตสาหกรรมภาคที่ 10

- โครงการวิจัยการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตพืชเกษตรเพื่อการแข่งขันกิจกรรมการเพิ่มขีดความสามารถสหกรณ์ภาคการเกษตรและกลุ่มเกษตรกร ปี 2555 เป็นหัวหน้าโครงการ ได้รับทุนสนับสนุนจากสำนักงานสหกรณ์จังหวัดกำแพงเพชร