การพัฒนาผลิตภัณฑ์ซังข้าวโพดอัดขึ้นรูปเพื่องานประดิษฐ์

THE DEVELOPMENT OF FORMING COMPRESSED CORN COB PRODUCTS FOR CRAFTS

สุภิญญา ธาราดล

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาคหกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์
คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ปีการศึกษา 2559
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

การพัฒนาผลิตภัณฑ์ซังข้าวโพดอัดขึ้นรูปเพื่องานประดิษฐ์

สุภิญญา ธาราดล

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาคหกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์
คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ปีการศึกษา 2559

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การพัฒนาผลิตภัณฑ์ซังข้าวโพดอัดขึ้นรูปเพื่องานประดิษฐ์
	The Development of Forming Compressed Corn Cob Products for Crafts
ชื่อ-นามสกุล	นางสาวสุภิญญา ธาราดล
สาขาวิชา	เทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์สุภา จุฬคุปต์, Ph.D.
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	รองศาสตราจารย์สุทัศนีย์ บุญโญภาส, M.A.
ปีการศึกษา	2559

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ศรีกาญจนา จตุพัฒน์วโรดม, Ph.D.)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์รัตนพล มงคลรัตนาสิทธิ์, Ph.D.)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์สุทัศนีย์ บุญโญภาส, M.A.)

..... กรรมการ
(อาจารย์สุภา จุฬคุปต์, Ph.D.)

คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี อนุมัติวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์
(อาจารย์จีรวัฒน์ เหรียญอารีย์, คศ.ม.)
วันที่ 1 เดือน มิถุนายน พ.ศ. 2560

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การพัฒนาผลิตภัณฑ์ซังข้าวโพดอัดขึ้นรูปเพื่องานประดิษฐ์
ชื่อ – นามสกุล	นางสาวสุภิญญา ธาราดล
สาขาวิชา	เทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์สุภา จุฬคุปต์, Ph.D.
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	รองศาสตราจารย์สุทัศนีย์ บุญโญภาส, M.A.
ปีการศึกษา	2559

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาลักษณะทั่วไปของซังข้าวโพดและอัตราส่วนผสมของวัตถุดิบก่อนขึ้นรูป 2) ทดสอบสมบัติทางกายภาพของแผ่นอัดซังข้าวโพด 3) ออกแบบและประดิษฐ์ผลิตภัณฑ์ซังข้าวโพดอัดขึ้นรูป 4) สำรวจความพึงพอใจของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ซังข้าวโพดอัดขึ้นรูป

วิธีดำเนินการวิจัย คือ นำซังข้าวโพดบดละเอียดผสมกับกาวลาเท็กซ์และกาวยูเรียฟอร์มัลดิไฮด์ตามอัตราส่วนที่กำหนดไว้จำนวน 9 สูตร แล้วนำเข้าเครื่องอัดร้อนที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 นาที และหล่อเย็น 2 นาที จากนั้นนำแผ่นอัดซังข้าวโพดออกจากเครื่องทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา7วัน นำมาตัดเป็นชิ้นทดสอบสมบัติทางกายภาพ ได้แก่การทดสอบความต้านทานแรงดัด การทดสอบความต้านทานแรงดึง ทดสอบค่าความชื้นและเลือกแผ่นอัดซังข้าวโพดที่ดีที่สุดนำมาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์งานประดิษฐ์ สำรวจความพึงพอใจของผู้บริโภคจำนวน 120 คน ในเขตพื้นที่จังหวัดอ่างทอง

ผลการวิจัย พบว่า แผ่นอัดซังข้าวโพดในอัตราส่วน ซังข้าวโพด: กาวลาเท็กซ์: กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 20 : 4 : 3 มีความต้านทานแรงดัด 9.23 เมกะปาสคาล ความต้านทานแรงดึง 2.92 เมกะปาสคาล และค่าความชื้นร้อยละ 11.07 จึงทำให้สูตรที่ 4 มีคุณสมบัติที่ดีต่อการอัดขึ้นรูปเพื่องานประดิษฐ์ ผลการสำรวจความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อการพัฒนาผลิตภัณฑ์ซังข้าวโพดอัดขึ้นรูปเพื่องานประดิษฐ์ พบว่า ผู้บริโภคส่วนใหญ่มีความพึงพอใจต่อผลิตภัณฑ์ซังข้าวโพดอัดขึ้นรูปเพื่องานประดิษฐ์อยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ยรวมอยู่ที่ 4.07

คำสำคัญ: ซังข้าวโพด อัดขึ้นรูป งานประดิษฐ์

Thesis Title	The Development of Forming Compressed Corn Cob Products for Crafts
Name – surname	Miss Supinya Taradol
Program	Home Economics Technology
Thesis Advisor	Mrs. Supa Chulacupt, Ph.D.
Thesis Co - advisor	Associate Professor Sutusanee Boonyobhas**,** M.A.
Academic Year	2016

ABSTRACT

This research aimed to 1) study general characteristics of corn cobs and mixing ratios of the materials before forming, 2) test physical properties of corn cob plates, 3) design and create compressed corn cob products, and 4) survey consumers' satisfaction of the compressed corn cob products.

In this study, crushed corn cob was mixed with latex glue and urea formaldehyde glue as per the nine formulas that had been set. The mixture was then compressed in the compression molding machine at 100 degrees celsius for 2 minutes, and then cooled for 2 minutes. After that, the molded plates were removed from the machine and kept at room temperature for 7 days. Next, the plates were cut into pieces for physical properties tests, including Modulus of Rupture (MOR), tensile strength, and moisture content tests. The best corn cob plates were then used for forming compressed corn cob products. For the consumer satisfaction survey, a questionnaire was administered to 120 respondents in Ang Thong Province.

It was found that the mixing ratio of the fourth formula (corn cob : latex glue : formaldehyde glue = 20 : 4 : 3) resulted in the following physical properties: Modulus of Rupture (MOR) = 9.23 MPa, tensile strength = 2.92 MPa, and moisture content = 11.07 percent. These were promising features for forming compressed corn cob products for making crafts. In regard to the consumers' satisfaction, it was found that most consumers were highly satisfied with the products with an average mean score of 4.07.

Keywords: corn cob, forming, craft

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จไปได้ด้วยความเมตตากรุณาอย่างสูงจาก ดร.สุภา จุฬคุปต์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก และรองศาสตราจารย์สุทัศนีย์ บุญโญภาส อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม โดยได้รับการสนับสนุนช่วยเหลือให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์ในการดำเนินงานตลอดทั้งในด้านการเขียนและเรียบเรียงข้อมูลเพื่อให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สมบูรณ์ ผู้วิจัยจึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศรีกาญจนา จตุพัฒน์วโรดม ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รัตนพล มงคลรัตนาสิทธิ์ ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก ที่กรุณาให้คำแนะนำ และให้คำปรึกษาตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆเพื่อให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความสมบูรณ์ ขอขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาและประสบการณ์ที่ดีตลอดหลักสูตรการเรียนขอบคุณเจ้าหน้าที่ประสานงานหลักสูตรที่ช่วยอำนวยความสะดวกในทุกขั้นตอนของการทำวิทยานิพนธ์ ขอบคุณทุกคำแนะนำ และคำปรึกษาจากรุ่นพี่ที่สามารถนำมาใช้เป็นแนวทางในการทำวิทยานิพนธ์ และที่ขาดไม่ได้คือ ขอขอบคุณเพื่อนๆ สาขาวิชาเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ที่ให้ความช่วยเหลือ และให้กำลังใจอยู่เคียงข้างด้วยความเต็มใจตลอดมา ผู้วิจัยจึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ท้ายที่สุดนี้ขอขอบพระคุณสมาชิกทุกคนในครอบครัว ที่ได้ให้คำแนะนำที่ก่อให้เกิดแนวทางในการดำเนินชีวิตคุณประโยชน์และกำลังใจในการจัดทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ข้าพเจ้าขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

สุภิญญา ธาราดล

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... (3)
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... (4)
กิตติกรรมประกาศ..... (5)
สารบัญ..... (6)
สารบัญตาราง..... (8)
สารบัญรูป..... (9)
บทที่ 1 บทนำ..... 11
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา..... 11
1.2 วัตถุประสงค์..... 12
1.3 สมมติฐาน..... 12
1.4 ขอบเขตงานวิจัย..... 12
1.5 กรอบแนวคิดในการวิจัย..... 13
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ..... 14
บทที่ 2 วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 15
2.1 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับข้าวโพด..... 15
2.2 วัตถุประสาน..... 27
2.3 การพัฒนาผลิตภัณฑ์และการออกแบบผลิตภัณฑ์..... 33
2.4 กรรมวิธีการอัด..... 39
2.5 การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ..... 41
2.6 กระบวนการประเมินผล..... 47
2.7 เทคนิควิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ..... 49
2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 50
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย..... 54
3.1 วัตถุดิบและอุปกรณ์..... 54
3.2 วิธีดำเนินการวิจัย..... 55
3.3 การเลือกแผ่นอัดซังข้าวโพด..... 60
3.4 การประดิษฐ์ผลิตภัณฑ์ซังข้าวโพดอัดขึ้นรูป..... 60

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.5 วิธีวิเคราะห์ข้อมูล 63
3.6 สถานที่ทำการทดลอง 64
3.7 ระยะเวลาทำการวิจัย 64
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์ 65
4.1 ผลการทดลอบ 65
4.2 การวิจารณ์ผล 80
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ 82
5.1 ศึกษาลักษณะทั่วไปของซังข้าวโพด 82
5.2 สรุปผลการทดลอบ 82
5.3 การออกแบบและประดิษฐ์ผลิตภัณฑ์ซังข้าวโพดอัดขึ้นรูป 82
5.4 การสำรวจความพึงพอใจของผู้ตอบแบบสอบถามต่อผลิตภัณฑ์ซังข้าวโพดอัดขึ้นรูปเพื่องานประดิษฐ์ 83
5.5 ข้อเสนอแนะ 83
บรรณานุกรม 84
ภาคผนวก 88
ภาคผนวก ก เอกสารตอบรับการเผยแพร่ผลงาน 89
ภาคผนวก ข แบบสอบถามความพึงพอใจ 92
ภาคผนวก ค มาตรฐานการทดสอบสมบัติทางกายภาพ 97
ประวัติผู้เขียน 114

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 ตารางแสดงคุณค่าโภชนาการของข้าวโพดในปริมาณน้ำหนัก 100 กรัม..... 25
ตารางที่ 3.1 อัตราส่วนผสมของแผ่นอัดซังข้าวโพด ซังข้าวโพด : กาวลาเท็กซ์:กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์..... 55
ตารางที่ 4.1 ผลการศึกษาสูตรแผ่นอัดซังข้าวโพด..... 66
ตารางที่ 4.2 ผลการทดสอบสมบัติทางกายภาพของแผ่นอัดซังข้าวโพด..... 72
ตารางที่ 4.3 ผลการสำรวจข้อมูลพื้นฐานของผู้บริโภค..... 76
ตารางที่ 4.4 ความพึงพอใจของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ซังข้าวโพดอัดขึ้นรูปเพื่องานประดิษฐ์... 78
ตารางที่ 4.5 ความพึงพอใจรูปแบบผลิตภัณฑ์ซังข้าวโพดอัดขึ้นรูปเพื่องานประดิษฐ์..... 79

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 1.1 กรอบแนวคิดในการวิจัย..... 13
รูปที่ 2.1 ส่วนต่างๆของต้นข้าวโพด..... 16
รูปที่ 2.2 การเจริญเต็มโตของต้นข้าวโพด..... 18
รูปที่ 2.3 ฝักข้าวโพดชนิดต่างๆ..... 19
รูปที่ 2.4 ฝักข้าวโพดชนิดต่างๆข้าวโพดพันธุ์แท้และสายพันธุ์ลูกผสม..... 20
รูปที่ 2.5 การเพราะปลูกข้าวโพด..... 21
รูปที่ 2.6 การเก็บเกี่ยวข้าวโพดโดยใช้แรงงานมนุษย์..... 22
รูปที่ 2.7 การเก็บเกี่ยวข้าวโพดโดยใช้เครื่องจักรกล..... 23
รูปที่ 2.8 ผลิตภัณฑ์จากข้าวโพด..... 24
รูปที่ 2.9 ซังข้าวโพดและเศษซังข้าวโพด..... 27
รูปที่ 2.10 เครื่องอัดร้อน..... 40
รูปที่ 2.11 การทดสอบความต้านทานแรงดัดและมอดูลัสยืดหยุ่น..... 43
รูปที่ 2.12 ลักษณะของการวิบัติแบบต่างๆ..... 43
รูปที่ 2.13 เครื่องทดสอบความต้านทานแรงดึง..... 45
รูปที่ 3.1 ซังข้าวโพดสับหยาบ..... 56
รูปที่ 3.2 การผสมซังข้าวโพและกาวทั้ง 2 ชนิด..... 57
รูปที่ 3.3 การเตรียมอัดแผ่นซังข้าวโพด..... 58
รูปที่ 3.4 แม่พิมพ์เข้าเครื่องอัดร้อน..... 58
รูปที่ 3.5 แผ่นอัดซังข้าวโพดทั้ง 9 สูตร..... 59
รูปที่ 3.6 การออกแบบผลิตภัณฑ์กล่องอเนกประสงค์..... 60
รูปที่ 3.7 การออกแบบผลิตภัณฑ์กรอบรูป..... 61
รูปที่ 3.8 การออกแบบผลิตภัณฑ์กระถางต้นไม้ประดิษฐ์..... 62
รูปที่ 3.9 การออกแบบผลิตภัณฑ์นาฬิกา..... 63
รูปที่ 4.1 ซังข้าวโพด..... 65
รูปที่ 4.2 ค่าความต้านทานแรงดัดของแผ่นอัดซังข้าวโพด..... 69
รูปที่ 4.3 ค่าความต้านทานแรงดึงของแผ่นอัดซังข้าวโพด..... 70
รูปที่ 4.4 ค่าความชื้นของแผ่นอัดซังข้าวโพด..... 71

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ 4.5 กล่องอเนกประสงค์..... 73
รูปที่ 4.6 กรอบรูป..... 74
รูปที่ 4.7 กระถางต้นไม้ประดิษฐ์..... 74
รูปที่ 4.8 นาฬิกา..... 75

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

งานประดิษฐ์เกิดจากการคิดริเริ่มสร้างสรรค์ของมนุษย์ก่อให้เกิดความประณีต สวยงาม ตามความต้องการและประโยชน์ใช้สอย สามารถแบ่งได้หลายประเภท เช่น ใช้เป็นของเล่น ของใช้งานตกแต่ง และเครื่องใช้ในงานพิธีงานประดิษฐ์เหล่านี้อาจใช้วัสดุในการประดิษฐ์ที่แตกต่างกันซึ่งขึ้นอยู่กับสภาพท้องถิ่น ความเหมาะสมและความต้องการใช้งาน งานประดิษฐ์เป็นตัวบ่งบอกถึงเอกลักษณ์ในแต่ละท้องถิ่นได้เป็นอย่างดีเพราะเป็นงานประดิษฐ์จากวัตถุดิบธรรมชาติที่ต่างกันและยังสามารถบ่งบอกได้ถึงยุคสมัยของสิ่งประดิษฐ์นั้นๆเพราะงานประดิษฐ์สามารถ พัฒนาเปลี่ยนแปลงไปตามยุคสมัยโดยขึ้นอยู่กันความเหมาะสมและขึ้นอยู่กับวัสดุที่มีในยุคนั้นๆ งานประดิษฐ์มีความสำคัญต่อวิถีชีวิตของคนไทยตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน เช่น การทำมาลัย บายศรี งานแกะสลัก ในเทศกาลงานพิธีต่างๆ จนกลายเป็นเอกลักษณ์ของไทย ทั้งนี้งานประดิษฐ์ยังมีประโยชน์ต่อผู้ประดิษฐ์ คือ เป็นการใช้เวลาว่างให้เกิดประโยชน์ มีความภูมิใจในผลงานของตน มีรายได้จากผลงาน มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ผลงานใหม่ๆ เป็นการฝึกให้รู้จักสังเกตสิ่งรอบๆ ตัว ในการออกแบบและการเลือกวัสดุในการประดิษฐ์ เช่น วัสดุจากธรรมชาติ และวัสดุที่สังเคราะห์ขึ้นโดยวัสดุที่สังเคราะห์ เช่น พลาสติก ผ้า กระดาษ โฟม แก้ว เส้นใยสังเคราะห์ เป็นต้น วัสดุสังเคราะห์เหล่านี้เป็นวัสดุที่ย่อยสลายได้ยาก เมื่องานประดิษฐ์ชำรุดไม่สามารถใช้งานได้คนส่วนมากก็จะนำไปทำลายโดยการเผา หรือการฝังกลบซึ่งทำให้เกิด ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และ ก๊าซมีเทน ซึ่งก๊าซเหล่านี้เป็น ส่วนประกอบของก๊าซเรือนกระจก ทำให้เกิดภาวะเรือนกระจกซึ่งเป็นภาวะที่ชั้นบรรยากาศของโลกกระทำตัวเสมือนกระจกที่ยอมให้รังสีคลื่นสั้นผ่านลงมายังผิวโลกได้ แต่จะดูดกลืนรังสีคลื่นยาวช่วงอินฟราเรดที่แผ่ออกจากพื้นผิวโลกเอาไว้จากนั้นก็จะเกิดพลังงานความร้อน ให้กระจายอยู่ภายในชั้นบรรยากาศและพื้นผิวโลกจึงทำให้เกิดภาวะโลกร้อนขึ้น [1]

ซังข้าวโพดซึ่งเป็นวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรซึ่งประเทศไทยมีปริมาณการเพาะปลูกปีละ 4,683,386 ตันต่อปี และเหลือซังข้าวโพด 1,732,846 ตันต่อปี [2] ซังข้าวโพดเป็นวัสดุที่สามารถย่อยสลายได้เองตามธรรมชาติ การนำซังข้าวโพดมาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ จึงช่วยลดปริมาณการเผาทำลายซังข้าวโพด นอกจากนี้ยังช่วยลดปริมาณการใช้ผลิตภัณฑ์จากพลาสติก เป็นการช่วยรักษาสิ่งแวดล้อมและเพิ่มมูลค่าให้กับซังข้าวโพด อีกทั้งสร้างอาชีพทางเลือกให้กับเกษตรกรได้อีกทางหนึ่งด้วย

ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจที่จะนำซังข้าวโพดไปพัฒนาให้เกิดเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ที่สามารถทดแทนวัสดุจากพลาสติก โดยมุ่งเน้นที่จะศึกษาการพัฒนาผลิตภัณฑ์ซังข้าวโพดอัดขึ้นรูปเพื่องานประดิษฐ์ ซึ่งผลการวิจัยครั้งนี้ศึกษาลักษณะทั่วไปของซังข้าวโพด ศึกษาอัตราส่วนผสมของวัตถุดิบก่อนการอัดขึ้นรูป ทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของแผ่นอัดซังข้าวโพด ออกแบบและประดิษฐ์ผลิตภัณฑ์ซังข้าวโพดอัดขึ้นรูป เป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับซังข้าวโพด อีกทั้งยังเป็นอาชีพทางเลือกให้กับเกษตรกรได้อีกทางหนึ่ง

1.2 วัตถุประสงค์

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ

1.2.1 ศึกษาลักษณะทั่วไปของซังข้าวโพด และอัตราส่วนผสมของวัตถุดิบก่อนอัดขึ้นรูป

1.2.2 ทดสอบสมบัติทางกายภาพของแผ่นอัดซังข้าวโพด

1.2.3 ออกแบบและประดิษฐ์ผลิตภัณฑ์ซังข้าวโพดอัดขึ้นรูป

1.2.4 สำรวจความพึงพอใจของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ซังข้าวโพดอัดขึ้นรูป

1.3 สมมติฐาน

ความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ซังข้าวโพดอัดขึ้นรูปในระดับ ความพึงพอใจมาก

1.4 ขอบเขตงานวิจัย

การพัฒนาผลิตภัณฑ์ซังข้าวโพดอัดขึ้นรูปเพื่องานประดิษฐ์ครั้งนี้มีขอบเขตในการวิจัยดังนี้

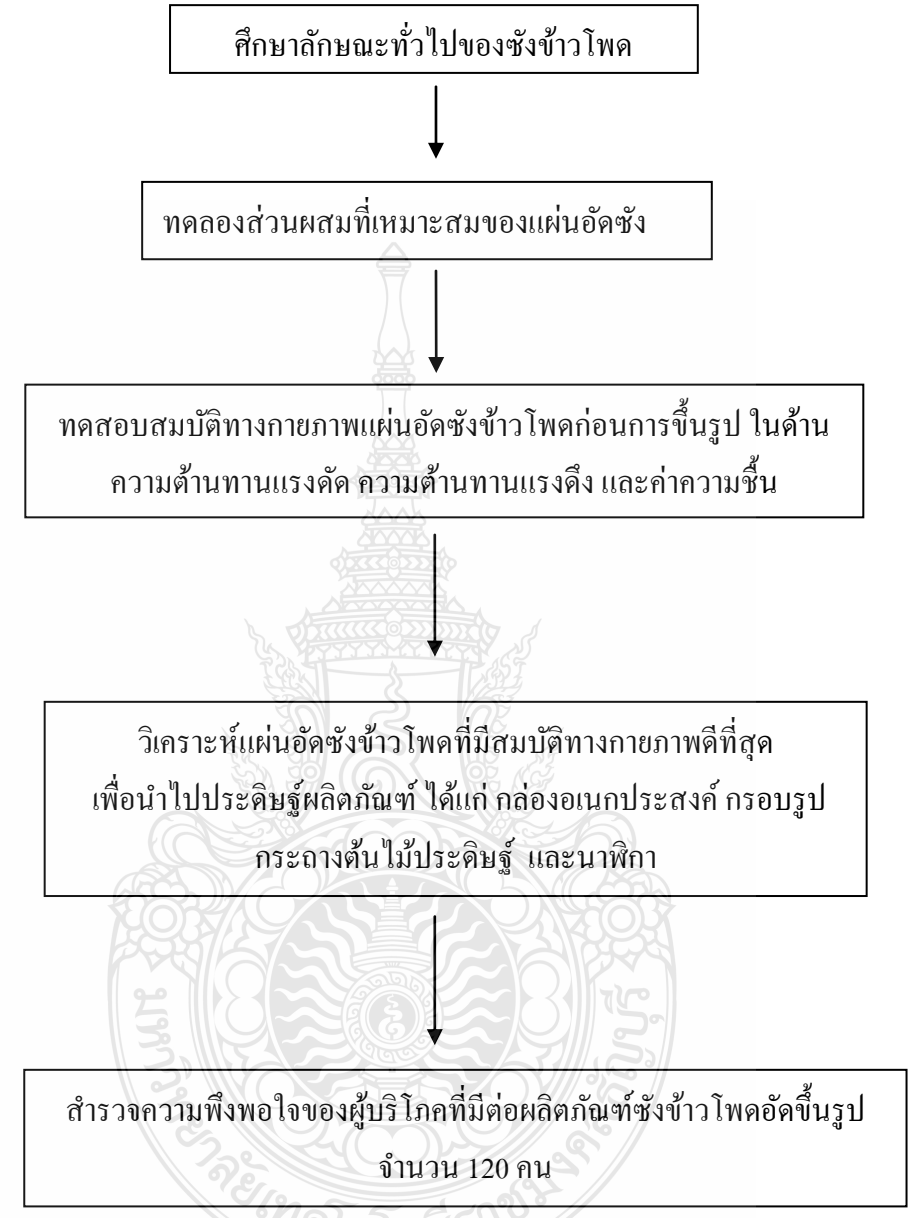
1.4.1 ศึกษาลักษณะทั่วไปของซังข้าวโพด พันธุ์แปซิฟิก 888 และอัตราส่วนของวัตถุดิบที่เหมาะสมก่อนการอัดขึ้นรูปซังข้าวโพดเพื่องานประดิษฐ์

1.4.2 ทดสอบสมบัติทางกายภาพของแผ่นอัดซังข้าวโพดในด้านความต้านทานแรงดัด ความทานแรงดึง และค่าความชื้น

1.4.3 ออกแบบและประดิษฐ์ผลิตภัณฑ์ซังข้าวโพดอัดขึ้นรูป

1.4.4 สำรวจความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ซังข้าวโพดอัดขึ้นรูป จากกลุ่มผู้ทดลองใช้ผลิตภัณฑ์ซังข้าวโพดอัดขึ้นรูปจำนวน 120 คน ในเขตพื้นที่จังหวัดอ่างทอง

1.5 กรอบแนวคิดในการวิจัย



รูปที่ 1.1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.6.1 ช่วยกำจัดเศษวัสดุเหลือทิ้งจากเกษตรกรรม

1.6.2 ได้ผลิตภัณฑ์ใหม่ที่ช่วยรักษาสิ่งแวดล้อม

1.6.3 เป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับซังข้าวโพด

1.6.4 เป็นอาชีพทางเลือกให้กับเกษตรกรในช่วงที่ไม่สามารถเพาะปลูกได้

บทที่ 2
วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยเรื่องการพัฒนาผลิตภัณฑ์ซังข้าวโพดอัดขึ้นรูปเพื่องานประดิษฐ์ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาลักษณะทั่วไปของซังข้าวโพด ศึกษาอัตราส่วนผสมของวัตถุดิบก่อนอัดขึ้นรูป ทดสอบสมบัติทางกายภาพของแผ่นอัดซังข้าวโพดออกแบบและประดิษฐ์ผลิตภัณฑ์ซังข้าวโพดอัดขึ้นรูปและสำรวจความพึงพอใจของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ซังข้าวโพดอัดขึ้นรูป มีเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังนี้

2.1 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับข้าวโพด

2.2 วัสดุประสาน

2.3 การพัฒนาผลิตภัณฑ์และออกแบบผลิตภัณฑ์

2.4 กรรมวิธีการอัด

2.5 ทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ

2.6 กระบวนการประเมินผล

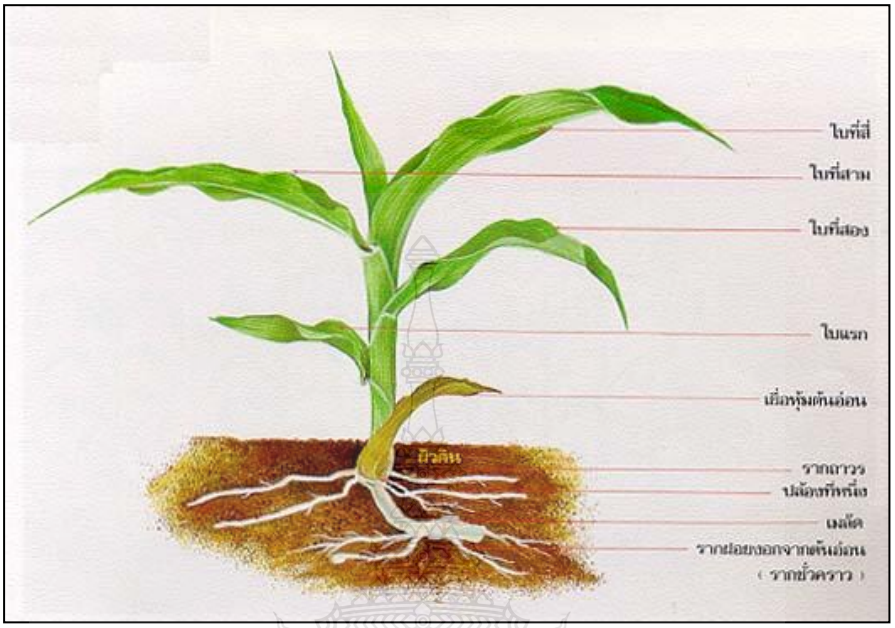
2.7 เทคนิควิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ

2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับข้าวโพด

ข้าวโพดมีชื่อวิทยาศาสตร์ (*ZeaMays*) อยู่ในวงศ์เดียวกับไผ่ ตะไคร้ หญ้าและธัญพืช เช่น ข้าว ข้าวบาร์เลย์ และข้าวสาลี ข้าวโพดมีถิ่นกำเนิดในเม็กซิโกและอเมริกากลาง ประเทศไทยปลูกข้าวโพดใช้เองและส่งออก คิดเป็นร้อยละ 10 -15 ของผลผลิตที่ได้ ข้าวโพดส่วนที่เรียกว่าเมล็ด ที่จริงคือผลธัญพืช และสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้หลายประเภท ข้าวโพดหวาน (Sweet corn) ปลูกเพื่อกินฝักฟลินท์คอร์น (Flint corn) ใช้เลี้ยงสัตว์ และทำแป้งที่เรียกว่า คอร์นมีล (Cornmeal) ส่วนป๊อปคอร์น (Popcorn) เมื่อนำมาคั่ว เอนโดสเปิร์มจะระเบิดแตกออก นิยมกินเป็นขนมขบเคี้ยว ข้าวโพดที่ผ่านการโม่เป็นแป้งข้าวโพดใช้ในอุตสาหกรรมได้หลายชนิด ทั้งอุตสาหกรรมอาหาร เบียร์ ทอผ้า กระดาษ ส่วนน้ำมันข้าวโพดได้จากการบดแยกเอาเอ็มบริโอในเมล็ดข้าวโพดไปสกัดน้ำมัน ผู้ผลิตข้าวโพดสำคัญของโลก คือ สหรัฐอเมริกา อาร์เจนตินา และฝรั่งเศส [3]

2.1.1 ลักษณะทั่วไปและลักษณะทางพฤกษศาสตร์



รูปที่ 2.1 ส่วนต่างๆของต้นข้าวโพด
ที่มา: [3]

2.1.1.1 ราก รากแรกที่ออกมาจากคัพภะ (Embryo) เป็นรากชั่วคราวเรียกว่า ไพรมารี (Primary) หรือเซมินัล (Seminal) หลังจากข้าวโพดเจริญเติบโตได้ประมาณ 7-10 วัน รากถาวรจะงอกขึ้นรอบๆ ข้อปลายๆ ในระดับใต้พื้นดินประมาณ 1-2 นิ้ว รากถาวรนี้ เมื่อเจริญเติบโตเต็มที่จะแผ่ออกไปโดยรอบประมาณ 100 เซนติเมตร และแทงลึกลงไปในดินแนวดิ่งยาวมากซึ่งอาจยาวถึง 300 เซนติเมตร รากของข้าวโพดเป็นระบบรากฝอย (Fibrous Root System) นอกจากรากที่อยู่ใต้ดินแล้ว ยังมีรากยึดเหนี่ยว (Bracer Root) ซึ่งเกิดขึ้นรอบๆ ข้อที่อยู่ใกล้ผิวดิน และบางครั้งรากพวกนี้ยังช่วยยึดพื้นดินอีกด้วย ดังรูปที่ 2.1

2.1.1.2 ลำต้น ข้าวโพดมีลำต้นแข็ง ไส้แน่นไม่กลวง มีความยาวตั้งแต่ 30 เซนติเมตร จนถึง 8 เมตร แล้วแต่ชนิดของพันธุ์ ตามลำต้นมีข้อ (Node) และปล้อง (Internode) ปล้องที่อยู่ในดินและใกล้ผิวดินสั้น และจะค่อยๆ ยาวขึ้นไปทางด้านปลาย ปล้องเหนือพื้นดินจะมีจำนวนประมาณ 8-20 ปล้อง พันธุ์ข้าวโพดส่วนมากลำต้นสดมีสีเขียว แต่บางพันธุ์มีสีม่วงข้าวโพดแตกกอไม่มากนัก ส่วนมากไม่แตกกอทั้งนี้ แล้วแต่ชนิดพันธุ์ และสิ่งแวดล้อม ข้าวโพดที่แตกกอได้ 3-4 ต้น เช่น ข้าวโพดหวาน อาจแตกกอได้ตั้งแต่ 7-10 ต้น

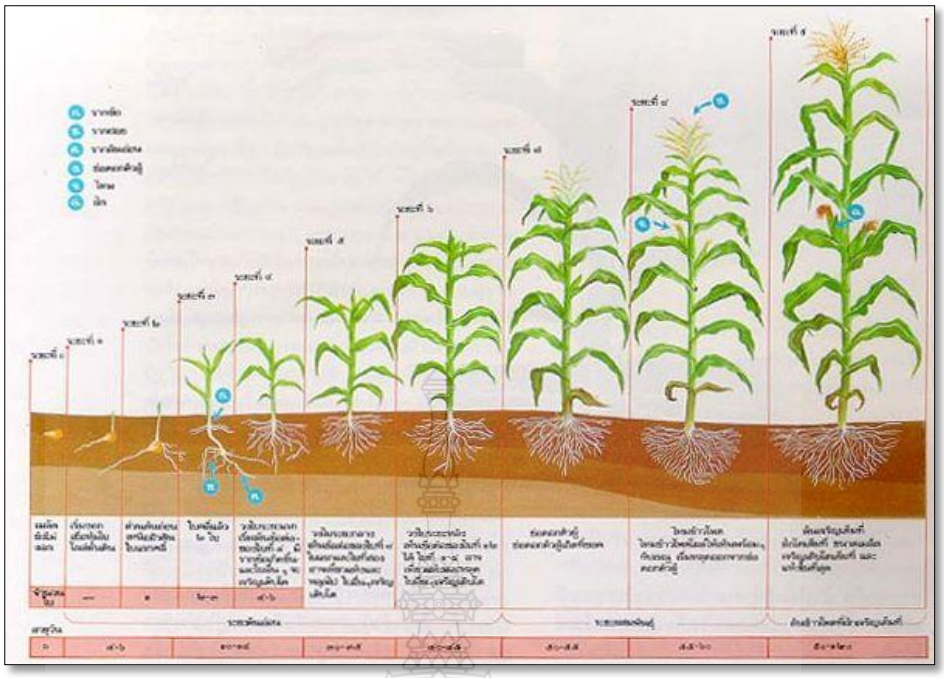
2.1.1.3 ใบ ข้าวโพดมีใบลักษณะยาวรี คล้ายพืชตระกูลหญ้าทั่วไป ประกอบด้วยตัวใบ กาบใบ และเขี้ยวใบ ลักษณะของใบรวมทั้งสีของใบแตกต่างกันไป แล้วแต่ชนิดของพันธุ์ บางพันธุ์ใบสีเขียว บางพันธุ์ใบสีม่วง และบางพันธุ์ใบลาย จำนวนใบก็เช่นเดียวกันอาจมีตั้งแต่ 8 - 48 ใบ ดังรูปที่ 2.1

2.1.1.4 ดอก ข้าวโพดจัดเป็นพวกโมโนอิเซียส (Monoecious) คือ มีดอกตัวผู้ และดอกตัวเมียแยกอยู่ในต้นเดียวกัน ช่อดอกตัวผู้ (Tassel) อยู่ตอนบนสุดของลำต้น ดอกตัวผู้ดอกหนึ่งจะมีอับเกสร (Anther) 3 อับ แต่ละอับจะมีเรณูเกสร (Pollen Grain) ประมาณ 2,500 เม็ด ดังนั้นข้าวโพดต้นหนึ่ง จึงมีเรณูเกสรอยู่เป็นจำนวนหลายล้าน และสามารถปลิวไปได้ไกลกว่า 2,000 เมตร ส่วนดอกตัวเมียอยู่รวมกันเป็นช่อ เกิดขึ้นตอนข้อกลางๆ ลำต้น ต้นหนึ่งอาจมีหลายช่อแล้วแต่ชนิดพันธุ์ ดอกตัวเมียแต่ละดอกประกอบด้วยรังไข่ (Ovary) และเส้นไหม (Silk หรือ Style) ซึ่งมีความยาวประมาณ 5-15 เซนติเมตร และยื่นปลายโผล่ออกไปรวมกันเป็นกระจุกอยู่ตรงปลายช่อดอกซึ่งมีเปลือกหุ้มอยู่ ดอกพวกนี้พร้อมที่จะผสมพันธุ์ หรือรับละอองเกสรได้เมื่อเส้นไหมโผล่ออกมา หลังจากได้รับการผสมเส้นไหมจะแห้งเหี่ยว และรังไข่เจริญเติบโตเป็นเมล็ด ช่อดอกตัวเมียที่รับการผสมแล้วเรียกว่า ฝัก (Ear) แต่ละฝักอาจมีเมล็ดมากถึง 1,000 เมล็ด แกนกลางของฝักเรียกว่า ซัง (Cob)

2.1.1.5 เมล็ดข้าวโพด หลังจากดอกตัวเมียได้รับการผสม รังไข่จะเจริญเป็นผล ผนังรังไข่ที่สุกจะเจริญเป็น Pericarp จะเชื่อมติดกับ Tests เนื้อเยื่อที่อยู่ภายในเมล็ดข้าวโพด ซึ่งจะหุ้ม คัพภะ จะประกอบไปด้วยแป้ง เมล็ดข้าวโพดมีสีต่างๆเช่น สีเหลือง สีขาว สีแดง และสีม่วง เกิดจากการผสมเกสรของข้าวโพดเมล็ดสีเหลืองผสมกับไข่ของข้าวโพดเมล็ดสีขาว เมล็ดข้าวโพดบนฝักนั้นจึงเป็นสีเหลืองอ่อน ในทางกลับกันหากละอองเกสรของเมล็ดข้าวโพดสีขาวผสมกับไข่ของข้าวโพดเมล็ดสีเหลืองจะเกิดเป็นสีเหลืองปานกลาง

2.1.2 การเจริญเติบโตของข้าวโพด

เมล็ดข้าวโพดจัดเป็นพวกไม่มีระยะการฟักตัว (Seed Dormancy) เมื่อเมล็ดแก่เก็บเกี่ยวแล้ว สามารถนำไปปลูกได้เลย เมื่อฝังเมล็ดลงไปในดิน เมล็ดจะงอกโผล่พ้นผิวดิน และใบแรกคลี่ออกให้เห็นภายในประมาณ 4 - 6 วัน ต่อมาจึงจะมีรากออกมาจากข้อแรก (Nodal roots) เพิ่มจากรากชั่วคราวที่มีอยู่แล้ว การเจริญเติบโตของราก ลำต้น ใบ เป็นไปตามลำดับ จนกระทั่งเห็นช่อดอกตัวผู้ ซึ่งในระยะนี้ข้าวโพดไร่จะมีอายุประมาณ 50 – 55 วัน หลังจากปลูก การเจริญเติบโตในระยะนี้เข้าสู่ระยะการผสมพันธุ์เส้นไหมของดอกตัวเมียจะโผล่พ้นเปลือกหุ้ม (Husk) ของฝัก พร้อมที่จะรับละอองเกสรได้ภายในประมาณ 55 - 60 วันหลังจากปลูก หลังจากได้รับการผสมเกสรแล้วรังไข่จะเจริญกลายเป็นเมล็ดอ่อนและเมล็ดแก่ พร้อมที่จะเก็บเกี่ยวได้ภายในประมาณ 45 วันหลังการผสมเกส ดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 การเจริญเติบโตของต้นข้าวโพด
ที่มา: [4]

2.1.3 ชนิดของข้าวโพด

ข้าวโพดจำแนกออกเป็น 2 ชนิด จำแนกทางพฤกษศาสตร์และจำแนกตามวัตถุประสงค์การจำแนกข้าวโพดทางพฤกษศาสตร์ จำแนกออกเป็น 7 ชนิดได้แก่ ข้าวโพดหัวบุบ มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า (*Zea mays indentata*) เมล็ดตอนบนมีรอยบุ๋ม เนื่องจากตอนบนมีแป้งอ่อน และข้างๆ เป็นแป้งชนิดแข็ง เมื่อตากเมล็ดให้แห้งแป้งอ่อนจะยุบหดตัวลง จึงเกิดลักษณะหัวบุบดังกล่าว ขนาดของลำต้น ความสูง เหมือนข้าวไร่ทั่วๆ ไป สีของเมล็ดอาจเป็นสีขาว สีเหลือง หรือสีอื่นๆ แล้วแต่พันธุ์ นิยมปลูกกันมากในสหรัฐอเมริกา ข้าวโพดหัวแข็ง มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า (*Zea mays in durata*) เมล็ดมีแป้งแข็งห่อหุ้มโดยรอบ หัวเรียบไม่บุบเมล็ดค่อนข้างกลม ปลูกกันมากในเอเชีย และอเมริกาใต้ ข้าวโพดไร่คนไทยนิยมปลูกกัน สีของเมล็ดอาจเป็นสีขาว สีเหลือง สีม่วง หรือสีอื่นๆ แล้วแต่ชนิดของพันธุ์ ข้าวโพดหวาน มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า (*Zea mays saccharata*) นิยมปลูกกันอย่างแพร่หลาย เพื่อรับประทานฝักสด เพราะฝักมีน้ำตาลมาก ทำให้มีรสหวาน เมื่อแก่เต็มที่หรือแห้ง เมล็ดจะหดตัวเหี่ยวย่น ข้าวโพดคั่ว มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า (*Zea mays everta*) เมล็ดมีขนาดค่อนข้างเล็ก มีแป้งประเภทแข็งอยู่ใน ภายนอกห่อหุ้มด้วยเยื่อที่เหนียว และยืดตัวได้ เมล็ดมีความชื้นภายในอยู่พอสมควร เมื่อถูกความร้อน จะเกิดแรงดันภายในเมล็ดระเบิดตัวออกมา เมล็ดอาจมีลักษณะกลมหรือหัวแหลม

มีสีต่างๆ กัน เช่น เหลือง ขาว ม่วง ข้าวโพดข้าวเหนียว มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า (*Zea mays certain*) เมล็ดมีแป้งอ่อนคล้ายแป้งมันสำปะหลัง นิยมปลูก เพื่อรับประทานฝักสดคล้ายข้าวโพดหวานแม้จะไม่หวานมาก แต่เมล็ดนิ่ม รสอร่อย ไม่ติดฟัน เมล็ดมีสีต่างๆ กัน เหลือง ขาว ส้ม ม่วง หรือมีหลายสีในฝักเดียวกัน ข้าวโพดแป้ง มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า (*Zea mays amylocea*) เมล็ดประกอบด้วย แป้งชนิดอ่อนมาก เมล็ดค่อนข้างกามหัวไม่บุบ หรือบุบเล็กน้อย นิยมปลูกในอเมริกาใต้ อเมริกากลาง และสหรัฐอเมริกา ชาวอินเดียนแดงนิยมปลูกไว้รับประทานเป็นอาหาร และ ข้าวโพดป่า มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า (*Zea mays tunica*) มีลักษณะใกล้เคียงข้าวโพดพันธุ์ป่า มีลำต้น และฝักเล็กกว่าข้าวโพดธรรมดา ขนาดเมล็ดค่อนข้างเล็กเท่าๆ กับเมล็ดข้าวโพดมีขั้วเปลือกหุ้มทุกเมล็ด และยังมีเปลือกหุ้มฝักอีกชั้นหนึ่งเหมือนข้าวโพดธรรมดาทั่วๆไป เมล็ดมีลักษณะต่างๆ กัน ข้าวโพดชนิดนี้ไม่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ ปลูกไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น การจำแนกตามวัตถุประสงค์ของการปลูก อาจจำแนกออกได้เป็น 4 ชนิดได้แก่ ข้าวโพดใช้เมล็ด ปลูกเพื่อเก็บเมล็ดแก่ใช้เป็นอาหารสัตว์ และมนุษย์ หรือทำอุตสาหกรรม ข้าวโพดหมัก ปลูกเพื่อตัดต้นสดมาหมักใช้เป็นอาหารสัตว์ และข้าวโพดฝักอ่อนในประเทศไทยนิยมปลูกเพื่อเก็บฝักอ่อนไปใช้ในการประกอบอาหาร ดังรูปที่ 2.3

รูปที่ 2.3 ฝักข้าวโพดชนิดต่างๆ
ที่มา: [4]

2.1.4 พันธุ์ข้าวโพด

ข้าวโพดที่นิยมปลูกกันทั่วไปจำแนกพันธุ์ได้ 2 ประเภทได้แก่ พันธุ์ลูกผสมนิยมปลูกในประเทศที่วิทยาการทางการเกษตรเจริญมากแล้ว ทั้งนี้เนื่องจากข้าวโพดพวกนี้มีการปรับตัวเข้ากับสิ่งแวดล้อมไม่ดี หรือเปลี่ยนแปรไปตามสิ่งแวดล้อม เช่น ไม่ได้ใส่ปุ๋ยเพียงพอ ไม่กำจัดวัชพืช มีน้ำไม่พอ ข้าวโพดพวกนี้จะให้ผลิตผลไม่ดี นอกจากนั้นการใช้ข้าวโพดลูกผสมจะต้องซื้อเมล็ดใหม่มาปลูกทุกปี เพราะถ้าใช้เม็ดเก่าจากไร่จะกลายพันธุ์ไป และพันธุ์ผสมปล่อย พันธุ์ข้าวโพดชนิดนี้ หากได้รับการปรับปรุงพันธุ์อย่างดี อาจให้ผลิตผลได้ไม่ดีแพ้พันธุ์ลูกผสม นอกจากนั้นพันธุ์พวกนี้ยังปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมได้อย่างดี แม้ดินฟ้าอากาศจะเปลี่ยนแปรไป ก็ยังให้ผลิตผลพอใช้ได้ นอกจากนั้น ชาวไร่ยังสามารถเก็บเมล็ดพันธุ์ไว้อีกได้อย่างน้อย 2 - 3 ปี หรือคัดเลือกพันธุ์เอง อาจไม่ต้องซื้อเมล็ดพันธุ์ใหม่อีก ข้าวโพดพันธุ์นี้แยกได้เป็น 2 ชนิด คือ พันธุ์ผสมรวม เป็นการรวมพันธุ์หรือสายพันธุ์ต่างๆ เข้าด้วยกันโดยการนำเมล็ดจำนวนเท่าๆกัน จากแต่ละพันธุ์หรือสายพันธุ์มารวมกันแล้วนำไปปลูกในแปลงอิสระห่างไกลจากข้าวโพดพันธุ์อื่นๆ ปล่อยให้ผสมกันเองตามธรรมชาติแล้วเก็บเกี่ยวเมล็ดไว้ปลูกเป็นพันธุ์ต่อไป และพันธุ์สังเคราะห์ เป็นพันธุ์ที่ได้จากการรวมสายพันธุ์ที่ได้รับการทดสอบการรวมตัวมาแล้ว วิธีการรวมสายพันธุ์อาจทำได้ เช่นเดียวกับพันธุ์ผสมรวม [4] ดังรูปที่ 2.4

รูปที่ 2.4 ฝักข้าวโพดชนิดต่างๆข้าวโพดสายพันธุ์แท้และสายพันธุ์ลูกผสม
ที่มา: [4]

2.1.5 การขยายพันธุ์

ข้าวโพดขยายพันธุ์โดยวิธีการเพาะเมล็ดลงในแปลงปลูก ที่มีการเตรียมดินในสภาพที่มีน้ำเพียงพอและอุณหภูมิเหมาะสมต่อการเจริญเติบโต วิธีการปลูกข้าวโพดอาจปลูกโดยการหยอดเมล็ดด้วยมือหรือเครื่องหยอดเมล็ดลงในร่อง บนพื้นที่ราบหรือบริเวณเชิงเขา และควรเป็นดินเหนียวและมีน้ำหนักมากพอสมควรเพื่อป้องกันการชะล้างของหน้าดิน ระยะห่างระหว่างแถวตั้งแต่ 60-100 เซนติเมตร ขึ้นอยู่กับสภาพของดิน ปริมาณน้ำฝน พันธุ์ที่นำมาปลูก และวิธีการในการปลูก การทิ้งระยะห่างระหว่างแถวกว้างมาก จะทำให้มีวัชพืชเจริญเติบโตแทรกอยู่ระหว่างแถว และทำให้เกิดการชะล้างของหน้าดินได้ง่ายพื้นที่ 1 ไร่สามารถปลูกข้าวโพดได้ตั้งแต่ 3,200 – 12,800 ต้นต่อไร่ ใช้เมล็ดข้าวโพดหนักประมาณ 1.5 – 3.8 กิโลกรัมต่อไร่ โดยฝังเมล็ดลงในดินลึกประมาณ 3 - 6 เซนติเมตร ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสภาพของดิน อุณหภูมิและแสง อาจมีผลต่อการใส่ปุ๋ยคอก หรือปุ๋ยเคมีไปพร้อมๆ กับการหยอดเมล็ด ข้าวโพดเป็นที่นิยมปลูกของเกษตรกรเนื่องจาก เป็นพืชที่ให้ผลผลิตสูง ให้ผลตอบแทนคุ้มค่าแรงงาน ใช้ระยะเวลาในการเพาะปลูกไม่นาน มีเปลือกหุ้มฝักที่สามารถป้องกันนกและฝนได้ เก็บเกี่ยวง่ายสามารถปลูกได้ในสภาพอุณหภูมิต่างๆ กันหลายระดับ และยังเป็นที่ต้องการในการนำไปเป็นอาหารของมนุษย์และสัตว์เพิ่มขึ้นเรื่อยๆ [5] ดังรูปที่ 2.5

รูปที่ 2.5 การเพาะปลูกข้าวโพด
ที่มา: [6]

2.1.6 การเก็บเกี่ยว

การเก็บเกี่ยวข้าวโพดส่วนใหญ่ใช้แรงงานคนในการหักฝักข้าวโพด และมีการพัฒนาใช้เครื่องจักรเก็บเกี่ยว วิธีการเก็บเกี่ยวข้าวโพดสามารถเก็บได้ 2 วิธีดังนี้

2.1.6.1 การเก็บเกี่ยวโดยใช้แรงงานคน โดยใช้ไม้ปลายแหลมแทงเปลือกบริเวณปลายฝัก ต้องระวังไม่ให้โดนเมล็ดแล้วปอกเปลือกออก และการเก็บเกี่ยวแบบหักข้าวโพดทั้งเปลือกแล้วจึงมาแกะเปลือกภายหลัง หรือเก็บทั้งเปลือก การเก็บเกี่ยววิธีนี้ทำได้เร็วช่วยป้องกันไม่ให้เมล็ดเกิดความเสียหายในระหว่างขนย้าย นอกจากนี้ยังช่วยป้องกันไม่ให้เกิดเชื้อรา การเก็บเกี่ยวโดยใช้แรงงานคนไม่ควรวางฝักข้าวโพดบนพื้นที่ชื้นแฉะ ไม่ควรโยนฝักข้าวโพดเพราะจะทำให้ผิวของเมล็ดเกิดความเสียหาย ซึ่งจะทำให้เชื้อราเข้าทำลายเมล็ดได้ง่าย ขณะเก็บเกี่ยวหากมีฝักที่เน่าเสียควรแยกออก ดังรูปที่ 2.6

รูปที่ 2.6 การเก็บเกี่ยวข้าวโพดโดยใช้แรงงานมนุษย์
ที่มา: [6]

2.1.6.2 การเก็บเกี่ยวโดยใช้เครื่องจักรกล ได้แก่ เครื่องปลิดฝักข้าวโพด เครื่องปลิดและรูดเปลือกหุ้มฝักข้าวโพด และเครื่องเกี่ยวนวดข้าวโพด เครื่องชนิดนี้จะปลิดฝักข้าวโพดจากต้นแล้วสีออกเป็นเมล็ด การใช้เครื่องเก็บเกี่ยวมีข้อดีในกรณีขาดแรงงาน ทำให้ค่าจ้างในการเก็บเกี่ยวสูง

สามารถเก็บเกี่ยวได้รวดเร็ว และอาจทำให้ทันปลูกในฤดูฝน แต่มีข้อเสียคือบริเวณเก็บเกี่ยวต้องเป็นพื้นที่ราบ และสม่ำเสมอ ต้นข้าวโพดหักล้มน้อย และทำให้เสียหายเนื่องจากเก็บฝักข้าวโพดไม่หมด และมีการแตกหักของฝักและเมล็ด ทำให้เชื้อราเข้าทำลายได้ง่าย นอกจากนี้ การเก็บเกี่ยวข้าวโพดที่ปลูกในต้นฤดูฝนอาจจะเก็บเกี่ยวได้ลำบากเพราะดินเปียก โดยเฉพาะรถเก็บเกี่ยวที่มีขนาดใหญ่ [6] ดังรูปที่ 2.7

รูปที่ 2.7 การเก็บเกี่ยวข้าวโพดโดยใช้เครื่องจักรกล
ที่มา: [6]

2.1.7 การใช้ประโยชน์จากข้าวโพด

ใช้เป็นอาหารมนุษย์ ในประเทศไทยประชาชนนิยมรับประทานฝักสดของข้าวโพดหวาน ข้าวโพดข้าวเหนียว และข้าวโพดไร่โดยการต้มหรือเผาให้สุกเสียก่อน นอกจากนั้น ฝักอ่อนของข้าวโพดยังนิยมรับประทานกันอย่างแพร่หลาย นับเป็นผักชนิดหนึ่งที่นำมาปรุงอาหาร นอกจากจะรับประทานในประเทศแล้ว ยังบรรจุกระป๋องส่งไปจำหน่ายยังต่างประเทศ ใช้เป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรม เมล็ดข้าวโพด สามารถนำไปใช้ในอุตสาหกรรมได้หลายประเภท เช่น ทำแอลกอฮอล์ แป้ง น้ำตาลชนิดต่างๆ น้ำเชื่อม และน้ำมัน ผลิตผลเหล่านี้ อาจนำไปใช้ทำผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมอื่นๆ ได้อีกต่อหนึ่ง เช่น ยารักษาโรค กระดาษ กระดาษแก้ว ผ้าสังเคราะห์ เป็นต้นในอุตสาหกรรมการผลิต

แป้งข้าวโพดทำโดยการขัดสีเมล็ดข้าวโพดที่เปียกชื้น นำไปขัดสีส่วนของผนังผลและเปลือกหุ้มเมล็ดให้หลุดออก แล้วแยกส่วนของจมูกข้าวหรือ เอมบริโอและรำออกมา นำส่วนของเอนโดสเปิร์มที่แยกได้ไปบดเป็นแป้งข้าวโพด เมล็ดข้าวโพดหนัก 100 กิโลกรัม ที่ความชื้น ร้อยละ 16 มีแป้งเป็นส่วนประกอบ 64 กิโลกรัม และน้ำมัน 3 กิโลกรัม นอกจากนี้เปลือกทางด้านในของฝักและเส้นใยภายในลำต้นถูกนำไปใช้ในการทำกระดาษและใช้เป็นอาหารสัตว์ ข้าวโพดเป็นพืชที่ใช้เป็นอาหารสัตว์ได้ดีชนิดหนึ่ง การใช้ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์อาจทำได้หลายอย่าง เช่น ใช้เมล็ดกากน้ำตาล กากแป้งที่เหลือจากสกัดน้ำมัน ตัดต้นสดให้สัตว์กินโดยตรง ตัดต้นสดหมัก และใช้ต้นแก่หลังเก็บเกี่ยวฝักแล้ว [7] ดังรูปที่ 2.8

รูปที่ 2.8 ผลิตภัณฑ์จากข้าวโพด
ที่มา: [4]

2.1.8 คุณค่าทางโภชนาการของข้าวโพด

ข้าวโพดที่สามารถรับประทานได้หนัก 100 กรัม ประกอบด้วยน้ำ 10 กรัม โปรตีน 10 กรัม ไขมัน 4.5 กรัม คาร์โบไฮเดรต 70 กรัม เส้นใย 2 กรัม เถ้า 2 กรัม พลังงานเฉลี่ย 1,525 กิโลจูล ต่อ 100 กรัม มีโปรตีนชนิดซีนร้อยละ 6 – 15 มีปริมาณของไขมัน และเกลือแร่ที่พบในจมูก หรือเอ็มบริโอมาก ร้อยละ 80 ของทั้งหมดในเมล็ด โดยเอ็มบริโอมีน้ำหนักประมาณร้อยละ 12 ของน้ำหนักเมล็ดทั้งหมด ข้าวโพดที่มีสีเหลืองอุดมไปด้วยวิตามินเอ ซึ่งสามารถเปลี่ยนรูปเป็น คริพโทเซนทิน โดยวิตามิน

ที่พบ ในข้าวโพดถูกพบ ที่ชั้นเนื้อเยื่อซึ่งอยู่ล้อมรอบเอนโดสเปิร์มและชั้นแอลิวโรน แป้งข้าวโพดมีคุณสมบัติที่ไม่เหมาะสมต่อการผลิตขนมปัง เนื่องจากขาดกลูเทน ซึ่งเป็นโปรตีนที่พบเป็นปริมาณมากในข้าวสาลี สีของเมล็ดข้าวโพดขึ้นอยู่กับสารสีในเอนโดสเปิร์ม ชั้นแอลิวโรน และผนังผลเมล็ดข้าวโพดที่มีสีเหลือถูกควบคุมด้วยยีนที่ทำให้เอนโดสเปิร์มมีสีเหลืองแต่ผนังใสไม่มีสี ส่วนเมล็ดข้าวโพดที่มียีนควบคุมสีอยู่ที่ผนังนั้นมีสีแดง ส้ม น้ำตาล และสีอื่นๆ ส่วนยีนที่ควบคุมสีในชั้นแอลิวโรนนั้นมีทั้งสีแดง ม่วง ฟ้า ทอง และน้ำตาล ในเมล็ดข้าวโพดบางพันธุ์อาจมียีนที่ควบคุมสีต่างๆ ทั้งในเอนโดสเปิร์ม ชั้นแอลิวโรน เมื่อผนังผลรวมกันเมล็ดข้าวโพด ที่มีสีดำจึงทำให้เกิดผลสีแดงเข้ม มีชั้นแอลิวโรนสีน้ำเงินและน้ำตาล ส่วนเมล็ดข้าวโพดที่มีสีเขียวอ่อนเกิดจากการมีชั้นแอลิวโรน สีฟ้าอยู่ทางด้านนอกของเอนโดสเปิร์มที่มีสีเหลือง [8] ดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ตารางแสดงคุณค่าทางโภชนาการของข้าวโพดในปริมาณน้ำหนัก 100 กรัม

สารอาหาร	ปริมาณ	หน่วย
พลังงาน	25.00	แคลอรี
ไขมัน	0.10	กรัม
คาร์โบไฮเดรต	18.70	กรัม
เส้นใย	0.20	กรัม
โปรตีน	3.30	กรัม
แคลเซียม	15.00	มิลลิกรัม
ฟอสฟอรัส	66.00	มิลลิกรัม
เหล็ก	0.50	มิลลิกรัม
ไนอะซีน	0.30	มิลลิกรัม
วิตามินเอ	129.00	มิลลิกรัม
วิตามินบี 1	0.06	มิลลิกรัม
วิตามินบี 2	0.12	มิลลิกรัม
วิตามินซี	12.00	มิลลิกรัม

ที่มา: [8]

2.1.9 ซังข้าวโพด

ซังข้าวโพดเป็นวัสดุเหลือทิ้งจากการเกษตรซึ่งเกิดขึ้นภายหลังจากกระบวนการสีเพื่อเอาเมล็ดออกจากฝัก จะทำให้เกิดเศษวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร 2 ชนิดคือ ซังข้าวโพด และเศษซังข้าวโพด การใช้ประโยชน์จากซังข้าวโพดสามารถจำแนกออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่ ประโยชน์ทางการเกษตรและปศุสัตว์ ซึ่งใช้เป็นวัสดุในการเพาะเห็ด เช่น เห็ดนางรม เห็ดมะม่วง เป็นต้น ซึ่งกองวิจัยโรคพืช และจุลินทรีย์ กรมวิชาการเกษตร ได้ทำการทดลองแล้วหลายปี เพราะซังข้าวโพดมีเฮมิเซลลูโลส เป็นจำนวนมาก ซึ่งเหมาะแก่การเจริญเติบโตของเห็ด และนำมาผสมเป็นอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง เช่น วัว ควาย เพราะสัตว์ประเภทนี้มีกระเพาะที่สามารถย่อยพวกเซลลูโลสได้ดี และยังนำมาหมักเป็นอาหารของยีสต์ ประโยชน์ทางเภสัชกรรมใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตไซลิทอลในซังข้าวโพดจะมีไซแลนหรือพวกแป้งด้วย เมื่อถูกไฮโดรไลส์จะได้สารไซโลส และไซลิทอล ซึ่งมีรสหวาน เหมาะที่จะใช้เป็นอาหารของผู้ป่วยด้วยโรคเบาหวาน และเป็นสารที่มีความสำคัญในกิจกรรมทันตกรรม นอกจากนั้น ไซลิทอนยังใช้เป็นตัวผลิตลูกกวาด ทำให้ลูกกวาดมีคุณภาพดีไม่เหนียว ใช้ผสมในซอสมะเขือเทศ จะช่วยรักษาสีแดงของมะเขือเทศ และเป็นส่วนผสมในการผลิตยาหลายชนิดโดยเฉพาะยาที่เกี่ยวกับโรคผิวหนัง เช่น ยาแก้คัน กำจัดสิว ฆ่าเชื้อแบคทีเรีย เป็นต้น ประโยชน์ทางอุตสาหกรรมและพลังงานเป็นส่วนผสมในอุตสาหกรรมการทำไม้อัด ใช้ในการก่อสร้าง เช่น ทำฝ้าเพดานบอร์ด โดยนำส่วนประกอบพวกเซลลูโลสที่ปรากฏในซังข้าวโพดมาเป็นตัวเชื่อมความแข็งแรง และทนทาน เป็นส่วนผสมในการผลิตคอนกรีตเบา ซึ่งเป็นวัสดุที่ใช้ในการก่อสร้าง ทำให้แข็งแรงและมีน้ำหนักเบา ช่วยป้องกันความร้อนและเสียง และยังช่วยปรับปรุงคุณภาพของคอนกรีตให้สามารถทนไฟได้ดี และยังสามารถใช้ผลิตถ่านกัมมันต์ ซึ่งมีความสำคัญต่ออุตสาหกรรมการฟอกหนัง การดูดสีและกลิ่น ในขบวนการกำจัดของเสียเป็นตัวขจัดน้ำมันและไขมันจากผิวน้ำและผิวดิน ทำให้อณูของน้ำมันแตกตัวออกจากกัน นำมาบดให้ละเอียดผสมกับกาวแล้วอบแห้ง ทำเป็นเชื้อเพลิงอัดแข็ง ซึ่งมีคุณภาพดี [9] ดังรูปที่ 2.9

รูปที่ 2.9 ซังข้าวโพดและเศษซังข้าวโพด
ที่มา: [10]

2.2 วัสดุประสาน

ตัวประสาน คือ สารที่ช่วยทำให้วัสดุชนิดเดียวกันหรือวัสดุต่างชนิดกันยึดติดเข้าด้วยกัน เพื่อให้แน่นและทำหน้าที่เพิ่มสมบัติทางกายภาพของชิ้นงาน เช่นความต้านทานต่อแรงกด และความต้านทานต่อแรงดึง ซึ่งสมบัติทางกายภาพที่สามารถบอกให้ทราบถึงประสิทธิภาพของชิ้นงาน ลักษณะของตัวประสานที่ดีนั้นควรจะมีคุณสมบัติดังนี้ มีแรงยึดเกาะที่ดี ราคาถูก หาได้ง่าย ไม่ดูดความชื้นและไม่ก่อให้เกิดกลิ่นเหม็น

2.2.1 ชนิดและคุณสมบัติของวัสดุประสาน

วัสดุประสานแบ่งออกเป็น 2 ชนิดได้แก่

2.2.1.1 วัสดุประสานธรรมชาติ

1) กาวไขสัตว์ ทำมาจากหนังสัตว์และกระดูกของสัตว์ต่างๆ มีลักษณะเป็นวุ้น มีลักษณะในการจำหน่ายเป็นเม็ดและเกล็ด ต้องนำเม็ดหรือเกล็ดกาวมาผสมกับน้ำ ตั้งไฟเคี่ยวจนเหนียว จะติดและแข็งเมื่อน้ำระเหยออกไป

2) กาวเคซีน เป็นกาวที่ทำมาจากนม มีคุณสมบัติดีกว่ากาวไขสัตว์สามารถยึดเกาะกับวัสดุที่มีผิวพรุนได้ดี มีความต้านทานความชื้นสูง ผลิตออกมาในลักษณะผงเมื่อจะใช้นำมาผสมกับน้ำ เมื่อใช้ติดวัสดุเข้าด้วยกันแล้วต้องรอให้น้ำระเหยออกก่อน จึงจะมีกำลังยึดเกาะเต็มที่ใช้เวลาอย่างน้อย 24 ชั่วโมง กาวพืช ทำมาจากแป้ง หรือเดกซ์ทรีน มีความแข็งแรงในการยึดเกาะไม่มาก

3) กาวยางตามธรรมชาติ มีคุณสมบัติความเหนียวแน่นดีมากสามารถนำมาใช้โดยไม่ต้องเติมสารใดๆเพื่อเพิ่มคุณสมบัติ เหมาะสมสำหรับการนำไปใช้งานประเภทต่างๆ กาวชนิดนี้มีจุดหลอมละลายต่ำ ต้องใช้ในขณะที่ร้อนหรือผสมกับสารละลาย

4) โซเดียมซิลิเกต เป็นวัสดุประสานที่ใช้ในงานทั่วไป สามารถทนความร้อนได้ 260 องศาเซลเซียส และมีราคาถูก

2.2.1.2 วัสดุประสานสังเคราะห์ เป็นกาวที่ผลิตขึ้นจากสารเคมีโดยสังเคราะห์เพื่อให้มีคุณสมบัติตามที่ต้องการ ซึ่งในปัจจุบันกาวประเภทนี้ได้รับความนิยมเป็นอย่างยิ่ง เพราะสะดวกต่อการใช้งาน แข็งแรง ยึดติดได้ดี ทนต่ออุณหภูมิ ทนความชื้น วัสดุประสานสังเคราะห์แบ่งออกเป็น 2 ชนิดดังนี้

1) เทอร์โมเซตติ้ง (Thermosetting) แบ่งออกเป็น 8 ชนิดได้แก่

(1) กาวอีพอกซี เป็นกาวที่ระเหยและแห้งเร็วที่มีคุณสมบัติเยี่ยมในการยึดเกาะใช้ได้กับวัสดุที่มีรูพรุนและผิวเรียบทั้งติดโลหะ กาวชนิดนี้จะแข็งตัวโดยปฏิกิริยาทางเคมีโดยไม่ต้องใช้สารที่เป็นตัวทำละลาย เมื่อแข็งตัวแล้วจะมีการหดตัวน้อยมาก กาวชนิดนี้จะแบ่งเป็น 2 ส่วนคือ ส่วนที่ทำหน้าที่ติดและส่วนที่จะทำให้แข็งตัวหรือแห้ง แต่ละชนิดบรรจุอยู่ในหลอดแบบเดียวกับยาสีฟัน เมื่อใช้ต้องบีบออกจากหลอดเท่าๆกัน ผสมให้เข้ากันเป็นเนื้อเดียวกัน แล้วจึงนำมาทาที่ผิวที่ต้องการ เมื่อผสมกาวชนิดนี้ควรใช้ให้หมดภายใน 30 นาที เพราะกาวชนิดนี้แข็งตัวไว้

(2) กาวฟีโนลิก ผลิตออกมาในรูปของเหลวซึ่งบ่มโดยการระเหยของสารละลายเพื่อให้ได้แรงยึดเกาะสูงสุด ในการใช้ต้องให้สารละลายระเหยก่อน จึงจะนำผิววัสดุที่ทากาวจนเกือบแห้งมาติดเข้าด้วยกันโดยใช้ความร้อนและแรงอัด

(3) กาวซิลิโคน เป็นกาวที่ทนต่ออุณหภูมิสูงได้ดีที่สุด และยังมีคุณภาพดีภายใต้อุณหภูมิสูง 260 องศาเซลเซียส ทนความชื้นได้ดี

(4) กาวรีซอร์ซินัสเซิน เป็นกาวที่มีคุณภาพดีเหมาะสมหรับติดไม้หรือวัสดุผิวพรุนๆ แต่ไม่เหมาะสำหรับวัสดุผิวเรียบ กันน้ำได้ดี

(5) กาวซินเตติกรับเบอร์ กาวชนิดนี้ทนความชื้นได้ดี มีกำลังยึดเหนี่ยวพอสมควร

(6) กาวยูเรีย กาวชนิดนี้คล้ายกับกาวฟีโนลิก เหมาะสำหรับใช้กับวัสดุที่มีผิวพรุน และมักใช้ในงานอุตสาหกรรมไม้อัดและติดไม้ในงานเครื่องเรือน

(7) กาวโพลีเอสเตอร์เรซิน ใช้ในปริมาณมากๆ เช่นติดใยแก้วเป็นแผ่นชิ้นส่วนโครงสร้างใหญ่ๆ เช่น ทำเรือ ลังใส่ของ ทำวัสดุฉนวนไฟฟ้า ติดตัวถังรถยนต์ กล่องเครื่องมือ เป็นต้น กาวชนิดนี้แข็งตัวโดยปฏิกิริยาเคมีมากกว่าการระเหยของสารระลาย ไม่มีการหดตัวเมื่อแห้ง

(8) กาวอัลกาไลด์เรซิน เป็นกาวที่มีตัวสารละลายเพื่อให้เกิดความมัน ใช้กันมากในการประกอบชิ้นส่วนไฟฟ้า และอิเล็กทอรนิกส์ ใช้ติดโลหะกับโลหะไม่ดีเท่ากับใช้อีพอกซี

2) เทอร์โมพลาสติก (Thermopiastic) แบ่งออกเป็น 3ชนิดได้แก่

(1) กาวไวนีลเรซิน ใช้มากในอุตสาหกรรมกระจกนิรภัยรถยนต์ ซึ่งใช้ติดกระจก 2 แผ่น ประกอบเข้าด้วยกันโดยใช้กาวไวนีลเรซินเป็นฟิล์มบางๆ ติดอยู่ระหว่างกลางการติดกาวชนิดนี้ใช้ความร้อนหรือสารละลายไวนนีลอะซีเตต

(2) กาวเซลลูโลสดีริเวทีฟ ละลายในสารละลาย ทำให้ได้กาวที่แห้งเร็ว เหมาะสำหรับใช้กับงานทั่วไป เหมาะสำหรับติดไม้กับกระดาษ ทนความชื้นได้ดี แต่ไม่เหมาะสำหรับติดโลหะหรือกระจก

(3) กาวอะครีลิก เป็นวัสดุโปร่งแสงที่สุดในชนิดเทอร์โมพลาสติก สารชนิดนี้แข็งตัวด้วยปฏิกิริยาทางเคมีภายใน 2 - 3 วินาที หรือ 1 นาทีใช้สำหรับติดโลหะกับกระจกโดยอัดเป็นฟิล์มบางๆ [11]

2.2.2 ส่วนประกอบของวัสดุประสาน

2.2.2.1 พอลิเมอร์ เป็นสานที่ทำให้เกิดการยึดติดวัสดุเข้าด้วยกัน ซึ่งสารที่ใช้เป็นเนื้อกาวแบ่งได้ตามลักษณะดังนี้

1) สารธรรมชาติ ได้แก่ สารที่ได้จากพืช โปรตีนจากพืชและสัตว์ สารอื่นๆ เช่นยางมะตอย เชลแลค ยางธรรมชาติ

2) สารสังเคราะห์ ได้แก่ สารพวก (Thermoplatics)และสารพวกยางสังเคราะห์

2.2.2.2 ตัวกระตุ้น เป็นสารเคมีที่เติมลงบนผิววัสดุได้โดยตรงหรือสามารถผสมกับกาวเพื่อเพิ่มการแห้งของกาวได้เร็วขึ้น

2.2.2.3 สารเร่งปฏิกิริยา เป็นสารเคมีที่ใช้ในปริมาณน้อยเพื่อให้กาวกลายเป็นของแข็ง

2.2.2.4 Curing Agent เป็นสารเคมีที่ใช้ เพื่อให้กาวกลายเป็นของแข็ง

2.2.2.5 สารอื่นๆ (Miscellaneous Component)

1) สารป้องกันการเสื่อมสภาพ เป็นสารที่ช่วยทำให้การเสื่อมของพันธะคู่ของพอลิเมอร์ช้าลง เนื่องจากการใช้งาน

2) สารช่วยเสริมประสิทธิภาพของผิว เป็นวารเสริมความเสถียรของคอลลอยด์ และความสามารถในการเปียกผิว

3) สารป้องกันการแข็งตัว เป็นกลุ่มของ Stabilizer เช่น เอทธีลีนไกลคอล และกลีเซอรอล

4) สารป้องกันเชื้อรา เช่น เพนตะคลอโรฟีนอล ละสารประกอบอินทรีย์ของปรอท

5) สารป้องกันการเกิดฟอง เช่น n-hexyl alcohol, n-octyl alcohol ซึ่งกาวเกิดฟองเมื่อทาจะทำให้จุดนั้นเป็นจุดหลอมเหลวของกาว

6) สารป้องกันการติดไฟ

7) สี

2.2.2.6 สารพลาสติไซเซอร์ เป็นสารเคมีที่เติมเพื่อป้องกันการเปราะของตัวประสาน ตัวประสานหลายชนิดมีความแข็งแรงสูงแต่หากอยู่ในสภาวะที่ได้รับแรงกดสูง ตัวประสานอาจแตกได้ พลาสติไซเซอร์ช่วยทำให้ตัวประสารนิ่มมากขึ้นเพื่อลดความเปราะ

2.2.2.7 ตัวทำละลาย เป็นของเหลวที่เติมลงไปเพื่อให้กระจายหรือแขวนลอยอยู่ในรูปของเหลวเพื่อที่จะให้เปียกบนผิววัสดุได้ง่ายขึ้น ซึ่งตัวทำละลายจะระเหยออก

2.2.2.8 แทคคิไฟเออร์ ใช้เติมในวัสดุประสานบางประเภทเท่านั้น โดยใช้ในปริมาณที่เหมาะสมสามารถเพิ่มความเหนียวหรือเพิ่มความสามารถในการเกาะติด [11]

2.2.3 ลักษณะทางกายภาพของวัสดุประสาน

ลักษณะทางกายภาพของวัสดุประสาน สามารถแบ่งออกได้ 5 ลักษณะ ดังนี้

2.2.3.1 ลักษณะเป็นของเหลว วัสดุประสานส่วนใหญ่มีลักษณะเป็นของเหลว ที่เป็นน้ำยาตัวทำละลาย น้ำมันผสมกับน้ำให้กลมกลืนกันจนเป็นเมือกขาว หรือของเหลวข้นเหนียว ลักษณะทางกายภาพเช่นนี้ทำให้ผู้ใช้งานสามารถใช้งานได้ง่ายและควบคุมความข้นเหนียวของกาวบนพื้นผิวที่ทำงานได้ด้วยตนเอง

2.2.3.2 ลักษณะเป็นแป้งเหนียว ลักษณะเช่นนี้เหมาสำหรับงานที่มีพื้นผิวช่องว่างให้ใส่กาวเป็นตัวประสาน และต้องไม่ห้อยตัวลงมา เพื่อให้ตัวประสานที่มีลักษณะเป็นแป้งเหนียวแข็งตัวก่อนจะตกลงมาเป็นก้อน

2.2.3.3 ลักษณะเป็นแผ่นฟิล์มหรือผ้าเทป ลักษณะเช่นนี้เหมาะกับพื้นผิวที่เรียบ สม่ำเสมอการทำงานของเทปกาวจะให้ความรวดเร็ว ง่าย และเรียบเสมอกันของเส้น รวมทั้งยังลดปริมาณของการเสียหายที่เกิดขึ้นกับชิ้นงาน

2.2.3.4 ลักษณะเป็นผง ตัวประสานที่เป็นผงจำเป็นต้องผสมกับของเหลวบางชนิด หรือต้องทำปฏิกิริยาทางเคมีด้วยความร้อนเสียก่อน จึงจะให้คุณสมบัติที่เป็นตัวประสานได้ ซึ่งจะกลายสภาพจากผงเป็นของเหลว

2.2.3.5 ลักษณะเป็นของแข็ง เช่น เป็นเม็ด เป็นแท่ง หรือเป็นลูกเต๋า ลักษณะทางกายภาพเป็นของแข็งต้องอาศัยความร้อนเป็นตัวทำให้เกิดปฏิกิริยาทางเคมีเสียก่อน จึงสามารถทำหน้าที่เป็นวัสดุประสานได้

2.2.4 การนำวัสดุประสานไปใช้

การเลือกวัสดุประสานชนิดต่างๆไปใช้ตามคุณสมบัติ ดังนี้ วัสดุประสานธรรมชาติ กาวไขสัตว์ ใช้ในการทำเครื่องเรือนไม้ ใช้ในอุตสาหกรรมกระดาษทราย ต่อมาในการทำกระดาษทรายนั้นนิยมใช้กาวสังเคราะห์มากกว่า เพราะมีความแข็งและแห้งเร็วกว่า สามารถทนต่อความชื้นได้เป็นอย่างดี นอกจากนี้กาวที่ทำจากไขสัตว์หรือพืชผักมักจะมีราขึ้นเมื่ออากาศร้อนและชื้น กาวเคซีน ใช้ติดประสานไม้ภายในอาคาร งานที่ไม่มีความชื้นใช้ในอุตสาหกรรมกระดาษ มีการยึดเกาะกับวัสดุที่มีผิวพรุนๆได้เป็นอย่างดี มีความต้านทานความชื้นสูง กาวพืช มีความแข็งแรงในการยึดประสานไม่มากโดยทั่วไปใช้ติดกระดาษ กาวยางตามธรรมชาติ มีความแข็งแรงในการยึดประสานดี โดยทั่วไปใช้ติดหนังกับกระดาษใช้ในงานอุตสาหกรรมการก่อสร้าง เช่น ใช้ติดแผ่นลิโนเลียมกับพื้นคอนกรีต หรือใช้ติดวัสดุกันเสียงกับเพดานของอาคาร โซเดียมซิลิเกต นิยมใช้ในวงการอุตสาหกรรมทำกล่องกระดาษลูกฟูกเมื่อนำไปผสมกับสารที่ใช้เติมซึ่งเป็นอนินทรีย์จะเป็นซีเมนต์ทนความร้อน ใช้สำหรับติดฐานโคมไฟฟ้า ใช้ในส่วนที่ทนความร้อนและใช้ในที่ ที่ต้องทนความร้อนสูงๆวัสดุประสานสังเคราะห์ กาวอีพอกซี นำไปใช้ในงานเคลือบผิวต่างๆ เช่น เคลือบพวงกุญแจ เคลือบโลโก้ เคลือบป้าย งานจิวเวอร์รี่ เครื่องประดับ งานหล่อไฟเบอร์กลาสเคฟล่าร์ คาร์บอนไฟเบอร์ เป็นต้น กาวฟีโนลิก นำไปใช้ในงานอุปกรณ์ไฟฟ้า ด้ามมือจับ หูหม้อ หูกระทะ และใช้เป็นวัสดุในการก่อสร้าง เช่น ไม้ประดับ ไม้อัดกาว ไม้อัดกันน้ำ เป็นต้น กาวซิลิโคน นำไปใช้ในการติดใยแก้วกับวัสดุฉนวนไฟฟ้าบางชนิดในอุตสาหกรรมอุปกรณ์ไฟฟ้า งานทั่วไป กาวรีซอร์ซินัลเรซิน นำไปใช้ในงานอุตสาหกรรมผลิตไม้ ใช้ในการทำไม้อัดชนิดใช้ภายนอกอาคารที่ต้องถูกแดดถูกฝนได้ กาวซินเตติกรับเบอร์ นำไปใช้สำหรับเชื่อมผิวที่ขรุขระ เมื่อแข็งตัวจะมีลักษณะคล้ายยาง สามารถทนต่อความร้อน น้ำมัน ก๊าซ ใช้งานได้ง่าย ใช้ได้กับอุตสาหกรรมทุกชนิด โดยเฉพาะอุตสาหกรรมเกี่ยวกับรถยนต์หรือใช้ในงาน

อุตสาหกรรมยานยนต์ กาวยูเรีย นำไปใช้กับวัสดุที่มีผิวพรุนๆ และในงานอุตสาหกรรมไม้อัดและติดไม้ในงานเครื่องเรือน เป็นกาวประเภทที่นิยมใช้กันมาก กาวโพลีเอสเตอร์เรซิน นำไปใช้ทำเรือ ลังใส่ของ ทำวัสดุฉนวนไฟฟ้า ติดตัวถังรถยนต์ กล่องเครื่องมือ กาวอัลคาไลเรซิน นำไปใช้ในการประกอบชิ้นส่วนไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ใช้ติดโลหะกับโลหะไม่ดีเท่ากับใช้อีพอกซี กาวไวนีลเรซิน นำไปใช้ในอุตสาหกรรมกระจกนิรภัยรถยนต์ ซึ่งติดกระจก 2 แผ่นประกบเข้าด้วยกันโดยใช้กาวชนิดนี้ เป็นฟิล์มบางๆ ติดอยู่ระหว่างกลาง เหมาะสำหรับติดโลหะกับกระจก กาวเซลลูโลสดีริเวทีฟ นำไปใช้ในงานทั่วไป งานในบ้านเหมาะสำหรับติดไม้กับกระดาษ ทนความชื้นได้ดี แต่ไม่เหมาะสำหรับติดโลหะหรือกระจก กาวอะครีลิก นำไปใช้ในงานติดกระจก เซรามิก เหมาะสำหรับใช้ติดโลหะกับกระจกโดยอัดเป็นฟิล์มบางๆ ทาในระหว่างวัสดุที่จะนำมาติดกัน [12]

2.2.5 ข้อดีข้อเสียของวัสดุประสาน

2.2.5.1 ข้อดีของการใช้วัสดุประสาน มีดังนี้

1) ความสามารถในการเชื่อมติด ยึดติดกับวัสดุได้หลายประเภท ขึ้นอยู่กับความต้องการที่แตกต่างกัน ทั้งองค์ประกอบของวัสดุ ความแข็งแรง ความยืดหยุ่น และความหนาของวัสดุ

2) พื้นผิวงานที่ไม่เรียบ ขรุขระ ที่ไม่สามารถใช้การยึดติดกันด้วยสกรูหรือรีเวทก็สามารถทำให้ยึดติดกันและดูสวยงามได้ด้วยการใช้กาว

3) พื้นผิวงานหรือวัสดุที่มีรูปร่าง รูปทรงสลับซับซ้อน ไม่สามารถยึดติดกันได้ด้วยวิธีอื่น ก็สามารถใช้วัสดุประสานในการยึดติดได้

4) การกระจายแรงบนพื้นที่ที่ทาวัสดุประสานมีความสม่ำเสมอ มากกว่าการใช้โบ๊ลท์ หรือการยิงเวทที่กระจายแรงเป็นจุด โดยเฉพาะกับวัสดุที่มีลักษณะเป็นแผ่นบางๆจะทำให้ไม่เสียความแข็งแรง ทั้งยังทำให้ชิ้นงานมีน้ำหนักเบาและราคาถูก

5) การใช้วัสดุประสานยึดติด ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการลดแรงกระแทกและเพิ่มความยืดหยุ่นให้กับงาน

6) วัสดุที่ไม่ทนทานกับความร้อน ก็ไม่สามารถยึดติดได้ด้วยกาว

7) วัสดุประสานมีคุณสมบัติที่ดีในการเป็นฉนวน และเคลือบผิวป้องกันความชื้นและสารเคมีอื่นๆยังช่วยลดหรือป้องกันการเกิดสนิมกับวัสดุประเภทเหล็กได้อีกด้วย

2.2.5.2 ข้อเสียของการใช้วัสดุประสาน มีดังนี้

1) การยึดติดด้วยการใช้ความร้อนที่อุณหภูมิสูงๆ อาจจะทำให้เกิดความแตกต่างกันของการขยายตัวระหว่างตัวประสานกับพื้นผิวของส่วนที่ยึดติดซึ่งก่อให้เกิดแรงดัน ลักษณะเช่นนี้อาจทำให้เกิดรอยต่อ

2) ความแข็งแรงของการยึดติดที่ดีที่สุดจะเสียเวลาในการยึดติดที่สมบูรณ์ไม่เหมาะกับการเชื่อมหรือการยึดติดโดยใช้เครื่องกล

3) วัสดุประสานต่างประเภทกัน จะมีคุณสมบัติในการรับแรงต่างๆแตกต่างกัน บางประเภทมีคุณสมบัติในการรับแรงดึง เช่น กาวประเภทยาง ส่วนบางประเภทสามารถรับแรงกดได้ เช่น กาวประเภทที่ใช้ความร้อนในการแข็งตัว

4) ผลในระยะยาวของการใช้วัสดุประสานในพื้นที่ ที่มีสภาพแวดล้อมแห้ง ผลเสียที่เกิดอาจเกิดจากความร้อน ความเย็น ความชื้น สารเคมี รังสีแสงอาทิตย์ และการเสื่อมสภาพทางชีววิทยา และการใช้งานที่ไม่เหมาะสมกับผิวงาน อาจทำให้เกิดความเสียหายได้

5) วัสดุประสานที่ใช้น้ำยาทำละลายเป็นตัวประสานหลายชนิด สามารถติดไฟได้และยังเป็นสารพิษ

6) การรื้อโครงสร้างที่ติดด้วยวัสดุประสานไปแล้ว ทำไม่ง่าย เพราะฉะนั้นการซ่อมแซมจึงเป็นได้ยากและทำให้ชิ้นงานเกิดการเสียหาย

7) การควบคุมกระบวนการติดตั้งอย่างเข้มงวดและการทำชิ้นงานตัวอย่างเป็นสิ่งที่จำเป็นอย่างยิ่ง การเลือกชนิดของกาว ควรคำนึงสภาพแวดล้อมของชิ้นงานในระยะยาว [13]

2.2.6 การเก็บรักษาวัสดุประสาน

วัสดุประสานธรรมชาติควรเก็บไว้ในที่แห้ง หลีกเลี่ยงแสงแดด และวัสดุประสานสังเคราะห์เป็นสารระเหยและวัสดุติดไฟควรเก็บในที่ ที่มีอากาศถ่ายเทสะดวก ห่างจากความร้อนและเปลวไฟ ควรเก็บให้พ้นมือเด็ก

2.3 การพัฒนาผลิตภัณฑ์และการออกแบบผลิตภัณฑ์

การพัฒนาผลิตภัณฑ์และการออกแบบผลิตภัณฑ์ คือ การสร้างสรรค์ผลงานเดิมให้เกิดรูปแบบใหม่หรือนำวัสดุต่างๆมาผลิตเพื่อให้ผลิตภัณฑ์สามารถตอบสนองต่อความต้องการของมนุษย์ การออกแบบผลิตภัณฑ์อาจได้รับแรงบันดาลใจจากสิ่งที่มีอยู่รอบตัว หรือปรับปรุงจากสิ่งที่มีอยู่เดิมให้เกิดความสวยงาม และแตกต่างไปจากเดิม ผลิตภัณฑ์จากวัสดุเหลือใช้ คือผลิตภัณฑ์ที่สร้างสรรค์

จากวัสดุเหลือใช้ หรือวัสดุที่ไม่ใช้ประโยชน์แล้ว แต่สามารถนำส่วนใดส่วนหนึ่งของวัสดุมาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีประโยชน์ใช้สอยใหม่

2.3.1 ปัจจัยที่เกี่ยวกับการออกแบบผลิตภัณฑ์

การออกแบบผลิตภัณฑ์มีปัจจัยที่เกี่ยวข้อง ดังนี้ การออกแบบที่สัมพันธ์กับคุณภาพของผลิตภัณฑ์ การออกแบบที่สัมพันธ์กับวัสดุและกระบวนการผลิต การออกแบบที่สัมพันธ์กับความต้องการของผู้บริโภค ต้องมีความสอดคล้องกับความเป็นอยู่และสอดคล้องกับสภาพเศรษฐกิจ

2.3.2 ความสำคัญของการออกแบบผลิตภัณฑ์

2.3.2.1 ความสำคัญในด้านคุณค่าทางศิลปะ งานออกแบบที่ดีสามารถช่วยให้ผลิตภัณฑ์ ดูสวยงามดึงดูดใจ ตอบสนองรสนิยมของผู้บริโภคได้

2.3.2.2 ประสิทธิภาพทางอุตสาหกรรม มีการเลือกวัสดุที่ดีเพื่อนำเข้าสู่ กระบวนการผลิตที่มีประสิทธิภาพลงทุนน้อย แต่มีปริมาณผลผลิตที่เพิ่มขึ้น

2.3.2.3 คุณค่าทางการบริโภค ผลิตภัณฑ์ที่มีการออกแบบที่ดี มีการใช้วัสดุที่ดี กระบวนการผลิตอย่างมีประสิทธิภาพจะทำให้ผลิตภัณฑ์มีความคงทนและปลอดภัยในการใช้สอย

2.3.2.4 ศักยภาพในการแข่งขันทางพาณิชย์ ผลิตภัณฑ์มีความสวยงาน คงทนและปลอดภัยจะเป็นที่ต้องการของตลาดทำให้มียอดขายสูงสามารถแข่งขัน ทางการค้ากับผลิตภัณฑ์ชนิดเดียวกัน

2.3.2.5 การพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ โดยการปรับปรุงพัฒนาผลิตภัณฑ์เดิมให้เกิดเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ที่มีความคล้ายคลึงกัน

2.3.2.6 ศักยภาพในการรักษาลูกค้าเดิม การรักษาลูกค้าเดิม การปรับปรุงผลิตภัณฑ์เดิมหรือการสร้างผลิตภัณฑ์ใหม่ที่เกี่ยวพันกันขึ้นด้วยการออกแบบที่ดี จะสามารถรักษาลูกค้าเดิมไว้ได้ ในขณะเดียวกันยังสามารถดึงดูดลูกค้าใหม่ได้เช่นเดียวกัน

2.3.2.7 พยากรณ์ที่ดี เป็นที่คาดหมายว่าสินค้าที่มีการออกแบบไม่ดี จะไม่ค่อยได้รับการยอมรับจากประชาชน ในทางตรงกันข้ามสินค้าที่มีการออกแบบที่ดีจะได้รับการยอมรับ ทำให้เป็นไปตามที่ประสงค์

2.3.2.8 การรับรองคุณภาพตามระบบ ISO 9000 ผลิตภัณฑ์ที่ได้รับประกันคุณภาพมีการควบคุมการออกแบบกระบวนการผลิต การตรวจ และทดสอบลักษณะโดยรวมของผลิตภัณฑ์ทำให้ผู้บริโภคเกิดความพึงพอใจ

2.3.2.9 การคิดค้นสิ่งใหม่ เมื่อมีความต้องการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ หรือต้องการผลิตภัณฑ์ที่มีความแปลกและแตกต่างไปจากเดิม

2.3.2.10 การออกแบบ เป็นการทำงานร่วมกันระหว่าง นักออกแบบด้วยกัน และทำงานร่วมกับบุคลากรฝ่ายการตลาด วิศวกรฝ่ายผลิต คนงานทั้งผู้บริหารองค์กร [14]

2.3.3 หลักการจัดองค์ประกอบ

หลักการจัดองค์ประกอบศิลป์ คือ การนำหลักทัศนศิลป์มาเป็นองค์ประกอบได้แก่ จุด เส้น รูปร่าง รูปทรง น้ำหนักอ่อนแก่ บริเวณว่าง สี พื้นผิว มาจัดวางเพื่อให้เกิดความเหมาะสม สวยงามพอดี ทำให้งานนั้นออกมามีคุณค่าประกอบด้วยหลักเกณฑ์ดังต่อได้นี้

2.3.3.1 เอกภาพ หมายถึงความเป็นอันหนึ่งอันเดียว ความสอดคล้องกลมกลืน เป็นหน่วยเดียวกัน ด้วยการจัดองค์ประกอบที่ให้ความรู้สึกเกี่ยวข้องกันเป็นกลุ่มไม่กระจัดกระจาย โดยการจัดระเบียบของ รูปทรง จังหวะ เนื้อหาให้เกิดดุลยภาพจะได้สื่ออารมณ์ ความรู้สึก ความหมายได้ง่ายและรวดเร็ว

2.3.3.2 ดุลยภาพ ความสมดุลหรือ อดุลยภาพ หมายถึง ความเท่ากันเสมอกัน มีน้ำหนัก หรือความกลมกลืนพอดีเหมาะสม โดยมีแกนสมมติทำหน้าที่แบ่งภาพให้ซ้ายขวา บน ล่าง ให้เท่ากัน การเท่ากันอาจไม่เท่ากันจริงๆก็ได้ แต่จะเท่ากันในความรู้สึกตามที่สายตามองเห็น ความสมดุลแบ่งเป็น 2 ประเภท ดังนี้

1) ความสมดุล 2 ข้างเท่ากัน หมายถึง การจัดวางองค์ประกอบต่างๆ ของศิลปะให้ทั้ง 2 ข้าง มีขนาดสัดส่วน และน้ำหนักเท่ากัน หรือมีรูปแบบเหมือนกันคล้ายกัน

2) ความสมดุล 2 ข้างไม่เท่ากัน หมายถึง การจัดองค์ประกอบของศิลปะ ทั้ง 2 ข้าง มีขนาดสัดส่วนน้ำหนักไม่เท่ากัน ไม่เหมือนกัน ไม่เสมอกัน แต่สมดุลกันในความรู้สึกความสมดุล 2 ข้าง ไม่เท่ากัน คือ ภาพมีความสมดุลของเนื้อหา และเรื่องราวแต่ไม่เท่ากันในเรื่องขนาด

2.3.3.3 จุดเด่น หมายถึง ส่วนสำคัญที่ปรากฏชัด สะดุดสายตาที่สุดในงานศิลป์ จุดเด่นจะช่วยสร้างความน่าสนใจในผลงานให้ภาพเขียนมีความสวยงาม มีชีวิตชีวายิ่งขึ้น จุดเด่นเกิดจากการจัดวางที่เหมาะสม และรู้จัดการเน้นภาพ มี 2 แบบดังนี้

1) จุดเด่นหลัก เป็นภาพที่มีความสำคัญมากที่สุดในเรื่องที่จะเขียน แสดงออกถึงเรื่องราวที่ชัดเจน เด่นชัดที่สุดในภาพ

2) จุดเด่นรอง เป็นภาพรูปรองของจุดเด่นหลัก ทำหน้าที่สนับสนุนจุดเด่นหลัก ให้ภาพมีความสวยงามยิ่งขึ้น

2.3.3.4 ความขัดแย้ง หมายถึง การขัดแย้งด้วยรูปทรง ขัดแย้งด้วยขนาด ขัดแย้งด้วยเส้น ขัดแย้งด้วยผิว ขัดแย้งด้วยสี เป็นการจัดวางเพื่อให้เกิดความงามทางศิลปะ

2.3.3.5 ความกลมกลืน หมายถึง การประสานให้กลมกลืน เป็นพวก เป็นหมู่ ให้เกิดความเหมาะสมสวยงาม เป็นอันหนึ่งอันเดียวกันไม่ขัดแย้งซึ่งกันและกัน [15]

2.3.4 หลักการออกแบบผลิตภัณฑ์

การออกแบบผลิตภัณฑ์ต้องคำนึงถึงพื้นฐานขององค์ประกอบของศิลป์เพื่อให้ผลงานที่ออกมามีรูปร่างและ รูปทรง ให้มีความสวยงามตามความต้องการ ควรคำนึงหลักดังต่อไปนี้

2.3.4.1 จุด คือ ส่วนประกอบที่เล็กที่สุด เป็นส่วนเริ่มต้นไปสู่ส่วนวาดอื่นๆ เช่น การนำจุดมาเรียงต่อกับตามตำแหน่งที่เหมาะสม และซ้ำๆ กันจะทำให้เรามองเห็นเป็นเส้น รูปร่าง รูปทรง ลักษณะผิว และการออกแบบจากจุดหนึ่งถึงจุดหนึ่งมีเส้นที่มองไม่เห็นด้วยตา แต่เห็นได้ด้วยจินตนาการ เรียกว่า เส้นโครงสร้าง นอกจากจุดที่เรานำมาจัดวางเพื่อการออกแบบ สามารถพบเห็นลักษณะการจัดวางจากสิ่งที่มีอยู่รอบๆ ตัวเรา สิ่งเหล่านี้ธรรมชาติได้ออกแบบไว้อย่างสวยงาม มีระเบียบ มีการซ้ำกันอย่างมีจังหวะและมีอิทธิพลต่อความคิดของมนุษย์เป็นอย่างมาก

2.3.4.2 เส้น คือ การเรียงต่อกัน หรือเกิดจากการลากเส้นไปยังทิศทางต่างๆ มีลักษณะ เช่น ตั้ง นอน เฉียง โค้ง ฯลฯ เส้นเกิดจากการเคลื่อนที่ของจุด หรือถ้านำจุดมาวางเรียงต่อๆ กันจะเกิดเป็นเส้นขึ้น เส้นมีมิติเดียว คือความยาว ไม่มีความกว้างทำหน้าที่เป็นขอบเขตของที่วาดรูป รูปทรง สีน้ำหนัก รวมทั้งเป็นแกนหลักของโครงสร้างของรูปร่าง รูปทรงต่างๆ เส้นเป็นพื้นฐานที่สำคัญของงานศิลปะทุกชนิด เส้นสามารถให้ความหมาย แสดงความรู้สึกและอารมณ์โดยการสร้างเป็นรูปร่างรูปทรงต่างๆ ขึ้นเส้นมี 2 ลักษณะคือเส้นตรง และเส้นโค้งเส้นทั้งสองชนิดนี้เมื่อนำมาจัดวางในลักษณะต่างๆ กันให้ความหมาย และความรู้สึกที่แตกต่างกันออกไป

2.3.4.3 รูปร่างและรูปทรง คือ พื้นที่ๆล้อมรอบด้วยเส้นที่แสดงความกว้าง และความยาว รูปร่างจึงมีสองมิติ คือ ภาพสามมิติที่ต่อเนื่องจากรูปร่าง โดยมีความหนา หรือความลึก ทำให้ภาพที่เห็นมีความชัดเจน และสมบูรณ์ รูปร่างและรูปทรง แบ่งออกเป็น 3 ลักษณะดังนี้

1) รูปเรขาคณิต มีรูปร่าง รูปทรง ที่แน่นอนมีมาตรฐานสามารถวัดหรือคำนวณได้ มีกฎเกณฑ์ เช่น รูปสี่เหลี่ยม รูปวงกลม รูปวงรี ห้าเหลี่ยม หกเหลี่ยม พีระมิด เป็นต้น รูปเรขาคณิตเป็นโครงสร้างพื้นฐานของรูปทรงต่างๆ

2) รูปทรงธรรมชาติ เป็นการเลียนแบบธรรมชาติ นำรูปทรงที่มีอยู่ตามธรรมชาติรอบตัวเรา เช่น ดอกไม้ ใบไม้ สัตว์ต่างๆ สัตว์น้ำ แมลง มนุษย์ เป็นต้น มาใช้เป็นแบบในการออกแบบและสร้างสรรค์ รูปทรงให้เป็นธรรมชาติไม่เปลี่ยนไปจากเดิมมากนัก

3) รูปทรงอิสระ เป็นรูปแบบโครงสร้างที่ไม่แน่นอน ให้ความรู้สึกเคลื่อนไหว เลื่อนไหล ให้ความรู้สึกอิสระ และได้อารมณ์การเคลื่อนไหว รูปอิสระเกิดจากรูปเรขาคณิตหรือรูปธรรมชาติ ที่ถูกกระทำจนมีลักษณะเปลี่ยนไปจากเดิม

2.3.4.4 น้ำหนักอ่อน-แก่ คือ จำนวนความเข้ม ความอ่อนของสีต่างๆ และแสงเงา ตามที่ประสาทตารับรู้ เมื่อเทียบกับน้ำหนักของสีขาวและสีดำ ความอ่อนแก่ของแสงเงาทำให้เกิดมิติ เกิดระยะใกล้ไกลและสัมพันธ์กับเรื่องสีโดยตรง การสร้างสรรค์งานทัศนศิลป์ต้องออกแบบให้อยู่บนพื้นผิวระนาบเดียวกันเมื่อใช้น้ำหนักที่ต่างกันของสีและแสงเงา จะทำให้เกิดเป็นรูปลักษณะต่างๆ บนระนาบนั้น ทำให้มองเห็นมิติต่างๆ

2.3.4.5 สี คือ ปรากฏการณ์ของแสงที่ส่องกระทบวัตถุ แล้วสะท้อนเข้าตาของมนุษย์ ถ้าไม่มีแสงจะมองไม่เห็นสี แต่ละสีที่มีอยู่ในวัตถุต่างๆ มีผลต่อความรู้สึกนึกคิดของมนุษย์

2.3.4.6 บริเวณว่าง หรือช่องไฟ คือ บริเวณที่เป็นความว่างไม่ใช่ส่วนที่เป็นรูปทรงหรือเนื้อหาในการจัดองค์ประกอบใดก็ตามถ้าปล่อยให้มีพื้นที่ว่างมากและให้มีรูปทรงน้อย การจัดนั้นจะให้ความรู้สึกอ้างว้าง โดดเดี่ยว ในทางตรงข้ามถ้ารูปทรงมากหรือเนื้อหามาก โดยไม่ปล่อยให้มีพื้นที่ว่างจะให้ความรู้สึกอึดอัด ดังนั้นการจัดวางในอัตราส่วนที่พอเหมาะจะทำให้เกิดความรู้สึกที่พอดี ทำให้เห็นสัดส่วนที่สวยงาม

2.3.4.7 พื้นผิว คือ ลักษณะภายนอกของวัตถุที่เรามองเห็นและสัมผัสได้ ภาพที่มีลักษณะพื้นผิว ที่แตกต่างกันจะให้ความรู้สึกสนุกสนานตื่นเต้นและมีชีวิตชีวา พื้นผิวสามารถก่อให้เกิดความรู้สึกในลักษณะต่างๆ เช่น หยาบ ละเอียด มันวาว ด้าน และขรุขระ เป็นต้น [16]

2.3.5 ข้อควรพิจารณาการออกแบบผลิตภัณฑ์

หลักการออกแบบผลิตภัณฑ์มีปัจจัยที่ต้องพิจารณาสร้างสรรค์ผลงานเพื่อตอบสนองความต้องการของมนุษย์ให้มากที่สุด ซึ่งปัจจัยดังกล่าวเป็นปัจจัยที่สามารถควบคุมได้ และเป็นตัวกำหนดองค์ประกอบของงานออกแบบผลิตภัณฑ์ที่สำคัญ ดังนี้

2.3.5.1 หน้าที่ใช้สอย ผลิตภัณฑ์ทุกชนิดจะต้องมีหน้าที่ใช้สอยตามเป้าหมายที่ตั้งไว้ ผลิตภัณฑ์สามารถตอบสนองความต้องการของมนุษย์ได้เป็นอย่างดี เช่น ผลิตภัณฑ์นั้นอาจมีหน้าที่ใช้สอยได้อย่างเดียวหรือหลายอย่างได้

2.3.5.2 ความสวยงามน่าใช้ ผลิตภัณฑ์ที่มีการออกแบบมานั้นต้องมีรูปทรง ขนาด สีสันสวยงาม น่าใช้ ตรงรสนิยมของกลุ่มผู้บริโภค เป็นวิธีการเพิ่มมูลค่าให้กับผลิตภัณฑ์ เพราะความสวยงามเป็นความพึงพอใจแรกที่คนเราสัมผัสได้เป็นอย่างแรกมักเกิดมาจากรูปร่างและสีเป็นหลัก

การกำหนดรูปร่างและสีในงานออกแบบผลิตภัณฑ์นั้น จำเป็นต้องยึดข้อมูลและกฎเกณฑ์ผสมผสานของรูปร่างและสีสัน ระหว่างทฤษฎีทางศิลปะและความพึงพอใจของผู้บริโภค

2.3.5.3 ความสะดวกในการใช้ การออกแบบผลิตภัณฑ์ที่ดีนั้นต้องเข้าใจกายวิภาคเชิงกลเกี่ยวกับขนาด สัดส่วน ความสามารถและขีดจำกัดที่เหมาะสมสำหรับอวัยวะต่างๆของผู้ใช้เกิดความรู้สึกที่ดีและสะดวกสบายในการใช้ผลิตภัณฑ์ ทั้งทางด้านจิตวิทยา และสรีระวิทยา ซึ่งแตกต่างกันไปตามลักษณะเพศ เผ่าพันธุ์ ภูมิลำเนา และสังคมแวดล้อมที่ใช้ผลิตภัณฑ์นั้น

2.3.5.4 ความปลอดภัย ผลิตภัณฑ์ที่อำนวยความสะดวกในการดำรงชีพของมนุษย์ การออกแบบจึงต้องคำนึงถึงความปลอดภัยของชีวิตและทรัพย์สินของผู้บริโภคเป็นสำคัญ ไม่เลือกใช้วัสดุ สี กรรมวิธีการผลิตที่ก่อให้เกิดอันตรายต่อผู้ใช้ผลิตภัณฑ์นั้นๆ

2.3.5.5 ความแข็งแรง ผลิตภัณฑ์ที่ออกแบบมานั้นจะต้องมีความแข็งแรงในตัวทนทานต่อการใช้งานตามหน้าที่และวัตถุประสงค์ที่กำหนดโครงสร้างมีความเหมาะสมตามคุณสมบัติของวัสดุ ขนาด แรงกระทำในรูปแบบต่างๆ จากการใช้งาน

2.3.5.6 ราคา การออกแบบผลิตภัณฑ์ควรมีการกำหนดกลุ่มเป้าหมายที่จะใช้ผลิตภัณฑ์เป็นกลุ่มใด อาชีพอะไร ฐานะเป็นอย่างไรซึ่งจะช่วยให้นักออกแบบสามารถกำหนดแบบผลิตภัณฑ์และประมาณราคาขายเพื่อให้เหมาะสมกับกลุ่มเป้าหมาย และราคามีความเหมาะสม แต่ในกรณีที่ประมาณราคาจากแบบสูงกว่าที่กำหนดอาจต้องมีการเปลี่ยนแปลงหรือพัฒนาองค์ประกอบด้านต่างๆ ใหม่เพื่อเป็นการลดต้นทุน

2.3.5.7 วัสดุ การออกแบบควรเลือกวัสดุที่มีคุณสมบัติด้านต่างๆ ได้แก่ ความใส ผิวมันวาว ทนความร้อน ทนกรดด่างไม่ลื่น ให้เหมาะสมกับหน้าที่ใช้สอยของผลิตภัณฑ์นั้นๆ นอกจากนั้นยังต้องพิจารณาถึงความง่ายต่อการดูแลรักษา ความสะดวกรวดเร็วในการผลิต สั่งซื้อและคงคลัง รวมถึงจิตสำนึกในการรณรงค์ช่วยกันรักษาสิ่งแวดล้อมโดยการเลือกวัสดุที่สามารถหมุนเวียนนำกลับมาใช้ใหม่ได้ เป็นสิ่งที่นักออกแบบควรคำนึงถึงเพื่อช่วยลดปริมาณขยะ

2.3.5.8 กรรมวิธีการผลิต ผลิตภัณฑ์ทุกชนิดควรออกแบบให้สามารถผลิตได้ง่าย รวดเร็ว ประหยัดวัสดุ ค่าแรงและค่าใช้จ่ายอื่นๆ แต่บางกรณีต้องออกแบบให้สอดคล้องกับกรรมวิธีของเครื่องจักรและอุปกรณ์ที่มีอยู่เดิม

2.3.5.9 การบำรุงรักษาและซ่อมแซม ผลิตภัณฑ์ทุกชนิดควรออกแบบให้สามารถบำรุงรักษา และแก้ไขซ่อมแซมได้ง่าย ไม่ยุ่งยากเมื่อมีการชำรุดเสียหายเกิดขึ้น ง่ายและสะดวกต่อการทำความสะอาดเพื่อช่วยยืดอายุการใช้งานของผลิตภัณฑ์ รวมทั้งควรมีค่าบำรุงรักษาและการสึกหรอ

2.3.5.10 การขนส่ง ผลิตภัณฑ์ที่ออกแบบควรคำนึงถึงการประหยัดค่าขนส่ง ความสะดวกในการขนส่ง ระยะทางเส้นทางการขนส่ง ส่วนการบรรจุหีบห่อต้องสามารถป้องกันไม่ให้เกิดการชำรุดเสียหายของผลิตภัณฑ์ได้ง่าย กรณีที่ผลิตภัณฑ์ที่ทำการออกแบบนั้นมีขนาดใหญ่ อาจต้องออกแบบให้ชิ้นส่วนสามารถถอดประกอบได้ง่าย [17]

2.4 กรรมวิธีการอัด

2.4.1 ลักษณะเครื่องอัดร้อน (Compression Molding Machine)

กระบวนการกดหรือการอัดแบบชนิดแรงอัดเป็นเทคนิคการแปรรูปที่เก่าแก่ที่สุดเทคนิคหนึ่ง โดยเริ่มมีการประยุกต์ใช้ครั้งแรกหลังจาก Bakeland ค้นพบการสังเคราะห์ฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ เรซินในปี ค.ศ.1908 แต่ในปัจจุบันก็ยังคงมีการใช้เทคนิคนี้ในการแปรรูปพลาสติกอย่างกว้างขวาง โดยเฉพาะอย่างยิ่งการแปรรูปยางและพลาสติกประเภทเทอร์มอเซต เช่น ฟีนอลิกเรซิน อีพอกซีเรซิน เมลามีนฟอร์มาลดีไฮด์ และยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ เป็นต้น นอกจากนี้ยังนิยมใช้ในการแปรรูปเทอร์มอพลาสติกที่แปรรูปโดยเทคนิคอื่นได้ยากกระบวนการอัดเป็นเทคนิคการแปรรูปพลาสติกที่ไม่ซับซ้อน โดยหลักการทำงานของกระบวนการกดอัด คือการนำเม็ดหรือผงพลาสติกมาอัดในแม่แบบ (Mold) ภายใต้ความดันและอุณหภูมิที่เหมาะสม เพื่อให้พลาสติกหลอมและไหลเข้าสู่ช่องว่างภายในแม่แบบ (Cavity) ส่วนประกอบหลักของเครื่องกดอัด (Compression Molding Machine) คือ แผ่นเหล็กอัดจำนวนสองชุด ซึ่งแผ่นหนึ่งสามารถเคลื่อนที่ขึ้นลงได้ ส่วนอีกแผ่นหนึ่งจะถูกยึดติดกับที่ แม่แบบสำหรับการแปรรูปพลาสติกทั้งตัวผู้และตัวเมียจะถูกยึดติดกับแผ่นเหล็กอัดทั้งสองแผ่น

รูปที่ 2.10 เครื่องอัดร้อน (Compression Molding Machine)
ที่มา: [18]

2.4.2 ระบบการขับเคลื่อน

เครื่องอัดส่วนใหญ่ได้รับการพัฒนาให้สามารถทำงานอัตโนมัติโดยใช้แรงขับจากระบบไฮโดรลิกในการเคลื่อนที่แผ่นแม่เหล็กอัดขึ้นลง ระบบขับเคลื่อนยังทำหน้าที่ในการให้ความดันในการอัด เครื่องอัดขนาดเล็กที่ใช้ในห้องปฏิบัติการจะมีระบบขับเคลื่อนที่ให้ความดันในช่วง 5 – 100 ตัน ส่วนเครื่องกดอันที่ใช้ในงานอุตสาหกรรมจะมีระบบขับเคลื่อนที่ให้ความดันในช่วง 10 – 4,000 ตัน โดยขนาดของความดันจะขึ้นกับขนาดของแผ่นเหล็กซึ่งมีขนาดอยู่ในช่วง 8 ตารางนิ้วถึง 5 ตารางฟุต ชนิดของพลาสติก ความหนาของผนังผลิตภัณฑ์พลาสติก และการให้ความร้อนแก่พลาสติกก่อนการอัด

2.4.3 ระบบให้ความร้อนและหล่อเย็น

ระยะเวลาการทำงานของการกดอัดนั้นขึ้นอยู่กับความหนาของผนังผลิตภัณฑ์ โดยเฉพาะพลาสติกประเภท เทอร์มอเซตที่เป็นตัวนำความร้อนที่ไม่ดีและในการกดอัดต้องให้อุณหภูมิถึงจุดที่เกิดการเชื่อมโยงระหว่างสายโซ่โมเลกุลได้ ซึ่งหากเติมเม็ดหรือผงพลาสติกลงในแม่แบบโดยตรงจะทำให้ระยะเวลาในการกดอัดนานมากขึ้น ดังนั้นจึงควรมีการให้ความร้อนแก่พลาสติกก่อนนำเข้าแม่แบบ เพื่อทำให้พลาสติกสามารถไหลได้ดี และช่วยลดระยะเวลาในการทำงานสั้นลง และยังสามารถลดความดันที่ใช้ในการกดอัดได้อีกด้วย

2.4.4 กระบวนการกดอัด

กระบวนการอัดเริ่มจากการยึดแม่แบบติดกับแผ่นเหล็กอัดทั้งสองแผ่น แล้วให้ความร้อนแก่แม่แบบตามชนิดของพลาสติก โดยทั่วไปอุณหภูมิแม่แบบสำหรับการกดอัดเทอร์มอเซตจะเป็นอุณหภูมิการเกิดปฏิกิริยาการเชื่อมโยงของสายโซ่โมเลกุล ซึ่งอยู่ในช่วง 140 – 200 องศาเซลเซียส ขึ้นกับชนิดของพลาสติก หลังจากนั้นจึงเต็มวัตถุดิบซึ่งอาจอยู่ในรูปเม็ดพลาสติกหรือผงพลาสติกหรือพลาสติกคอมปาวด์ โดยปริมาณการเติมต้องเหมาะสมกับขนาดของผลิตภัณฑ์ จากนั้นปิดแม่แบบโดยเคลื่อนแผ่นเหล็กอัดลงด้วยความดันที่เหมาะสม พลาสติกจะเกิดการหลอมหรืออ่อนตัวไหลเข้าสู่ช่องว่าง ของแม่แบบ สำหรับพลาสติกเทอร์มอเซตต้องปล่อยให้ผลิตภัณฑ์พลาสติกอยู่ภายใต้ความดันและอุณหภูมินี้ระยะหนึ่งตามระยะเวลาการสุกหรือการเกิดปฏิกิริยาการเชื่อมโยงเกิดอย่างสมบูรณ์ หลังจากนั้นความดันภายในแม่แบบจะลดลงในขณะทำการหล่อเย็น [18]

ดังนั้นผู้วิจัยจึงใช้เครื่องอัดร้อนในการอัดแผ่นซังข้าวโพดเพื่องานประดิษฐ์เนื่องจากกาวซึ่งเป็นส่วนผสมต้องอาศัยความร้อนเป็นตัวทำละลายเพื่อให้เกิดการยึดติดกันระหว่างซังข้าวโพด: กาวลาเท็กซ์: กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์

2.5 การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ

2.5.1 ทดสอบความต้านทานแรงดัด

การทดสอบแรงดัดเป็นการใส่แรงกระทำกับชิ้นทดสอบแล้วทำให้เกิดแรงเค้นอัดที่บริเวณด้านบนของหน้าตัดชิ้นงานและเกิดแรงเค้นดึงที่บริเวณด้านล่างของหน้าตัดชิ้นงานแรงดัดอาจกระทำด้วยแรงเค้นตรง แรงเฉือน หรือแรงเฉือนบิด การทดสอบแรงดัดเป็นการดัดชิ้นทดสอบภายใต้แรงกระทำ ความแข็งแรงที่วัสดุแสดงออกมาเป็นฟังชั่นของวัสดุที่ชิ้นทดสอบถูกเตรียมขึ้นรวมทั้งลักษณะของภาคตัดของชิ้นทดสอบ เช่น แท่งทดสอบชนิดเดียวกันที่มีลักษณะเป็น สี่เหลี่ยมขนาด 1×4 นิ้ว จะมีความแข็งแรงต่อการดัดสูงกว่าแท่งสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาด 2×2 นิ้ว ดังนั้นหลักวิชาทางคณิตศาสตร์จะมีความเกี่ยวข้องกับค่าความแข็งแรงการดัดของวัสดุ สมบัติที่เกี่ยวข้องกับการทดสอบแรงดัดจะเป็นแบบเดียวกันกับการทดสอบแรงดึง ได้แก่ ความแข็งแรงสูงสุด (Ultimate Strength) จุดจำนน (Yield point) โมดูลัสความยืดหยุ่น (Modulus of Elasticity) และอื่นๆ ด้วยเหตุนี้การทดสอบแรงดัดจึงใช้เป็นการทดสอบพื้นฐานที่ดีที่สุดในการทดสอบชิ้นงานที่มีรูปทรงภาคตัดแบบต่างๆ [19]

2.5.1.1 เครื่องมือในการทดสอบ

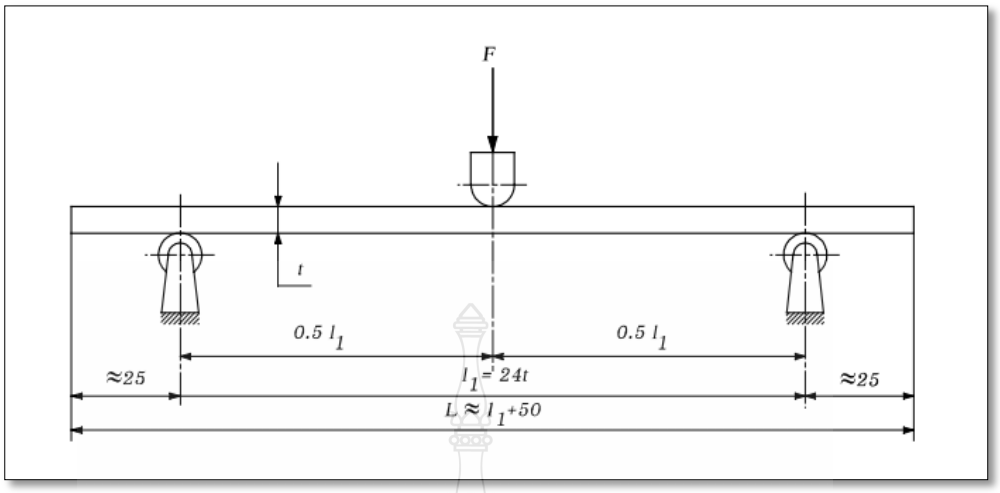
เครื่องทดสอบอเนกประสงค์ ซึ่งวัดแรงกดได้ละเอียดถึง 5 นิวตัน หรือร้อยละ 5 ของแรงกดสูงสุดที่ชิ้นทดสอบ รับได้แท่งกดต้องมีปลายที่ใช้กดเป็นรูปครึ่งวงกลม มีรัศมีประมาณ 10 มิลลิเมตร และมีความยาวของแท่งกดไม่น้อยกว่าความกว้างของชิ้นทดสอบ แท่งรองรับต้องมีลักษณะหน้าตัดรูปวงกลม หรือรูปครึ่งวงกลม มีรัศมีประมาณ 10 มิลลิเมตร และมีความยาวของแท่งรองรับไม่น้อยกว่าความกว้างของชิ้นทดสอบเครื่องวัดการแอ่นตัว ซึ่งอ่านค่าได้ละเอียด 0.1 มิลลิเมตร

2.5.1.2 การเตรียมชิ้นทดสอบ

วัดขนาดของชิ้นทดสอบโดยยอมให้มีความคลาดเคลื่อนได้ไม่เกินร้อยละ 0.3 ของขนาดที่วัด และทำการชั่งหามวลโดยยอมให้มีความคลาดเคลื่อนได้ไม่เกินร้อยละ 0.2 ของชิ้นทดสอบ ตัดชิ้นทดสอบ กว้าง 50 มิลลิเมตร ยาว (24t + 50) มิลลิเมตร (t = ความหนาของชิ้นทดสอบ) โดยให้ด้านยาวขนานกับแนวเสี้ยนไม้บางหน้า 1 ชิ้น และด้านยาวตั้งฉากกับแนว เสี้ยนไม้บางหน้า 1 ชิ้น

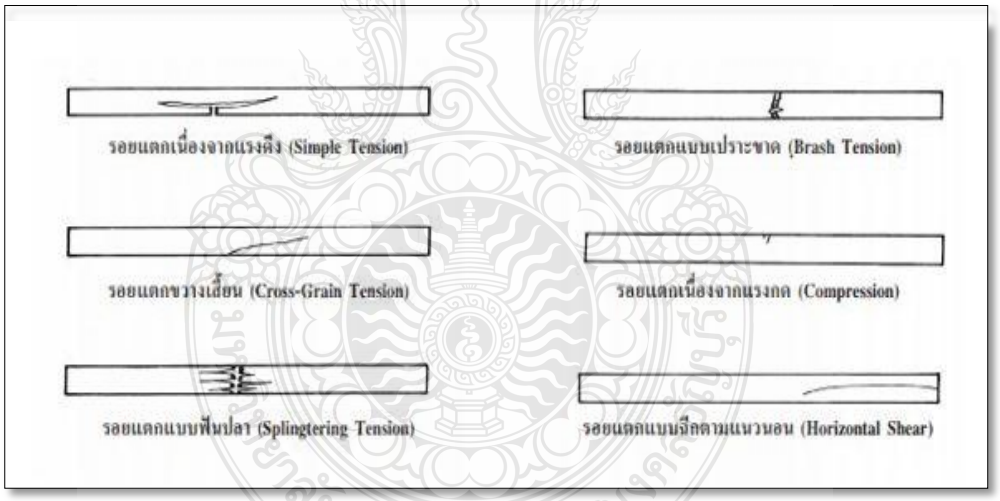
2.5.1.3 วิธีการทดสอบ

วางชิ้นทดสอบบนแท่นรองรับให้มีระยะห่างกัน 24 เท่า ของความหนาของชิ้นทดสอบ ให้ปลายชิ้นทดสอบยื่นออกไปจากจุดที่รองรับข้างละ 25 มิลลิเมตรให้แรงกดลงที่จุดกึ่งกลางของชิ้นทดสอบ โดยมีอัตราการเพิ่มแรงกดอย่างสม่ำเสมอ เวลาที่ใช้ตั้งแต่เริ่มกด จนกระทั่งชิ้นทดสอบหัก ต้องไม้น้อยกว่า30 วินาที แต่ไม่มากกว่า 90 วินาที (ความเร็วในการกดประมาณ 10 มิลลิเมตรต่อนาที) ตามมาตรฐานกรมโยธาธิการและผังเมือง มยผ. 1224 – 51: มาตรฐานการทดสอบกำลังต้านทานแรงดัดของไม้ ซึ่งกำหนดที่ความหนา 3.0 – 6.0 มิลลิเมตร ต้องมีค่าความต้านทานแรงดัดไม่น้อยกว่า 15 เมกะปาสคาล [20]



รูปที่ 2.11 การทดสอบความต้านแรงดัดและมอดุลัสยืดหยุ่น

ที่มา: [21]



รูปที่ 2.12 ลักษณะของการวิบัติแบบต่างๆ

ที่มา: [20]

2.5.1.4 วิธีคำนวณ

ความต้านแรงดัด หาค่าความต้านแรงดัด จากสูตร

$$f_m = \frac{2Fl_1}{2bt^2}$$

เมื่อ f_m คือ ความต้านแรงดัด เป็นนิวตัน ต่อตารางมิลลิเมตร

F คือ แรงกดสูงสุดที่ชิ้นทดสอบรับได้ เป็นนิวตัน

l_1 คือ ระยะห่างของแท่งรองรับ เป็นมิลลิเมตร

b คือ ความกว้างที่จุดกึ่งกลางด้านยาวของชิ้นทดสอบ เป็นมิลลิเมตร

t คือ ความหนาที่จุดกึ่งกลางของชิ้นทดสอบ เป็นมิลลิเมตร

มอดุลัสยืดหยุ่น

หารค่ามอดุลัสยืดหยุ่น จากสูตร

$$E_m = \frac{{l_1}^3(F_2 - F_1)}{4bt^3\,(a_2 - a_1)}$$

เมื่อ Em คือ มอดุลัสยืดหยุ่น เป็นนิวตันต่อตารางมิลลิเมตร

l_1 คือ ระยะห่างของแท่งรองรับ เป็นมิลลิเมตร

$F_2 - F_1$ คือ ความแตกต่างของแรงกดระหว่างค่าสูงและค่าต่ำที่เป็นสัดส่วนเป็นนิวตัน

B คือ ความกว้างที่จุดกึ่งกลางด้านยาวของชิ้นทดสอบ เป็นมิลลิเมตร

t คือ ความหนาที่จุดกึ่งกลางของชิ้นทดสอบ เป็นมิลลิเมตร

$a_2 - a_1$ คือ ระยะแอ่นตัวที่เพิ่มขึ้นในช่วง $F_2 - F_1$ เป็นมิลลิเมตร [21]

2.5.2 ทดสอบความต้านทานแรงดึง

การทดสอบแรงดึงเป็นการทดสอบสมบัติของวัสดุต่างๆ การทดสอบแรงดึงจะใช้ชิ้นทดสอบตามแบบมาตรฐาน สามารถใช้ชิ้นทดสอบแบบอื่นที่ทราบค่าพื้นที่หน้าตัดและความยาวเริ่มต้น โดยการทดสอบแรงดึงใช้ในการตรวจวัดพฤติกรรมเชิงกลของวัสดุภายใต้แรงดึงหรือการยืดในแนวแกนข้อมูลและการคำนวณในการทดสอบแรงดึงโดยทั่วไปได้แก่ ขีดจำกัดการยืดหยุ่น ร้อยละของการยืด โมดูลัสความยืดหยุ่น ขีดจำกัดแบบสัดส่วน ร้อยละการลดลงของพื้นที่หน้าตัด ความแข็งแรงดึง จุดจำนน และความแข็งแรงจำนนกระบวนการทดสอบแรงดึงเป็นการดึงชิ้นทดสอบซึ่งให้ชิ้นทดสอบตกอยู่ใต้สภาวะการยืดและเป็นกระบวนที่ทำให้ชิ้นทดสอบเกิดการเสียรูป โดยการเสียรูป

เป็นการเปลี่ยนแปลงรูปทรงของชิ้นทดสอบจากแรงที่กระทำ การตรวจวัดการเสียรูปจะวัดจากการเปลี่ยนแปลงขนาดชิ้นทดสอบเทียบกับขนาดเริ่มต้น ซึ่งกำหนดที่ความหนา 3.0 – 6.0 มิลลิเมตร มีค่าความต้านทานแรงดึงไม่น้อยกว่า 0.45 เมกะปาสคาล

2.5.2.1 เครื่องมือในการทดสอบ

การทดสอบแรงดึงด้วยเครื่องทดสอบอเนกประสงค์จำเป็นต้องติดตั้งอุปกรณ์เสริมต่างๆ ประกอบด้วยหัวจับชิ้นทดสอบซึ่งมีหน้าที่หลักในการยึดจับชิ้นทดสอบเข้ากับเครื่องทดสอบ โดยต้องสามารถรับและถ่ายแรงจากเครื่องสู่ชิ้นทดสอบและหัวจับต้องสามารถให้แรงผ่านชิ้นทดสอบตามแกน ซึ่งต้องตั้งค่าการทดสอบและเลือกหัวจับที่เหมาะสม ทั้งนี้เพื่อชิ้นทดสอบอยู่ในแนวที่ถูกต้องทั้งก่อนและระหว่างดำเนินการทดสอบ

รูปที่ 2.13 เครื่องทดสอบความต้านทานแรงดึง

2.5.2.2 วิธีการทดสอบ

การทดสอบแรงดึงใช้ในการวัดค่าสมบัติการทนแรงดึงรวมไปถึงความแข็งแรงของวัสดุ โดยความแข็งแรงดึง หมายถึง ค่าแรงเค้นดึงสูงสุดที่เกิดขึ้นในวัสดุ ในการทดสอบแรงดึงต้องเตรียมชิ้นทดสอบให้ได้ขนาดและรูปทรงที่เหมาะสม และต้องทราบค่าพื้นที่หน้าตัดกับ

ปริมาณการเสียรูปและระยะทดสอบเริ่มต้นสามารถใช้หาค่าความเค้นได้ เมื่อชิ้นทดสอบเริ่มจำนน ซึ่งเป็นช่วงที่วัสดุเกิดความเสียหายให้นำอุปกรณ์วัดระยะยืดออก จากนั้นให้แรงกับวัสดุต่อเนื่องด้วยความเร็วประมาณ 2.5 มิลลิเมตร ต่อนาที จนกระทั่งวัสดุเกิดการแตกหัก ความแข็งแรงสูงสุดและความแข็งแรงการแตกหักสามารถหาได้ในช่วงบริเวณเหนือแรงเค้นจำนน ตามมาตรฐานกรมโยธาธิการและผังเมือง มยผ. 1225 -51: มาตรฐานการทดสอบกำลังต้านทานแรงดึงและความต้านทานการแตกของไม้

2.5.2.3 วิธีการคำนวน

$$\text{ค่าความต้านแรงดึง} = \frac{F}{W \times L}$$

เมื่อ F คือ แรงดึงสูงสุด เป็นนิวตัน

W คือ ความกว้างของชิ้นทดสอบ เป็นมิลลิเมตร

L คือ ความยาวของชิ้นทดสอบ เป็นมิลลิเมตร

2.5.3 ปริมาณความชื้น

2.5.3.1 เครื่องมือในการทดสอบ

ตู้อบที่สามารถควบคุมอุณหภูมิให้คงที่ได้ที่อุณหภูมิ 103 ± 2 องศาเซลเซียส โดยอากาศสามารถหมุนเวียนภายในตู้อบได้เพื่อให้มีอุณหภูมิมีความสม่ำเสมอและควรมีช่องระบายไอความร้อนชื้นออกได้ และ เครื่องชั่งที่อ่านได้ละเอียดถึง 0.1 กรัม และมีความถูกต้องในการชั่งมวลได้ไม่น้อยกว่า ร้อยละ 0.1 ของมวลตัวอย่าง

2.5.3.2 การเตรียมชิ้นทดลอบ

เตรียมชิ้นทดสอบขนาดหน้าตัด 50×100 มิลลิเมตร มีความยาวตามแนวขนานเสี้ยน 25 มิลลิเมตร

2.5.3.3 วิธีการทดสอบ

นำชิ้นทดสอบเข้าตู้อบโดยให้ความร้อนผ่านได้ทั่วถึงทุกชิ้น ที่อุณหภูมิ 103 ± 2 องศาเซลเซียส ตรวจสอบมวลของชิ้นทดสอบทุกระยะเวลา 4 ชั่วโมง หรือจนกว่าชิ้นทดสอบจะแห้งสนิทปราศจากความชื้นและมีมวลคงที่ จากนั้นนำชิ้นทดสอบมาชั่งทันที โดยยอมให้คลาดเคลื่อนได้ไม่เกิดร้อยละ 0.1 ซึ่งมวลที่ชั่งได้นี้จะเป็นมวลของชิ้นทดสอบหลังอบแห้ง ตามมาตรฐานกรมโยธาธิการและผังเมือง มยผ. 1223 - 51: มาตรฐานการทดสอบหาค่าความชื้นของไม้ [22]

2.5.3.4 วิธีคำนวณ

ปริมาณความชื้น (ร้อยละ) เท่ากับ

$$\frac{(\text{มวลของชิ้นทดสอบก่อนอบ (A)} - \text{มวลของชิ้นทดสอบหลังอบแห้ง (B)}) \times 100}{\text{มวลของชิ้นทดสอบหลังการอบแห้ง (B)}}$$

2.6 กระบวนการประเมินผล

กระบวนการประเมินผล เป็นกระบวนการดำเนินงานด้านการควบคุม และติดตามความก้าวหน้าหรือประเมินให้ตรงตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้หรือไม่ การติดตามประเมินผลเป็นตัวชี้วัดผลสำเร็จ และความก้าวหน้า และสามารถใช้วิเคราะห์ปัจจัยความสำเร็จและความล้มเหลว ทำให้เกิดประโยชน์ในการปรับปรุงแนวทางการดำเนินงานต่อไป [23]

2.6.1 การวัดผล หมายถึง การกำหนดตัวเลขให้กับวัตถุ สิ่งของ เหตุการณ์ ปรากฏการณ์ หรือพฤติกรรมต่างๆ ซึ่งการจะได้ตัวเลขมานั้น อาจต้องใช้เครื่องมือวัดเพื่อให้ได้ตัวเลขที่สามารถแทนคุณลักษณะต่างๆ ที่ต้องการใช้วัด การวัดผลแบ่งได้เป็น 2 ประเภท

2.6.1.1 การวัดทางตรง เป็นการวัดคุณลักษณะที่ต้องการวัดได้โดยตรง เช่น ส่วนสูง น้ำหนัก ระยะทาง เวลา ปริมาตร มวล ความเร็ว การวัดทางตรงนี้เรียกอีกอย่างว่า การวัดด้านวิทยาศาสตร์ หรือวัดทางกายภาพ

2.6.1.2 การวัดทางอ้อม เป็นการวัดคุณลักษณะที่ต้องการโดยตรงไม่ได้ สิ่งที่วัดเป็นนามธรรมต้องวัดโดยผ่านกระบวนการทางสมองหรือพฤติกรรม เช่น วัดความรู้ วัดเจตคติ วัดความสนใจ วัดบุคลิกภาพ การวัดทางการศึกษาส่วนใหญ่เป็นการวัดทางอ้อม เช่น ด้านสติปัญญา ด้านความรู้สึก ด้านทักษะกลไก

2.6.2 การทดสอบ หมายถึง การนำเครื่องมือหรือสิ่งเร้าที่ไปให้ผู้ถูกทดสอบได้แสดงพฤติกรรมหรือความสามารถที่ต้องการออกมา ผลการทดสอบที่ได้มักออกมาในรูปของคะแนน ดังนั้นการทดสอบจึงควรมีประสิทธิภาพ โดยใช้เครื่องมือการทดสอบที่มีคุณภาพ และต้องพยายามดำเนินการทดสอบให้เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ และมีความยุติธรรมแก่ผู้ทดสอบทุกคน องค์ประกอบของการทดสอบมีดังนี้ บุคคลที่ถูกทดสอบ เครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบ การดำเนินการทดสอบ ผลการทดสอบในรูปของคะแนนที่แทนความสามารถของผู้ถูกทดสอบ

2.6.3 การประเมินผล หมายถึง การนำตัวเลขที่ได้จากการวัดรวมกับการใช้วิจารณ์ของผู้ประเมินมาตัดสินผล โดยการตัดสินนั้นอาจไปเปรียบเทียบกับเกณฑ์ เพื่อให้ได้ผลเป็นอย่างใดอย่างหนึ่ง การประเมินผลแบ่งได้เป็น 2 ประเภท ดังนี้

2.6.3.1 การประเมินแบบอิงกลุ่ม เป็นการนำคะแนนที่ได้จากแบบทดสอบหรือผลงานของบุคคลใดบุคลหนึ่งไปเปรียบเทียบกับบุคคลอื่นๆ ที่ได้ทำแบบทดสอบฉบับเดียวกันหรือได้ทำงานอย่างเดียวกัน การประเมินแบบอิงกลุ่มเป็นการใช้เพื่อจำแนกหรือจัดลำดับบุคคลในกลุ่มการประเมินแบบนี้ใช้กับการประเมินเพื่อคัดเลือกเข้าศึกษา

2.6.3.2 การประเมินแบบอิงเกณฑ์ เป็นการนำคะแนนที่ได้จากแบบทดสอบหรือผลงานของบุคคลใดบุคคลหนึ่งไปเปรียบเทียบกับเกณฑ์หรือเป้าหมายที่ได้กำหนดไว้ เช่น การประเมินระหว่างการเรียนการสอนว่าผู้เรียนได้บรรลุผลการเรียนรู้ที่คาดหวังที่ได้กำหนดเอาไว้หรือไม่ การประเมินผลนั้นต้องมีองค์ประกอบหลัก 3 ประการคือ

1) ผลการวัด ช่วยให้ทราบสภาพของสิ่งที่ประเมินว่ามีปริมาณเท่าไร มีลักษณะอย่างไร เพื่อใช้เป็นข้อมูลนำไปเปรียบเทียบกับเกณฑ์

2) เกณฑ์การพิจารณา เป็นการตัดสินใจลงไปว่าสิ่งใดดีหรือไม่ดี ใช้ได้หรือไม่ได้นั้น ผลการสอบนี้ผ่านหรือไม่ผ่าน โดยนำผลคะแนนจากการวัดไปเปรียบเทียบกับเกณฑ์หรือมาตรฐานที่กำหนดไว้

3) การตัดสินใจ เป็นการสรุปผลการเปรียบเทียบระหว่างผลคะแนนจากการวัดกับเกณฑ์ที่ได้กำหนดเอาไว้ว่าสูงต่ำกว่ากันขนาดไหน การตัดสินใจที่ดีต้องพิจารณาอย่างละเอียดทุกแง่มุม และต้องมีความยุติธรรม [22]

2.6.4 การวัดและประเมินผลความพึงพอใจมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

2.6.4.1 กำหนดสิ่งที่ต้องการจะประเมิน เป็นการพิจารณาคุณลักษณะหรือ พฤติกรรมที่ต้องการประเมิน ซึ่งต้องมีการวิเคราะห์หลักสูตรหรือวิเคราะห์เนื้อหาและพฤติกรรมของรายวิชาที่ต้องการประเมินออกมา

2.6.4.2 กำหนดวิธีการวัดและเครื่องมือที่ใช้วัดผล เป็นการเลือกวิธีการและเครื่องมือวัดให้เหมาะสมกับพฤติกรรมที่ต้องการวัดแต่ละประเภทให้เหมาะสม และต้องสามารถวัดพฤติกรรมนั้นได้จริง

2.6.4.3 การสร้างหรือเลือกเครื่องมือ เป็นการกำหนดสิ่งเร้าหรือหาสถานการณ์เพื่อนำไปใช้ทดสอบผู้เรียน ให้แสดงพฤติกรรมตอบสนองออกมาในรูปข้อมูลเชิงปริมาณโดยเครื่องมือต้องมีคุณสมบัติที่ดี เช่น ต้องวัดในสิ่งที่ต้องการได้ตรงกับจุดมุ่งหมาย ให้ผลการวัดที่แน่นอนเปลี่ยนแปลง มีความชัดเจน เข้าใจได้ตรงกัน

2.6.4.4 ดำเนินการทดสอบ เป็นการนำเครื่องมือไปทดสอบเพื่อให้ผู้เรียนแสดงพฤติกรรมออกมาแล้วตีความหมายเป็นคะแนน ผลการวัด หรือคะแนนที่ได้จะนำไปใช้ในการตัดสิน

2.6.4.5 ตรวจให้คะแนน เป็นการกำหนดตัวเลขแทนปริมาณของสิ่งที่ต้องการวัดตามกฎเกณฑ์ที่กำหนด โดยพิจารณาผลการตอบสนองหรือพฤติกรรมที่แสดงออกมา

2.6.4.6 ประเมินผล เป็นขั้นตอนสุดท้ายในกระบวนการประเมินผล เป็นการสรุปจากข้อมูลที่วัดมาได้จากข้อ 5 โดยนำผลการวัดมาเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนดแล้วสรุปผลออกมา ความถูกต้องของผลการประเมินจะต้องขึ้นอยู่กับความถูกต้องของผลการวัดเป็นสำคัญ นอกจากนี้คุณธรรมในการการตัดสินผล เช่น อคติของผู้ประเมินก็เป็นสิ่งสำคัญที่ส่งผลต่อความถูกต้องของผลการประเมินด้วย [24]

2.6.5 การวัดความพึงพอใจ

การวัดความพึงพอใจสามารถแบ่งออกได้ดังนี้

2.6.5.1 การใช้แบบสอบถาม โดยผู้ออกแบบสอบถาม ต้องการทราบความคิดเห็นซึ่งสามารถกระทำได้ในลักษณะกำหนดคำตอบให้เลือก หรือตอบคำถามอิสระ คำถามดังกล่าว อาจถามความพอใจในด้านต่างๆ เพื่อให้ผู้ตอบทุกคนมาเป็นแบบแผนเดียวกันมักใช้ในกรณีที่ต้องการข้อมูลกลุ่มตัวอย่างมากๆ วิธีนี้นับเป็นวิธีที่นิยมใช้กันมากที่สุดในการวัดทัศนคติ รูปแบบของแบบสอบถามจะใช้มาตรวัดทัศนคติ ซึ่งที่นิยมใช้ในปัจจุบันวิธีหนึ่งคือ มาตราส่วนแบบลิเคิร์ท ประกอบด้วยข้อความที่แสดงถึงทัศนคติของบุคคลที่มีต่อสิ่งเร้าอย่างใดอย่างหนึ่งที่มีคำตอบที่แสดงถึงระดับความรู้สึก 5 คำตอบ เช่น มากที่สุด มาก ปานกลาง น้อย น้อยที่สุด

2.6.5.2 การสัมภาษณ์ เป็นวิธีการที่ผู้วิจัยจะต้องออกไปสอบถามโดยการพูดคุย โดยมีการเตรียมแผนงานล่วงหน้าเพื่อให้ได้ข้อมูลที่เป็นจริงมากที่สุด

2.6.5.3 การสังเกต เป็นวิธีวัดความพึงพอใจ โดยการสังเกตพฤติกรรมของบุคคลเป้าหมายไม่ว่าจะแสดงออกจากการพูดจา กริยา ท่าทาง วิธีนี้ต้องอาศัยการกระทำอย่างจริงจัง และสังเกตอย่างมีระเบียบแบบแผน วิธีนี้เป็นวิธีการศึกษาที่เก่าแก่ และยังเป็นที่นิยมใช้อย่างแพร่หลายจนถึงปัจจุบัน [25]

2.7 เทคนิควิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ

เทคนิควิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ ในการวิเคราะห์ส่วนประกอบของข้อมูลเป็นการวิเคราะห์คุณสมบัติของส่วนประกอบของข้อมูลแต่ละชุดแล้วนำคุณสมบัติของส่วนประกอบของข้อมูล มาเปรียบเทียบเพื่อหาลักษณะร่วมที่เหมือนกันและแตกต่างกันหลังจากนั้นจึงทำการสรุปบรรยายให้เห็นถึงความหมายของข้อมูลเหล่านั้น โดยการวิเคราะห์ส่วนประกอบจะกระทำได้ก็ต่อเมื่อมีข้อมูลตั้งแต่สองชุดขึ้นไป แต่ไม่ควรมากเกินสิบชุด นอกจากนั้นการสรุปข้อมูลที่เหมาะสมสำหรับ

นำมาวิเคราะห์ส่วนประกอบ ควรเป็นข้อมูลที่มีความละเอียดและได้จากการเก็บรวบรวมด้วยการวิเคราะห์ที่เจาะลึก หรือเน้นจุดสนใจ ทั้งนี้เพราะว่าข้อมูลดังกล่าวสามารถนำมาแยกส่วนประกอบได้หลายส่วน ทั้งนี้การแยกส่วนประกอบของข้อมูลเพื่อพิจารณาคุณสมบัตินั้นจะแยกออกเป็นกี่ส่วนนั้นขึ้นอยู่กับการตัดสินใจของผู้วิจัย การวิเคราะห์ส่วนประกอบของข้อมูล อาจสรุปได้เป็น 5 ขั้นตอนดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 เลือกข้อมูล (ที่ทำการวิเคราะห์จัดกลุ่มหรือ กำหนดชื่อข้อมูลแล้ว) ที่จะนำมาแยกส่วนประกอบเพื่อหาคุณสมบัติที่ต้องการเปรียบเทียบ ซึ่งควรมีข้อมูลอย่างน้อยตั้งแต่สองชุดขึ้นไป แต่ไม่ควรมากเกินไป

ขั้นตอนที่ 2 วิเคราะห์แยกส่วนประกอบข้อมูลแต่ละชุด โดยพิจารณาว่าจะแยกส่วนประกอบของข้อมูลเป็นกี่ส่วนจากคุณสมบัติใดบ้าง ส่วนประกอบที่จะแยกควรพิจารณาว่าถ้าแยกแล้วสามารถให้คุณสมบัติที่จะนำมาเปรียบเทียบกันได้หรือไม่

ขั้นตอนที่ 3 จดรายชื่อข้อมูลและส่วนประกอบที่จะแยกข้อมูลชุดนั้นๆ ป้องกันการลืม

ขั้นตอนที่ 4 จัดทำตารางเปรียบเทียบคุณสมบัติข้อมูลแต่ละชุดแยกตามส่วนประกอบและใส่คุณสมบัติข้อมูลแต่ละชุดแยกตามส่วนประกอบลงในตาราง

ขั้นตอนที่ 5 เปรียบเทียบคุณสมบัติของข้อมูลทั้งหมดตามส่วนประกอบ โดยพิจารณาความเหมือนและความแตกต่างและสร้างข้อสรุปที่ได้จากการเปรียบเทียบโดยบรรยายโยงให้เห็นคุณสมบัติข้อมูลตามส่วนประกอบนั้นๆ [26]

2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

นุทิศ เอี่ยมใส่ [27] ศึกษาการพัฒนาผลิตภัณฑ์กระดาษจากต้น เปลือก และซังข้าวโพดโดยการมีส่วนร่วมของชุมชน ได้ทำการทดลองผลิตเยื่อกระดาษ แผ่นกระดาษ แผ่นฉนวนกันความร้อน และสิ่งประดิษฐ์จากแผ่นกระดาษที่ได้จากการทดลอง พบว่า คุณสมบัติของแผ่นกระดาษด้านกายภาพ ได้แก่ ความหนาแน่น ความต้านทานแรงดึง ความต้านทานแรงฉีกขาดตามเกณฑ์กำหนด ส่วนคุณลักษณะที่ต้องการของสิ่งประดิษฐ์ได้แก่ โคมไฟฟ้า จานรองแก้ว ดอกไม้ กรอบรูป รูปนูนต่ำ มีคุณลักษณะอยู่ในเกณฑ์พอใช้ถึงดีมาก มีความเหมาะสมที่จะนำไปทำเป็นผลิตภัณฑ์ชุมชน และการเรียนรู้ของชุมชน พบว่า ความรู้ความสามารถ ในกระบวนการผลิตเยื่อกระดาษ และการสร้างสิ่งประดิษฐ์ มีผลเฉลี่ยการเรียนรู้อยู่ในเกณฑ์ตั้งแต่พอใช้ถึงเกณฑ์ระดับดี

อภิรักษ์ สวัสดิ์กิจ [28] ศึกษาการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งจากขี้เถ้าแกลบผสมซังข้าวโพดและกะลามะพร้าวด้วยเทคนิคเอ็กซ์ทรูชั่นโดยใช้แป้งเปียกเป็นตัวประสาน จากชีวมวลโดยอาศัยเทคนิคเอ็กซ์ทรูชั่นแบบอัดรีดเย็น และใช้แป้งเปียกเป็นตัวประสาน วัตถุดิบหลักที่ใช้ในการศึกษาได้แก่

ขี้เถ้าแกลบที่ได้จากกระบวนการอบข้าวเปลือก ในโรงสีข้าว โดยการนำมาบดผสมกับผงถ่านซังข้าวโพดและผงถ่านกะลามะพร้าว โดยมีสัดส่วนการผสมอยู่ที่ 30 : 70, 40 : 60 และ 50 : 50 ตามลำดับ ส่วนแป้งมันจะมีสัดส่วนการผสมต่อน้ำหนักวัตถุดิบเท่ากับ 1 : 10 จากการศึกษา พบว่า ค่าความหนาแน่นและความต้านทานแรงกด จะแปรผันตามสัดส่วนการผสมของผงซังข้าวโพดและผงกะลามะพร้าวแต่จะแต่ต่างกันไม่มากนัก

อนินท์ มีมนต์ [29] ศึกษาเรื่องการผลิตไม้อัดจากซังข้าวโพดสำหรับเป็นผนังฉนวนความร้อยในอาคาร แผ่นอัดเรียบจากซังข้าวโพดที่อัดได้ขนาด 60 × 60 เซนติเมตร หนา 15 มิลลิเมตร ที่ทำการทดลองด้วยอัตราส่วนผสม 2 : 1, 3 : 1 ,4 : 1 และ 5 : 1 การทดสอบความต้านต่อการคืนรูป จะพบว่าส่วนผสม 4:1 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1,577 เมกะปาสคาลและ 5:1 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1,392 เมกะปาสคาล ซึ่งเป็นค่าที่น้อยกว่าค่ามาตรฐาน มอก.876-2547 ที่ระบุไว้ เนื่องจากมีส่วนผสมจากซังข้าวโพดมากกว่ากาว เกินไปจึงทำให้มีการยึดระหว่างซังข้าวโพดกับกาวยูเรีย - ฟอร์มัลดีไฮด์ได้ไม่ดีเท่าที่ควรทำให้ชิ้นงานเปราะและไม่ยืดหยุ่นเท่าที่ควร ค่าพองตัว พบว่า ที่ชิ้นทดสอบอัตราส่วน 5 : 1 แสดงค่าการพองตัวมากสุดโดยมีค่าการพองตัวเฉลี่ยเท่ากับ ร้อยละ 8.22 และค่าการพองตัวจะมีลักษณะลดลงเมื่ออัตราส่วนผสมของกาวมีค่ามากขึ้นในอัตราส่วนผสม 2 : 1 แสดงค่าการพองตัวน้อยที่สุด ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ ร้อยละ 1.32 จากผลการทดลองนี้สรุปได้ว่าการพองตัวของชิ้นทดสอบจะมีค่าน้อยเมื่อได้ทำการเพิ่มอัตราส่วนของกาวต่อปริมาณของซังข้าวโพด นอกจากนี้เมื่อได้ทำการเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน มอก. 876-2547 พบว่า แผ่นอัดเรียบที่ได้จากการทดลองผ่านมาตรฐาน ซึ่งกำหนดไว้ว่าการพองตัวตามความหาต้องไม่เกิน ร้อยละ12 แผ่นอัดเรียบจากซังข้าวโพด จะพบว่า ปริมาณการผสมกาวยูเรีย - ฟอร์มัลดีไฮด์มากการยึดตัวของซังข้าวโพดก็จะสูง แต่ใช้ต้นทุนในการผลิตที่สูง และถ้าปริมาณการผสมซังข้าวโพดมาก กาวน้อยคุณสมบัติแผ่นอัดก็จะลดลง ดังนั้นส่วนผสมระหว่างซังข้าวโพดกับกาวยูเรีย - ฟอร์มัลดีไฮด์ ที่เหมาะสำหรับการพัฒนาในเชิงพานิชย์ คืออัตราส่วน 3:1 เพราะมีค่าเฉลี่ยจากผลการทดลองอยู่ในมาตรฐานของ มอก. 876-2547 และมีค่าเฉลี่ยในการผสมดีที่สุด

นชานนท์ บุนนท์ [30] ศึกษาเรื่องวัสดุประสานและส่วนผสมที่เหมาะสมสำหรับการอัดขึ้นรูปถ่านไม้ พบว่า จากการศึกษากระบวนการผลิตถ่านอัดแท่งโดยใช้แป้งมันสำปะหลังเป็นตัวประสานในประสานในอัตราส่วนผสม 2.5 : 10, 3.0 : 10, 3.5 : 10 กิโลกรัม และใช้น้ำยางพาราเป็นตัวประสานในอัตราส่วนผสม 0.1 : 10, 0.15 : 10, 0.2 : 10 กิโลกรัม ถ่านอัดแท่งที่ใช้แป้งมันสำปะหลังและกากน้ำตาลเป็นตัวประสานโดยที่มีอัตราส่วนการผสมที่ต่างกันและใช้เม็ดถ่านที่มีขนาดแต่งตางกันจากการทดสอบตัวประสานที่เหมาะสมในการใช้ผลิตถ่านอัดแท่ง คือ กากน้ำตาลโดยใช้อัตราส่วน 3.5 : 10 กิโลกรัม

ชนธิดา ชื่นนิยม [31] ศึกษาเรื่องการศึกษาการเพิ่มมูลค่าของเศษซังข้าวโพด พบว่าความเป็นไปได้ในการนำเศษซังข้าวโพดซึ่งได้มาจากโรงงานผลิตเมล็ดพันธุ์พืชมาทำเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่ง จากนั้นนำเศษซังข้าวโพดมาผสมกับตัวประสาน 4 ชนิดได้แก่ แป้งมันสำปะหลัง กากน้ำตาล กากของเสียจากโรงงานกระดาษ และน้ำมันเครื่องใช้แล้ว จากผลการทดลองพบว่า การอัดแท่งเศษซังข้าวโพดที่สัดส่วน ร้อยละ 50 แป้งมันสำปะหลัง เหมาะสมที่สุดเนื่องจากอัดง่าย มีความแข็งแรงสูง

สุจิน สุนีย์ และคณะ [32] ศึกษาเรื่องเครื่องอัดรูปกระถางจากขุยและใยมะพร้าว พบว่าการอัดขึ้นรูปกระถางจากขุยและใยมะพร้าว โดยใช้วัตถุดิบจากธรรมชาติที่ไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ประกอบไปด้วยส่วนผสมสามส่วนที่สำคัญคือ ขุยมะพร้าว ใยมะพร้าว และใช้กาวที่ทำจากแป้งมันสำปะหลังเป็นตัวประสารเพื่อให้ขุยและเส้นใยมะพร้าวเกาะตัวกัน

สังเวย เสวกวิหารี [33] ศึกษาเรื่องศักยภาพด้านพลังงานของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเปลือกมังคุด พบว่า เปลือกมังคุดสามารถนำมาเผาได้ถ่านเปลือกมังคุด มีสีดำ น้ำหนักเบา นำมาบดให้ละเอียดจนเป็นผงถ่าน ผสมผงถ่านเปลือกมังคุดโดยมีกาวแป้งเปียกเป็นตัวประสาน คลุกเคล้าให้เข้ากัน นำมาอัดให้เป็นแท่งเชื้อเพลิงแล้วนำไปตากแดดจนแห้ง

ผกามาศ ชูสิทธิ์ และคณะ [34] ศึกษาเรื่องการใช้กากมะพร้าวและเส้นใยต้นข้าวโพด เป็นแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ความหนาแน่นสูง โดยใช้อัตราส่วนปูนซีเมนต์ : ทรายละเอียด : กากมะพร้าวและเส้นใยต้นข้าวโพด : น้ำเท่ากับ 1 : 0.2 : 0.05 : 0.3 อัตราส่วนกากมะพร้าวและเส้นใยต้นข้าวโพดมีทั้งหมด 5 อัตราส่วน ผลิตโดยเทลงแบบหล่อในอุณหภูมิปกติ จากผลการทดสอบ พบว่า อัตราส่วน C75 (กากมะพร้าว : เส้นใยต้นข้าวโพดเท่ากับ 0.0125 : 0.0375) เป็นอัตราส่วนที่ผ่านมาตรฐาน มอก. 878 - 2537

ผกามาศ ชูสิทธิ์ และคณะ [35] ศึกษาเรื่องการผลิตแผ่นผนังภายในอาคารที่ทำจากวัสดุเหลือทิ้งจากต้นสบู่ดำ โดยทำการทดลองที่สัดส่วนระหว่างต้นสบู่ดำกับกาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ที่ 85 : 15, 87 : 13, 89 : 11, 91 : 9, 93 : 7 และ 95 : 5 ผลการทดลอง พบว่า ขนาดของสบู่ดำที่ใช้อัดเป็นแผ่นควรไม่เกิน 2 เซนติเมตร สัดส่วนที่เหมาะสม ได้แก่ 89 : 11 (สัดส่วนระหว่างต้นสบู่ดำ ร้อยละ 89 ผสมกับกาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ ร้อยละ11 อุณหภูมิที่ใช้ในการอัดอยู่ที่ 120 องศาเซลเซียส

ปราโมทย์ วีรานุกูล และคณะ [36] ศึกษาเรื่องการใช้กากมะพร้าว ต้นข้าวโพดและเปลือกทุเรียนเป็นวัสดุประกอบชีวภาพทดแทนไม้ในแผ่นใยอัดความหนาแน่นปานกลาง พบว่าอัตราส่วน MM33 (เส้นใยมะพร้าว : เส้นใยต้นข้าวโพด : เส้นใยเปลือกทุเรียน เท่ากับ 0.3 : 0.33 : 0.33) และอัตราส่วน CC50 (เส้นใยมะพร้าว: เส้นใยต้นข้าวโพด: เส้นใยเปลือกทุเรียน เท่ากับ 0.50 : 0.25 : 0.25)

มีสมบัติทางกายภาพ และสมบัติทางกลผ่านตามที่มาตรฐานกำหนด นอกจากนี้แผ่นใยชีวภาพยังมีความเป็นฉนวนป้องกันความร้อนที่ดี

อาทิตยา กาญจนะ [37] ศึกษาเรื่องการศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้กากใบชาจากอุตสาหกรรมเครื่องดื่มทดแทนการใช้ชิ้นไม้สับในการผลิตแผ่นปาร์ติเกิล พบว่า กากใบชามีสมบัติใกล้เคียงกับชิ้นไม้ยางพาราซึ่งเป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมผลิตแผ่นปาร์ติเกิล โดยทำการผลิตแผ่น ปาร์ติเกิลที่มีส่วนผสมระหว่างกากใบชาและไม้ยางพาราใน 5 อัตราส่วนคือ 100:0, 60:40, 50:50, 40:60 และ 0:100 ผการทดลอง พบว่า แผ่นปาร์ติเกิลที่อัตราส่วน 50:50 และ 40:60 มีสมบัติเชิงกลผ่านเกณฑ์ที่มาตรฐานกำหนด คือ มีค่าความต้านทานแรงดัดเท่ากับ 12.74 และ 17.57 N/mm^2 มีค่าความมอดูลัสยืดหยุ่นเท่ากับ 1,985 และ 2,855 N/mm^2 และมีค่าความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าเท่ากับ 0.45 และ 0.57 N/mm^2 สามารถนำมาผลิตได้ในเชิงอุตสาหกรรมได้

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยเรื่องการพัฒนาผลิตภัณฑ์ซังข้าวโพดอัดขึ้นรูปเพื่องานประดิษฐ์ ทำให้เกิดผลิตภัณฑ์ใหม่และเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับซังข้าวโพด และได้สำรวจความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ซังข้าวโพดอัดขึ้นรูปเพื่องานประดิษฐ์ มีขั้นตอนและวิธีการดำเนินการวิจัยดังต่อไปนี้

3.1 วัตถุดิบและอุปกรณ์

3.1.1 วัตถุดิบ

3.1.1.1 ซังข้าวโพดบด (พันธุ์แปซิฟิก888) ตำบลเขาทอง อำเภอพยุหะคีรี จังหวัดนครสวรรค์

3.1.2 สารเคมี

3.1.2.1 กาวลาเท็กซ์ (TOA) โฮมมาร์ท

3.1.2.2 กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ (BOSNY) โฮมมาร์ท

3.1.2.3 สารเคลือบเงา (KOBE) โฮมมาร์ท

3.1.2.4 สารดูดความชื้น (ซิลิก้า ทราย) ศึกษาพันธุ์

3.1.3 อุปกรณ์

3.1.3.1 อุปกรณ์ในการทำแผ่นอัดซังข้าวโพด

1) เครื่องสับหยาบ (Mitsubishi รุ่น 24 N)

2) เครื่องชั่ง (MettlerToldo รุ่น PL3002)

3) เครื่องอัดร้อน (Lab Tech Engineeaing รุ่น LP-20N)

4) อ่างผสม ขนาด 21 เซมติเมตร

3.1.3.2 อุปกรณ์ในการประดิษฐ์

1) เลื่อยไฟฟ้าใบมีดคู่ (Suom รุ่น TC1255)

2) เครื่องขัดกระดาษทรายแบบสายพาน (Makita รุ่น 9401)

3) ไม้ฉาก

4) ดินสอ

5) บานพับ ขนาด 4 เซนติเมตร

6) กระดาษทรายละเอียด

7) ตะปู ขนาด 1.5 เซนติเมตร

8) ลานนาพิกา

3.1.3.3 อุปกรณ์ในการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ

1) เครื่องทดสอบอเนกประสงค์ (Hounsfield รุ่น AstmD 638)

2) เครื่องอบลมร้อน (Memmert รุ่น UN110)

3.2 วิธีดำเนินการวิจัย

3.2.1 ศึกษาอัตราส่วนผสมของวัตถุดิบก่อนอัดขึ้นรูป

นำซังข้าวโพดบดละเอียดผสมกับกาวลาเท็กซ์และกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ แบ่งการวิเคราะห์เป็น 2 ปัจจัย กาวลาเท็กซ์ 3 ระดับ คือ 30, 40 และ 50 กรัม กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 3 ระดับคือ 30, 40 และ 50 กรัม วางแผนการทดลองแบบ Factorial in CRD จะได้สิ่งทดลอง ทั้งหมด 9 สิ่งทดลอง ดังแสดงในตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 อัตราส่วนผสมของแผ่นอัดซังข้าวโพด ซังข้าวโพด: กาวลาเท็กซ์: กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์

สิ่งทดลองที่	ซังข้าวโพด (กรัม)	กาวลาเท็กซ์ (กรัม)	กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ (กรัม)
1	200	30	30
2	200	30	40
3	200	30	50
4	200	40	30
5	200	40	40
6	200	40	50
7	200	50	30
8	200	50	40
9	200	50	50

3.2.1.1 วิธีการเตรียมซังข้าวโพด

นำซังข้าวโพดเข้าเครื่องสับหยาบโดยใช้ตะแกรงขนาด 0.2 มิลลิเมตร เพื่อให้ซังข้าวโพดที่ออกมามีขนาดเล็กประมาณ 0.1 – 0.3 มิลลิเมตร และนำซังข้าวโพดที่ได้ มาชั่งด้วยเครื่องชั่ง 2 ตำแหน่ง ในอัตราส่วนที่กำหนดไว้ 200 กรัม จำนวน 9 สูตร ดังตารางที่ 3.1

รูปที่ 3.1 ซังข้าวโพดสับหยาบ

3.2.1.2 วิธีการเตรียมกาว

ชั่งกาวลาเท็กซ์ และกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ด้วยเครื่องชั่ง 2 ตำแหน่ง ตามอัตราส่วนที่กำหนดไว้ทั้ง 9 ส่วนดังตารางที่ 3.1

3.2.1.3 วิธีการการผสมซังข้าวโพดและกาวทั้ง 2 ชนิด

ซังข้าวโพดที่เตรียมไว้ใส่ลงในอ่างผสมใส่กาวลาเท็กซ์และกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ตามส่วนผสมแต่ละสูตร ดังตารางที่ 3.1 และรูปที่ 3.2 คลุกให้เข้ากันจนเป็นเนื้อเดียวกัน

(ก) (ข)

รูปที่ 3.2 การผสมซังข้าวโพดและกาวทั้ง 2 ชนิด

(ก) ใส่กาวลาเท็กซ์และกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ลงบนซังข้าวโพด

(ข) การผสมกาวทั้ง 2 ชนิดให้เข้ากับซังข้าวโพด

3.2.1.4 วิธีการอัดขึ้นรูป

ซังข้าวโพดที่ผสมกาว เสร็จแล้วมีขั้นตอนการอัดดังต่อไปนี้

1) ใส่ซังข้าวโพดที่ผสมกาว ลงในพิมพ์ขนาด 20×20 หนา 6 มิลลิเมตร

2) เกลี่ยส่วนผสมซังข้าวโพดให้เรียบเสมอจนเต็มแผ่นแม่พิมพ์

3) วางแผ่นสแตนเลสและแผ่นรองอัดปิดด้านบน

4) ใส่แม่พิมพ์เข้าเครื่องอัดร้อนอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เวลา 2 นาที

5) ใส่แม่พิมพ์ที่ช่องหล่อเย็นของเครื่อง 2 นาที นำออกจากเครื่อง

6) แผ่นอัดซังข้าวโพดสำเร็จออกจากแม่พิมพ์

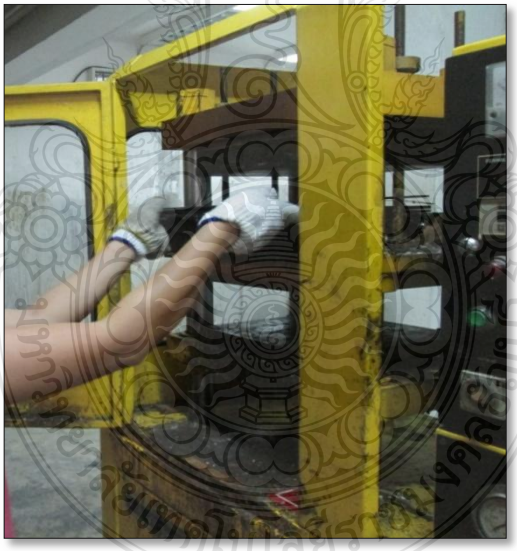
7) อัดส่วนผสมตั้งแต่ขั้นตอนที่ 1- 6 ทั้ง 9 สูตร จะได้แผ่นอัดซังข้าวโพด จำนวน 9 แผ่น ดังรูปที่ 3.5

(ก) (ข)

รูปที่ 3.3 การเตรียมอัดแผ่นซังข้าวโพด

(ก) แผ่นเตรียมอัด

(ข) การใส่ซังข้าวโพดที่ผสมกาวลงในแผ่นเตรียมอัด



รูปที่ 3.4 แม่พิมพ์เข้าเครื่องอัดร้อน

รูปที่ 3.5 แผ่นอัดซังข้าวโพดทั้ง 9 สูตร

3.2.2 การทดสอบสมบัติทางกายภาพของแผ่นอัดซังข้าวโพด

นำแผ่นอัดซังข้าวโพดทั้ง 9 สูตรตัดขนาด ตามมาตรฐานกำหนด เพื่อทดสอบความต้านทานแรงดัด ความต้านทานแรงดึง และความชื้น ทำทั้งหมด 3 ซ้ำ มีรายการทดสอบดังนี้

3.2.2.1 การทดสอบความต้านทานแรงดัด ตามมาตรฐานกรมโยธาธิการและผังเมือง มยผ. 1224 - 51 มาตรฐานการทดสอบกำลังต้านทานแรงดัดของไม้

3.2.2.2 การทดสอบความต้านทานแรงดึง ตามมาตรฐานกรมโยธาธิการและผังเมือง มยผ. 1225 - 51 มาตรฐานการทดสอบกำลังต้านทานแรงดึงและความต้านทานการแตกของไม้

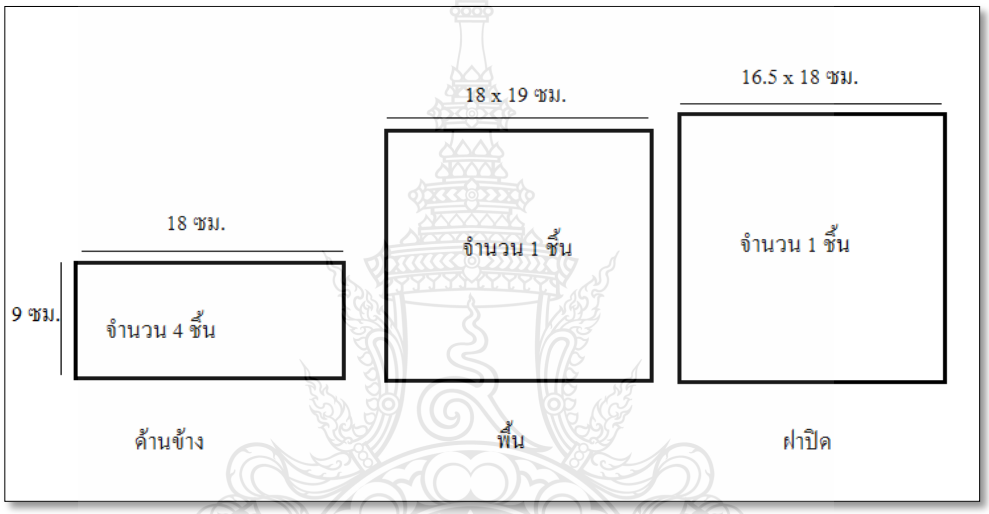
3.2.2.3 การทดสอบค่าความชื้น ตามมาตรฐานกรมโยธาธิการและผังเมือง มยผ. 1223 – 51 มาตรฐานการทดสอบหาค่าความชื้น

3.3 การเลือกแผ่นอัดซังข้าวโพด

ผู้วิจัยเลือกแผ่นอัดซังข้าวโพดจำนวน 1 สูตร โดยใช้เทคนิควิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพในการวิเคราะห์ เป็นการวิเคราะห์คุณสมบัติของส่วนประกอบของข้อมูลแต่ละชุด แล้วนำคุณสมบัติของส่วนประกอบของข้อมูล มาเปรียบเทียบเพื่อหาลักษณะร่วมที่เหมือนกัน [27]

3.4 การประดิษฐ์ผลิตภัณฑ์ซังข้าวโพดอัดขึ้นรูป

3.4.1 วิธีการออกแบบกล่องอเนกประสงค์และการประดิษฐ์กล่องอเนกประสงค์



รูปที่ 3.6 การออกแบบผลิตภัณฑ์กล่องอเนกประสงค์

3.4.1.1 ตัดแผ่นอัดซังข้าวโพดด้านข้างขนาด 18 ×9 เซนติเมตร พื้นขนาด 18×19 เซนติเมตร และ ฝาปิดขนาด 16.5×18 เซนติเมตร ดังรูปที่ 3.6

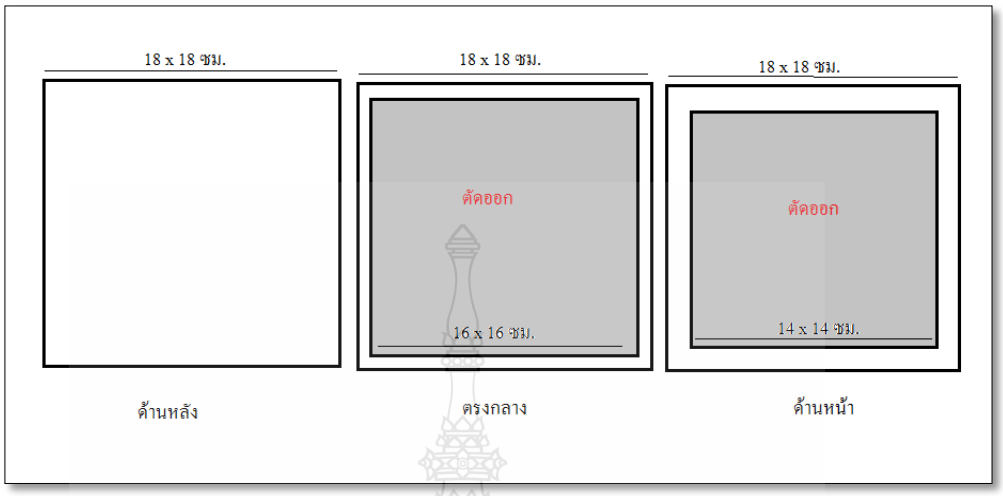
3.4.1.2 ขัดแผ่นอัดซังข้าวโพดด้วยเครื่องขัดกระดาษทรายแบบสายพาน

3.4.1.3 ประกอบแผ่นอัดซังข้าวโพดขนาด 18 × 9 เซนติเมตร เข้ากับพื้นขนาด 18×19 เซนติเมตร โดยกาวยูเรียฟอร์มัสดีไฮด์และตะปูขนาด 1.5 เซนติเมตร เป็นตัวยึดติดด้านใน

3.4.1.4 ติดแผ่นอัดซังข้าวโพดขนาด 16.5 × 18 เซนติเมตร โดยใช้บานพับเป็นตัวยึดติดระหว่างตัวกล่องกับฝา

3.4.1.5 ขัดด้วยกระดาษทรายละเอียดอีกครั้งและพ่นด้วยสารเคลือบเงา

3.4.2 วิธีการออกแบบกรอบรูปและการประดิษฐ์กรอบรูป



รูปที่ 3.7 การออกแบบผลิตภัณฑ์กรอบรูป

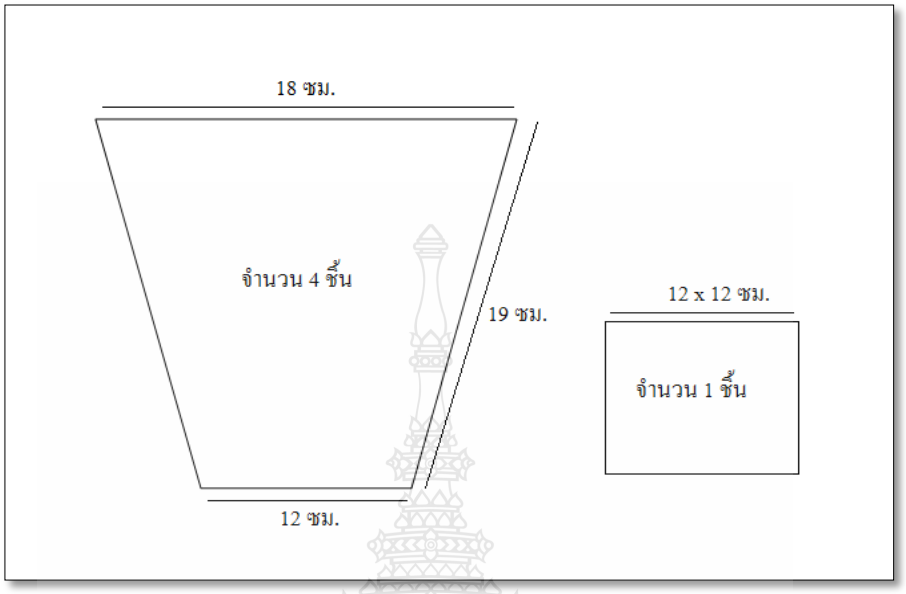
3.4.2.1 ตัดแผ่นอัดซังข้าวโพดด้านหลังขนาด 18 ×18 เซนติเมตร ตรงกลางขนาด 18×18 เซนติเมตร และ ด้านหน้าขนาด 18×18 เซนติเมตร และตัดช่องของแผ่นตรงกลางขนาด 16×16 เซนติเมตร ตัดช่องของแผ่นด้านหน้าขนาด 14×14 เซนติเมตร ดังรูปที่ 3.7

3.4.2.2 ขัดแผ่นอัดซังข้าวโพดด้วยเครื่องขัดกระดาษทรายแบบสายพาน

3.4.2.3 ประกอบชิ้นตรงกลางติดกลับแผ่นด้านหลัง และติดแผ่นด้านหน้าเข้ากับแผ่นตรงกลางโดยใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ยึดติด

3.4.2.4 ขัดด้วยกระดาษทรายละเอียดอีกครั้งหนึ่ง และพ่นด้วยสารเคลือบเงา

3.4.3 วิธีการออกแบบกระถางต้นไม้ประดิษฐ์และการประดิษฐ์กระถางต้นไม้ประดิษฐ์



รูปที่ 3.8 การออกแบบผลิตภัณฑ์กระถางต้นไม้ประดิษฐ์

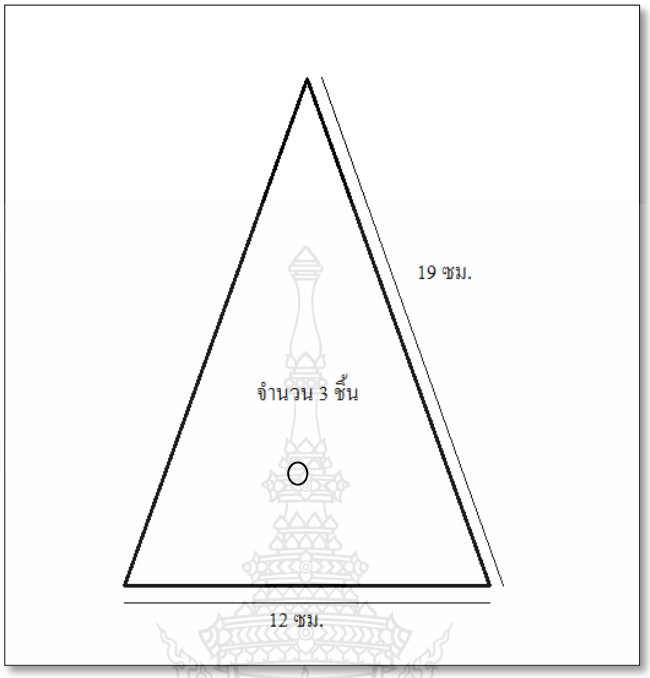
3.4.3.1 ตัดแผ่นอัดซังข้าวโพดเป็นรูปสี่เหลี่ยมคางหมู จำนวน 4 ชิ้น และสี่เหลี่ยมจัตุรัส จำนวน 1 ชิ้น ดังรูปที่ 3.8

3.4.3.2 ขัดแผ่นอัดซังข้าวโพดด้วยเครื่องขัดกระดาษทรายแบบสายพาน

3.4.3.3 ประกอบแผ่นสี่เหลี่ยมคางหมูทั้ง 4 แผ่นเข้าด้วยกัน และติดลงฐานโดยใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์เป็นตัวยึดติด

3.4.3.4 ขัดด้วยกระดาษทรายละเอียดอีกครั้งหนึ่งและพ่นด้วยสารเคลือบเงา

3.4.4 วิธีการออกแบบนาฬิกาและการประดิษฐ์นาฬิกา



รูปที่ 3.9 การออกแบบผลิตภัณฑ์นาฬิกา

3.4.4.1 ตัดแผ่นอัดซังข้าวโพดเป็นรูปสามเหลี่ยม จำนวน 3 ชิ้น ดังรูปที่ 3.9

3.4.4.2 ขัดแผ่นอัดซังข้าวโพดด้วยเครื่องขัดกระดาษทรายแบบสายพาน

3.4.4.3 ประกอบแผ่นสามเหลี่ยมทั้งสามแผ่นเข้าด้วยกันโดยใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์เป็นตัวยึดติด รอจนกาวแห้งและเจาะรูเพื่อใส่นาฬิกา

3.4.4.4 ขัดด้วยกระดาษทรายละเอียดอีกครั้งหนึ่งและพ่นด้วยสารเคลือบเงา

3.5 วิธีวิเคราะห์ข้อมูล

3.5.1 การวิเคราะห์ผลการทดสอบสมบัติทางกายภาพของแผ่นอัดซังข้าวโพด ใช้สถิติค่าเฉลี่ยจากผลการทดสอบ

3.5.2 การวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบสอบถาม จำนวน 120 คนในเขตพื้นที่จังหวัดอ่างทอง โดยนำข้อมูลจากแบบสอบถามวิเคราะห์หาค่าสถิติ ดังนี้

แบบสอบถามส่วนที่ 1 ข้อมูลพื้นฐานของผู้ตอบแบบสอบถาม ค่าร้อยละ

แบบสอบถามส่วนที่ 2 ความพึงพอใจของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ซังข้าวโพดอัดขึ้นรูปเพื่องานประดิษฐ์โดยแบ่งความพึงพอใจเป็น 5 ระดับคือ

คะแนน 5 หมายถึง ระดับความพึงพอใจมากดีที่สุด

คะแนน 4 หมายถึง ระดับความพึงพอใจมาก

คะแนน 3 หมายถึง ระดับความพึงพอใจปานกลาง

คะแนน 2 หมายถึง ระดับความพึงพอใจน้อย

คะแนน 1 หมายถึง ระดับความพึงพอใจปรับปรุง

การวิเคราะห์ข้อมูลส่วนที่ 2 ของแบบสอบถามทั้ง 2 ชุดใช้สถิติค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานในการประเมินความพึงพอใจใช้มาตราส่วนประเมิน (Rating Scale)

ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) ระหว่าง 4.51-5.00 หมายถึง พึงพอใจมากดีที่สุด

ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) ระหว่าง 3.51-4.50 หมายถึง พึงพอใจมาก

ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) ระหว่าง 2.51-3.50 หมายถึง พึงพอใจปานกลาง

ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) ระหว่าง 1.51-2.50 หมายถึง พึงพอใจน้อย

ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) ระหว่าง 1.00-1.50 หมายถึง พึงพอใจปรับปรุง

แบบสอบถามส่วนที่ 3 ความเหมาะสมของผลิตภัณฑ์ซังข้าวโพดอัดขึ้นรูปเพื่องานประดิษฐ์เมื่อวางจำหน่าย ค่าร้อยละ

แบบสอบถามส่วนที่ 4 ข้อเสนอแนะ

3.6 สถานที่ทำการทดลอง

3.6.1 ห้องปฏิบัติการ สาขาวิชาเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

3.6.2 ห้องปฏิบัติการ ภาควิชาวิศกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

3.6.3 ห้องปฏิบัติการ ภาควิชาวิศวกรรมวัสดุและโลหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

3.7 ระยะเวลาทำการวิจัย

ในการดำเนินงานวิจัยเรื่องนี้ เริ่มดำเนินการตั้งแต่เดือน พฤศจิกายน พ.ศ. 2556 – สิงหาคม พ.ศ. 2560

บทที่ 4
ผลการทดลอบและการวิจารณ์

การวิจัยเรื่อง การพัฒนาผลิตภัณฑ์ซังข้าวโพดอัดขึ้นรูปเพื่องานประดิษฐ์ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาลักษณะทั่วไปของซังข้าวโพดและอัตราส่วนผสมของวัตถุดิบก่อนการอัดขึ้นรูป ทดสอบสมบัติทางกายภาพของแผ่นอัดซังข้าวโพด ออกแบบและประดิษฐ์ผลิตภัณฑ์ซังข้าวโพดอัดขึ้นรูป และสำรวจความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ซังข้าวโพดอัดขึ้นรูปเพื่องานประดิษฐ์

4.1 ผลการทดลอบ

4.1.1 การศึกษาลักษณะทั่วไปของซังข้าวโพด

จากการศึกษาลักษณะทั่วไปของซังข้าวโพด พบว่า ซังข้าวโพดที่แห้งหลังจากผ่านกระบวนการสีเอาเมล็ดออกแล้วนั้นมีลักษณะเป็นสีขาวขุ่น บริเวณเปลือกที่หุ้มเม็ดมีลักษณะบางและหลุดออกจึงทำให้เกิดขุย ลักษณะของซังข้าวโพดเมื่อผ่าออกมีเยื่อสีขาวคล้ายฟองน้ำอยู่ภายในซังข้าวโพด

รูปที่ 4.1 ซังข้าวโพด

4.1.2 ผลการศึกษาอัตราส่วนผสมแผ่นอัดซังข้าวโพด

ผลการศึกษาอัตราส่วนผสมแผ่นอัดซังข้าวโพดโดยใช้ ซังข้าวโพด: กาวลาเท็กซ์: กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ จำนวน 9 สูตร ดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ผลการศึกษาสูตรแผ่นอัดซังข้าวโพด

สูตร	กรัม			รูปแผ่นอัดซังข้าวโพด	ลักษณะแผ่นอัดซังข้าวโพด
	ซังข้าวโพด	กาวลาเท็กซ์	กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮ		
1	200	30	30		สี เป็นสีน้ำตาลอ่อน ผิวสัมผัสหยาบและขรุขระไม่เรียบทั้ง 2 ด้าน
2	200	30	40		สี เป็นสีน้ำตาลอ่อนออกเหลือง ผิวสัมผัสหยาบและขรุขระไม่เรียบทั้ง 2 ด้าน
3	200	30	50		สี เป็นสีน้ำตาลออกออกเหลือง ผิวสัมผัสขรุขระทั้ง 2 ด้าน การยึดติดแน่นไม่มีเศษซังข้าวโพดหลุด

ตารางที่ 4.1 ผลการศึกษาสูตรแผ่นอัดซังข้าวโพด (ต่อ)

สูตร	กรัม			รูปแผ่นอัดซังข้าวโพด	ลักษณะแผ่นอัดซังข้าวโพด
	ซังข้าวโพด	กาวลาเท็กซ์	กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์		
4	200	40	30		สี เป็นสีน้ำตาลออกเหลือง ผิวสัมผัสหยาบและขรุขระ 2 ด้าน การยึด ติดมีความแน่น ไม่มี เศษซังข้าวโพดหลุด
5	200	40	40		สี เป็นสีน้ำเข้มออกเหลือง ผิวสัมผัสขรุขระทั้ง 2 ด้าน การยึดติดดี ไม่มีเศษซังข้าวโพดหลุดออก
6	200	40	50		สี เป็นสีน้ำตาลเข้มออกเหลือง ผิวสัมผัสขรุขระทั้ง 2 ด้าน การยึดติดแน่น ไม่มีเศษซังข้าวโพดหลุด

ตารางที่ 4.1 ผลการศึกษาสูตรแผ่นอัดซังข้าวโพด (ต่อ)

สูตร	กรัม			รูปแผ่นอัดซังข้าวโพด	ลักษณะแผ่นอัดซังข้าวโพด
	ซังข้าวโพด	กาวลาเท็กซ์	กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์		
7	200	50	30		สี เป็นสีน้ำตาลเข้มออกเหลือง ผิวสัมผัสหยาบและขรุขระ 2 ด้าน การยึดติดมีความแน่นไม่มีเศษซังข้าวโพดหลุด
8	200	50	40		สี เป็นสีน้ำตาลเข้มออกเหลือง ผิวสัมผัสหยาบขรุขระทั้ง 2 ด้าน การยึดติดแน่นไม่มีเศษซังข้าวโพดหลุด
9	200	50	50		สี เป็นสีน้ำตาลเข้มออกเหลือง ผิวสัมผัสขรุขระทั้ง 2 ด้าน การยึดติดแน่นไม่มีเศษซังข้าวโพดหลุด

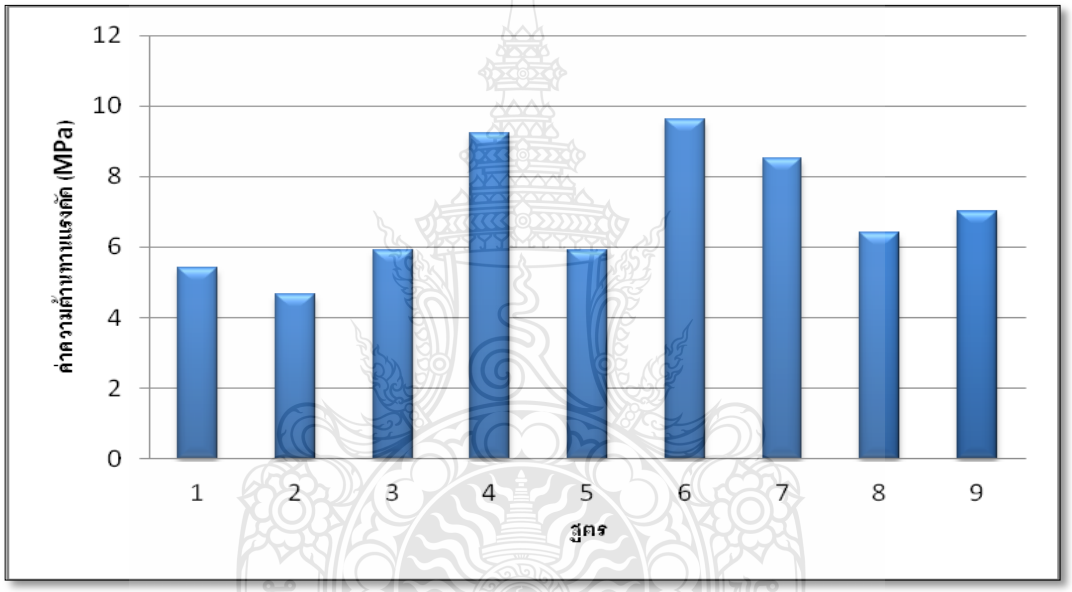
จากตารางที่ 4.1 ผลการศึกษาอัตราส่วนผสมแผ่นอัดซังข้าวโพดโดยใช้ ซังข้าวโพด: กาวลาเท็กซ์:กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ พบว่า แผ่นอัดซังข้าวโพดมีลักษณะเป็นสีน้ำตาลออกเหลือง ผิวสัมผัสหยาบขรุขระทั้ง 2 ด้าน การยึดติดแน่นไม่มีเศษซังข้าวโพดหลุดร่วงออกจากแผ่น

4.1.3 ผลการทดสอบสมบัติทางกายภาพของแผ่นอัดซังข้าวโพด

จากการทดสอบสมบัติทางกายภาพแผ่นอัดซังข้าวโพดในด้าน ความต้านทานแรงดัด ความต้านทานแรงดึง และค่าความชื้น

4.1.3.1 ความต้านทานแรงดัด

ค่าความต้านทานแรงดัดเป็นค่าที่แสดงถึง ความสามารถในการต้านทานการแตกหักหรือความแข็งแรงของชิ้นทดสอบ โดยนำค่าเฉลี่ยที่ได้ไปเปรียบเทียบกับมาตรฐานอุตสาหกรรม (มอก. 876-5247) ซึ่งกำหนดความหนาที่ 3.0 - 6.0 มิลลิเมตร ต้องมีค่าความต้านทานแรงดัดไม่น้อยกว่า 15 เมกะปาสคาล

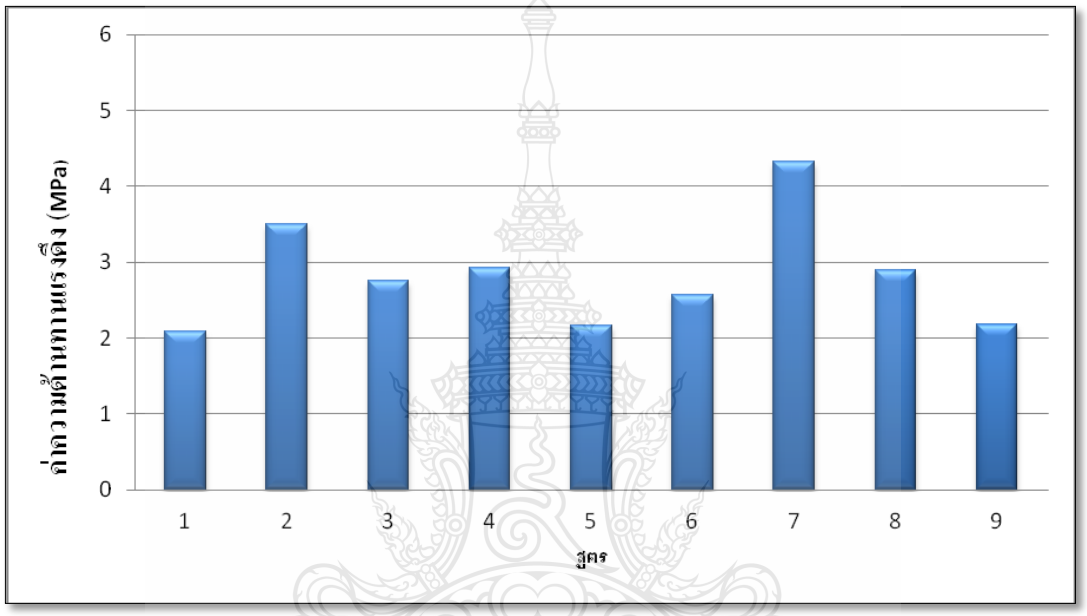


รูปที่ 4.2 ค่าความต้านทานแรงดัดของแผ่นอัดซังข้าวโพด

จากรูปที่ 4.2 ผลการทดสอบค่าความต้านทานแรงดัดของแผ่นอัดซังข้าวโพด พบว่า แผ่นอัดซังข้าวโพดสูตรที่ 6 มีค่าความต้านทานแรงดัดมากที่สุด รองลงมาคือสูตรที่ 4 แต่แผ่นอัดซังข้าวโพดสูตรที่ 3 และ สูตรที่ 5 มีค่าความต้านทานแรงดัดเท่ากัน ส่วนแผ่นอัดซังข้าวโพดสูตรที่ 2 มีค่าความต้านทานแรงดัดน้อยที่สุด เมื่อกาวลาเท็กซ์เพิ่มขึ้น กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ลดลง พบว่า แผ่นอัดซังข้าวโพดมีความแข็งแรงลดลง และเปราะแตกหักง่าย เมื่อกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์เพิ่มขึ้น กาวลาเท็กซ์ลดลง พบว่า แผ่นอัดซังข้าวโพดมีความแข็งและแน่นขึ้น

4.1.3.2 ความต้านทานแรงดึง

ความต้านทานแรงดึงเป็นค่าที่แสดงถึง ความสามารถของชิ้นทดสอบในการต้านทานการแตกหักหรือความแข็งแรงของชิ้นทดสอบโดยนำค่าเฉลี่ยที่ได้ไปเปรียบเทียบกับมาตรฐานอุตสาหกรรม (มอก. 876-2547) ซึ่งกำหนดความหนาที่ 3.0 - 6.0 มิลลิเมตร มีค่าความต้านทานแรงดึงไม่น้อยกว่า 0.45 เมกะปาสคาล

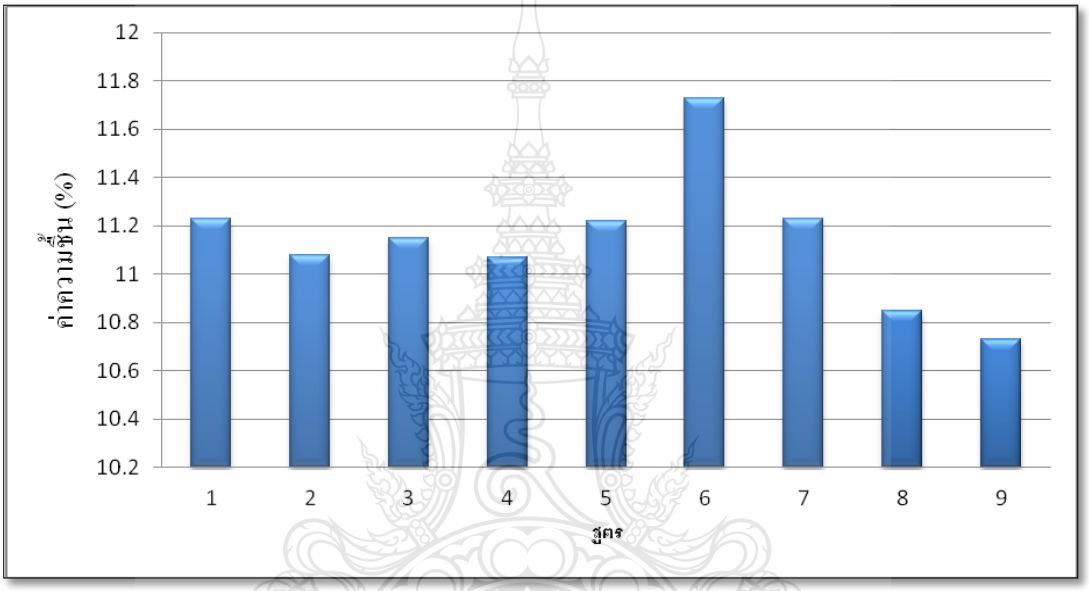


รูปที่ 4.3 ค่าความต้านทานแรงดึงของแผ่นอัดซังข้าวโพด

จากรูปที่ 4.3 ผลการทดสอบค่าความต้านทานแรงดึงของแผ่นอัดซังข้าวโพด พบว่า แผ่นอัดซังข้าวโพดสูตรที่ 7 มีค่าความต้านทานแรงดึงมากที่สุด รองลงมาคือสูตรที่ 2 และแผ่นอัดซังข้าวโพดสูตรที่ 1 มีค่าความต้านทานแรงดึงน้อยที่สุด เมื่อกาวลาเท็กซ์เพิ่มขึ้น กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ลดลง พบว่า แผ่นอัดซังข้าวโพดแตกและเปราะ เมื่อกาวยูเรียฟอร์มัลดิไฮด์เพิ่มขึ้นกาวลาเท็กซ์ลดลง พบว่า แผ่นอัดซังข้าวโพดมีความแข็งแรงและแห้งเร็ว

4.1.3.3 ค่าความชื้น

ค่าความชื้นแสดงถึงปริมาณความชื้นสมดุลกับสภาวะอากาศ ซึ่งความชื้นสัมพัทธ์ของบรรยากาศแต่ละที่มีความแตกต่างกันหากปริมาณความชื้นมากส่งผลให้ชิ้นทดสอบมีความแข็งแรงลดลง และร่วนเปราะแตกหักง่าย นำค่าเฉลี่ยที่ได้ไปเปรียบเทียบกับมาตรฐานกรมโยธาธิการและผังเมือง (มยผ.1223-51) ซึ่งกำหนดปริมาณความชื้นที่ ร้อยละ 10-ร้อยละ 13 พบว่าปริมาณความชื้นเป็นไปตามมาตรฐาน ในการวิจัยครั้งนี้ต้องการสูตรที่มีปริมาณความชื้นน้อยที่สุด



รูปที่ 4.4 ค่าความชื้นของแผ่นอัดซังข้าวโพด

จากรูปที่ 4.4 ผลการทดสอบค่าความชื้นของแผ่นอัดซังข้าวโพด พบว่า แผ่นอัดซังข้าวโพดสูตรที่ 6 มีค่าความชื้นมากที่สุด รองลงมา คือสูตรที่ 1 และ 7 มีค่าความชื้นเท่ากัน และแผ่นอัดซังข้าวโพดสูตรที่ 9 มีค่าความชื้นน้อยที่สุด เมื่อกาวลาเท็กซ์เพิ่มขึ้น กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ลดลง พบว่า แผ่นอัดซังข้าวโพดมีค่าความชื้นเพิ่ม เนื่องจากกาวลาเท็กซ์มีลักษณะเป็นของเหลวเมื่อถูกความร้อนทำให้กาวลาเท็กซ์เหลวมากขึ้น เมื่อกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์เพิ่มขึ้นกาวลาเท็กซ์ลดลง พบว่า แผ่นอัดซังข้าวโพดมีค่าความชื้นน้อย เนื่องจากซังข้าวโพดมีลักษณะที่แห้งและกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์เป็นกาวชนิดแข็งตัวเมื่อถูกความร้อน

4.1.3.4 ผลการวิเคราะห์แผ่นอัดซังโพด

ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยความแตกต่างของแผ่นอัดซังข้าวโพด ดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ผลการทดสอบสมบัติทางกายภาพของแผ่นอัดซังข้าวโพด

สิ่งทดลองที่	ซังข้าวโพด: กาวลาเท็กซ์:กาวยูเรียฟอร์มัลดิไฮด์	การทดสอบสมบัติทางกายภาพ		
		ความต้านทานแรงดัด (เมกะปาสคาล)	ความต้านทานแรงดึง (เมกะปาสคาล)	ค่าความชื้น (ร้อยละ)
1	200:30:30	5.39^{g}	2.08^{h}	11.23^{b}
2	200:30:40	4.67^{h}	3.50^{b}	11.08^{c}
3	200:30:50	5.92^{f}	2.75^{e}	11.15^{c}
4	200:40:30	9.23^{b}	2.92^{c}	11.07^{c}
5	200:40:40	5.92^{f}	2.16^{g}	11.22^{c}
6	200:40:50	9.63^{a}	2.56^{f}	11.73^{a}
7	200:50:30	8.50^{c}	4.32^{a}	11.23^{b}
8	200:50:40	6.39^{e}	2.89^{d}	10.85^{d}
9	200:50:50	7.01^{d}	2.18^{g}	10.73^{e}

หมายเหตุ : ตัวอักษร a, b, c, d, e, f, g, h ที่แตกต่างกันแสดงว่าค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) a หมายถึง มีค่าเฉลี่ยมากที่สุด และ h มีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด

จากตารางที่ 4.2 ผลการทดสอบสมบัติทางกายภาพของแผ่นอัดซังข้าวโพด พบว่า ความต้านทานแรงดัด ความต้านทานแรงดึง และค่าความชื้น ของแผ่นอัดซังข้าวโพดทั้ง 9 สิ่งทดลอง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยค่าความต้านทานแรงดัดของแผ่นอัดซังข้าวโพดในสิ่งทดลองที่ 6 และ 4 มีค่าความต้านทานแรงดัดมากอยู่ที่ 9.63 และ 9.23 เมกะปาสคาล รองลงมาคือสิ่งทดลองที่ 7 มีค่าความต้านทานแรงดัดอยู่ที่ 8.50 เมกะปาสคาล และสิ่งทดลองที่ 2 มีค่าความต้านทานแรงดัดน้อยอยู่ที่ 4.67 เมกะปาสคาล ตามมาตรฐานกำหนดไม่ต่ำกว่า 15 เมกะปาสคาล [18] จากงานวิจัยของ อนินท์ [26] กล่าวว่า ส่วนผสมจากซังข้าวโพดมากกว่ากาวเกินไปจึงทำให้มีการยึดติดระหว่าง ซังข้าวโพดกับ กาวยูเรียฟอร์มัสดิไฮด์ได้ไม่ดีเท่าที่ควร ค่าความต้านทานแรงดึงของแผ่นอัดซังข้าวโพดในสิ่งทดลองที่ 7 และ 2 มีค่าความต้านทานแรงดึงมากอยู่ที่ 4.32 และ 3.50 เมกะปาสคาล รองลงมาคือสิ่งทดลองที่ 4 มีค่าความต้านทานแรงดึงอยู่ที่ 2.92

เมกะปาสคาล และสิ่งทดลองที่ 1 มีค่าความต้านทานแรงดึงน้อยอยู่ที่ 2.08 เมกะปาสคาล ตามมาตรฐานกำหนด ไม่น้อยกว่า 0.45 เมกะปาสคาล [20] ปริมาณความชื้นของแผ่นอัดซังข้าวโพดในสิ่งทดลองที่ 6 มีปริมาณความชื้นมากอยู่ที่ ร้อยละ 11.73 รองลงมา คือสิ่งทอลองที่ 1 และ 7 มีปริมาณความชื้นอยู่ที่ ร้อยละ11.23 และสิ่งทดลองที่ 9 มีปริมาณความชื้นน้อยอยู่ที่ ร้อยละ 10.73 ตามมาตรฐานกำหนดอยู่ในช่วง ร้อยละ 10 - ร้อยละ 14 [20]

จากการศึกษาเทคนิคการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพสำหรับใช้ในการวิเคราะห์คุณสมบัติของส่วนประกอบของแผ่นอัดซังข้าวโพด ด้านความต้านทานแรงดัด ด้านความต้านทานแรงดึง และค่าความชื้น ทั้ง 9 สูตร พบว่า สูตรที่ 4 มีลักษณะ และสมบัติร่วมที่เหมือนกันทั้ง 3 ด้าน [27] ผู้วิจัยจึงเลือกแผ่นอัดซังข้าวโพดสูตรที่ 4 เพื่อออกแบบและประดิษฐ์ผลิตภัณฑ์จากแผ่นอัดซังข้าวโพด

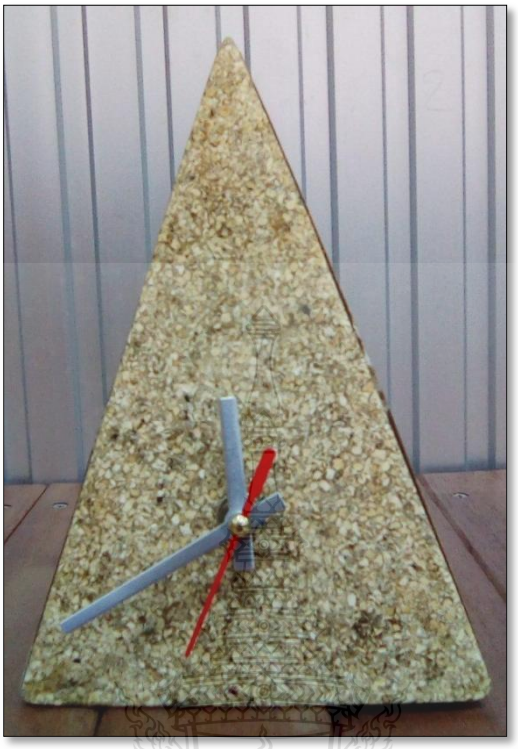
4.1.4 การออกแบบและประดิษฐ์ผลิตภัณฑ์ซังข้าวโพดอัดขึ้นรูป

จากการประดิษฐ์ผลิตภัณฑ์ซังข้าวโพดอันขึ้นรูปเพื่องานประดิษฐ์ พบว่า เมื่อนำแผ่นอัดซังข้าวโพดมาประดิษฐ์เป็นผลิตภัณฑ์ จำนวน 4 แบบ ได้แก่ กล่องอเนกประสงค์ กรอบรูป กระถางต้นไม้ประดิษฐ์ และนาฬิกา พบว่า ผลิตภัณฑ์ทั้งหมดมีความแข็งแรงและใช้งานได้จริง ดังรูปที่ 4.5 – 4.8

รูปที่ 4.5 กล่องอเนกประสงค์

รูปที่ 4.6 กรอบรูป

รูปที่ 4.7 กระถางต้นไม้ประดิษฐ์



รูปที่ 4.8 นาฬิกา

4.1.5 สำรวจความพึงพอใจของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ซังข้าวโพดอัดขึ้นรูปเพื่องานประดิษฐ์

ผลการสำรวจความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ซังข้าวโพดอัดขึ้นรูปเพื่องานประดิษฐ์ โดยมีผู้บริโภคตอบแบบสอบถาม จำนวน 120 คน ในเขตพื้นที่จังหวัดอ่างทอง โดยแบ่งข้อมูลออกเป็น 3 ส่วน ดังตารางที่ 4.3 - 4.5

ตารางที่ 4.3 ผลการสำรวจข้อมูลพื้นฐานของผู้บริโภค

ข้อมูลพื้นฐานของผู้บริโภค	จำนวน(คน)	ร้อยละ
1.เพศ		
ชาย	56	46.67
หญิง	64	53.33
รวมทั้งสิ้น	120	100.00
2.อายุ		
ต่ำกว่า 25 ปี	11	9.17
25 - 29 ปี	33	27.5
30 - 34 ปี	36	30.00
35 - 40 ปี	14	11.67
มากกว่า 40 ปี	26	21.66
รวมทั้งสิ้น	120	100.00
3. อาชีพ		
รับราชการ	48	40.00
พนักงานเอกชน	18	15.00
นักศึกษา	22	18.33
ประกอบอาชีพส่วนตัว	12	10.00
รับจ้างทั่วไป	20	16.67
รวมทั้งสิ้น	120	100.00

ตารางที่ 4.3 ผลการสำรวจข้อมูลพื้นฐานตัวของผู้บริโภค (ต่อ)

ข้อมูลพื้นฐานของผู้บริโภค	จำนวน (คน)	ร้อยละ
4. ระดับศึกษา		
มัธยมศึกษาตอนปลาย / ปวช.	17	14.17
ปวส. / อนุปริญญา	21	17.50
ปริญญาตรี	66	55.00
ปริญญาโท	16	13.33
รวมทั้งสิ้น	120	100.00
5. รายได้		
ต่ำกว่า 5,000 บาท	2	1.67
5,000 -10,000 บาท	25	20.83
10,001- 15,000 บาท	35	29.17
15,001- 20,000 บาท	27	22.50
20,001- 25,000 บาท	16	13.33
มากกว่า 25,000 บาท	15	12.50
รวมทั้งสิ้น	120	100.00

ตารางที่ 4.3 ผลการสำรวจข้อมูลพื้นฐานของผู้บริโภค พบว่า ผู้บริโภคส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง 64 คน คิดเป็นร้อยละ 53.33 ด้านอายุ พบว่า ผู้บริโภคส่วนใหญ่มีอายุ 30-34 ปี คิดเป็นร้อยละ 30.00 ด้านอาชีพ พบว่า ผู้บริโภคส่วนใหญ่มีอาชีพรับราชการ 48 คน คิดเป็นร้อยละ 40.00 ด้านระดับการศึกษา พบว่า ผู้บริโภคส่วนใหญ่ศึกษาระดับปริญญาตรี 66 คน คิดเป็นร้อยละ 55.00 และด้านรายได้ พบว่า ผู้บริโภคส่วนใหญ่มีรายได้ 10,001 – 15,000 บาท คิดเป็นร้อยละ 29.17

ตารางที่ 4.4 ความพึงพอใจของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ซังข้าวโพดอัดขึ้นรูปเพื่องานประดิษฐ์

รายละเอียดการประเมิน	ระดับความพึงพอใจ					$\bar{x}$	S.D.	ความหมาย
	5	4	3	2	1			
1. ลักษณะสีของผลิตภัณฑ์	34	75	11	-	-	4.19	0.57	มาก
2. ลักษณะผิวสัมผัสของผลิตภัณฑ์	38	65	17	-	-	4.17	0.65	มาก
3.ความมันเงาของผลิตภัณฑ์	27	63	30	-	-	3.97	0.69	มาก
4. วัสดุที่ใช้ในการผลิต	31	64	15	-	-	4.21	0.64	มาก
5. ความแข็งแรงของผลิตภัณฑ์	23	73	24	-	-	3.99	0.63	มาก
6. ความสวยงามของผลิตภัณฑ์	34	54	32	-	-	3.98	0.75	มาก
7. ใช้งานได้จริง	42	61	17	-	-	4.20	0.66	มาก
8. ความพึงพอใจโดยรวม	30	69	21	-	-	4.07	0.65	มาก
	ค่าเฉลี่ยรวม					4.10		

จากตารางที่ 4.4 ผลการสำรวจความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อการพัฒนาผลิตภัณฑ์ซังข้าวโพดอัดขึ้นรูปเพื่องานประดิษฐ์ พบว่า ผู้บริโภคส่วนใหญ่มีความพึงพอใจในด้าน วัสดุที่ใช้ในการผลิต ใช้งานได้จริง สีของผลิตภัณฑ์ ผิวสัมผัสของผลิตภัณฑ์ ความสวยงามของผลิตภัณฑ์ ความมันเงาของผลิตภัณฑ์ และความสวยงามของผลิตภัณฑ์ มีค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) เท่ากับ 4.21 4.20 4.19 4.14 3.99 3.97 และ 3.98 ส่วนความพึงพอใจโดยรวม มีค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) เท่ากับ 4.07 แสดงให้เห็นว่าผู้บริโภคจำนวน 120 คน มีความพึงพอใจต่อผลิตภัณฑ์ซังข้าวโพดอัดขึ้นรูปเพื่องานประดิษฐ์อยู่ในระดับมาก

ตารางที่ 4.5 ความพึงพอใจรูปแบบของผลิตภัณฑ์ซังข้าวโพดอัดขึ้นรูปเพื่องานประดิษฐ์

รายการ	จำนวน (คน)	ร้อยละ
1. รูปแบบของผลิตภัณฑ์		
มีความเหมาะสม	112	93.33
ไม่เหมาะสม	8	6.67
รวมทั้งสิ้น	120	100.00
2. ราคาของผลิตภัณฑ์		
50 – 100	44	36.67
101 -150	58	48.33
151 -200	18	15.00
รวมทั้งสิ้น	120	100.00
3. รูปแบบผลิตภัณฑ์ที่ต้องการ		
แจกันดอกไม้แห้ง	23	19.16
กระถางต้นไม้ประดิษฐ์	32	26.66
กรอบรูป	36	30.00
กล่องอเนกประสงค์	15	12.50
กล่องสำหรับแขวนกุญแจ	14	11.66
รวมทั้งสิ้น	120	100.00

ตารางที่ 4.5 ผลการสำรวจความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อการพัฒนาผลิตภัณฑ์ซังข้าวโพดอัดขึ้นรูปเพื่องานประดิษฐ์ ด้านรูปแบบผลิตภัณฑ์ พบว่า ผู้บริโภคส่วนใหญ่มีความคิดเห็นเหมาะสม ต่อผลิตภัณฑ์ซังข้าวโพดอัดขึ้นรูปเพื่องานประดิษฐ์ 112 คน คิดเป็นร้อยละ 93.33 ด้านราคา พบว่า ผู้บริโภคส่วนใหญ่มีความพึงพอใจราคา 101 - 150 บาท 58 คน คิดเป็นร้อยละ 48.33 ด้านของผลิตภัณฑ์ที่ต้องการ พบว่า ผู้บริโภคส่วนใหญ่มีความต้องการกรอบรูป 36 คน คิดเป็นร้อยละ 30.00

4.2 การวิจารณ์ผล

4.2.1 ลักษณะทั่วไปของซังข้าวโพดและอัตราส่วนผสมของวัตถุดิบก่อนการอัดขึ้นรูป

4.2.1.1 ลักษณะทั่วไปของซังข้าวโพด จากการศึกษาลักษณะทั่วไปของซังข้าวโพดพันธุ์แปซิกฟิก 888 พบว่า ซังข้าวโพดที่แห้งหลังจากผ่านกระบวนการสีเมล็ดออกมีลักษณะเป็นสีขาวครีม บริเวณเปลือกหุ้มเมล็ดบางและหลุดออกจากซังทำให้เกิดขุย ลักษณะภายในมีเยื่อสีขาวคล้ายฟองน้ำอยู่ภายใน

4.2.1.2 อัตราส่วนผสมของวัตถุดิบก่อนการอัดขึ้นรูป จากผลการศึกษาสูตรแผ่นอัดซังข้าวโพด ดังตารางที่ 4.1 พบว่าแผ่นอัดซังข้าวโพดสูตรที่ 4 มีความต้านทานต่อแรงดึง และค่าความชื้นน้อยที่สุด ลักษณะของแผ่นอัดซังข้าวโพดพบว่า แผ่นอัดซังข้าวโพดมีสีน้ำตาล ผิวสัมผัสหยาบไม่ละเอียดและขรุขระทั้ง 2 ด้าน เมื่อนำมาตัดด้วยเครื่องตัด พบว่า ไม่มีแรงหนืด ตัดง่าย ลักษณะซังข้าวโพดเมื่อผ่านกระบวนการบด พบว่า ซังข้าวโพดเป็นเมล็ดมีขนาดเล็ก0.1-0.3 มิลลิเมตร

4.2.2 สมบัติทางกายภาพของแผ่นอัดซังข้าวโพด

จากการทดสอบสมบัติทางกายภาพในด้านความต้านทานแรงดัด ความต้านทานแรงดึง และค่าความชื้น พบว่า ความต้านทานแรงดัดแผ่นอัดซังข้าวโพด จำนวน 9 สูตรไม่เป็นไปตามมาตรฐานอุตสาหกรรม (มอก.876-2547) ดังรูปที่ 4.2 แต่สามารถนำมาประดิษฐ์เป็นผลิตภัณฑ์ได้เนื่องจากผลิตภัณฑ์มีขนาดเล็กและไม่ต้องทนต่อแรงดัดเท่าไร ดังนั้นจึงเลือกสูตรที่มีค่าความต้านทานแรงดัดดี ความต้านทานแรงดึง และค่าความชื้น เป็นไปตามมาตรฐานอุตสาหกรรม (มอก.876-2547) และ มาตรฐานกรมโยธาธิการและผังเมือง (มยผ. 1223-51) ดังรูปที่ 4.3 และ 4.4 ลักษณะแผ่นอัดซังข้าวโพดที่เลือกคือสูตรที่ 4 เพื่อนำมาประดิษฐ์ผลิตภัณฑ์ พบว่า แผ่นอัดซังข้าวโพดมีสีน้ำตาล ผิวสัมผัสหยาบขรุขระทั้ง 2 ด้าน การยึดติดแน่นไม่มีเศษซังข้าวโพดหลุด ดังตารางที่ 4.1

4.2.3 การออกแบบและประดิษฐ์ผลิตภัณฑ์ซังข้าวโพด

จากการประดิษฐ์ผลิตภัณฑ์ซังข้าวโพดด้วยเทคนิคกรรมวิธีการอัดด้วยเครื่องอัดร้อน [17] แม่แบบมีขนาดเล็ก 20 × 20 จึงทำให้มีพื้นที่จำกัดในการประดิษฐ์ผลิตภัณฑ์ดังนั้นการเลือกประดิษฐ์ที่มีรูปทรงเหลี่ยมเป็นการทำให้สูญเสียพื้นที่น้อยเนื่องจากแผ่นอัดซังข้าวโพดมีขนาดจำกัด จากการประดิษฐ์ผลิตภัณฑ์ พบว่า ผลิตภัณฑ์มีผิวสัมผัสที่เรียบเนื่องจากผ่านกระบวนการขัดด้วยเครื่องขัดแบบสายพาน มีลักษณะเงามันเนื่องจากพ่นด้วยสารเคลือบเงา ดังรูปที่ 4.5 – 4.8

4.2.4 ความพึงพอใจของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ซังข้าวโพดอัดขึ้นรูปเพื่องานประดิษฐ์

ผลการสำรวจข้อมูลพื้นฐานของผู้บริโภค พบว่า ผู้บริโภคส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง 64 คน คิดเป็นร้อยละ 53.33 ด้านอายุ พบว่า ผู้บริโภคส่วนใหญ่มีอายุ 30- 34 ปี คิดเป็นร้อยละ 30.00 ด้านอาชีพ พบว่า ผู้บริโภคส่วนใหญ่มีอาชีพรับราชการ 48 คน คิดเป็นร้อยละ 40.00 ด้านระดับการศึกษา พบว่า ผู้บริโภคส่วนใหญ่ศึกษาระดับปริญญาตรี 66 คน คิดเป็นร้อยละ 55.00 และด้านรายได้ พบว่า ผู้บริโภคส่วนใหญ่มีรายได้ 10,001 ถึง 15,000 บาท คิดเป็นร้อยละ 29.17 ดังตารางที่ 4.3 ผลการสำรวจความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อการพัฒนาผลิตภัณฑ์ซังข้าวโพดอัดขึ้นรูปเพื่องานประดิษฐ์ พบว่า ผู้บริโภคส่วนใหญ่มีความพึงพอใจในด้าน ความสวยงามของผลิตภัณฑ์ ความมันเงาของผลิตภัณฑ์ ความสวยงามของผลิตภัณฑ์ ผิวสัมผัสของผลิตภัณฑ์ สีของผลิตภัณฑ์ ใช้งานได้จริง และวัสดุที่ใช้ในการผลิต มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.98 3.97 3.99 4.14 4.19 4.20 และ 4.21 ส่วนความพึงพอใจโดยรวม มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.07 แสดงให้เห็นว่าผู้บริโภคมีความพึงพอใจต่อผลิตภัณฑ์ซังข้าวโพดอัดขึ้นรูปเพื่องานประดิษฐ์ ได้แก่ กล่องอเนกประสงค์ กรอบรูป กระถางต้นไม้ประดิษฐ์ และนาฬิกา ผู้วิจัยได้ออกแบบให้สอดคล้องกับวัสดุงานประดิษฐ์ชนิดใหม่จึงทำให้ผู้บริโภคสนใจผลิตภัณฑ์ใหม่ซึ่งสามารถนำไปใช้งานได้จริง

ผลการสำรวจความพึงพอใจต่อรูปแบบผลิตภัณฑ์ซังข้าวโพดอัดขึ้นรูปเพื่องานประดิษฐ์อยู่ในระดับที่เหมาะสม คิดเป็นร้อยละ 93.33 ผู้บริโภคส่วนใหญ่มีระดับการศึกษาระดับปริญญาตรี ซึ่งมีรายได้ 10,001 – 15,000 บาท คิดเป็นร้อยละ 29.17 จึงสอดคล้องกับความพึงพอใจต่อราคาผลิตภัณฑ์ซังข้าวโพดอัดขึ้นรูปเพื่องานประดิษฐ์ อยู่ระหว่าง 101 - 150 บาท คิดเป็นร้อยละ 48.33 และนำไปใช้งานได้จริง ดังตารางที่ 4.3 และ 4.5

บทที่ 5
สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

การวิจัยเรื่อง การพัฒนาผลิตภัณฑ์ซังข้าวโพดอัดขึ้นรูปเพื่องานประดิษฐ์ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาลักษณะทั่วไปของซังข้าวโพดและอัตราส่วนผสมของวัตถุดิบก่อนการอัดขึ้นรูป ทดสอบสมบัติทางกายภาพของแผ่นอัดซังข้าวโพด ออกแบบและประดิษฐ์ผลิตภัณฑ์ซังข้าวโพดอัดขึ้นรูปและสำรวจความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ซังข้าวโพดอัดขึ้นรูปเพื่องานประดิษฐ์

5.1 ศึกษาลักษณะทั่วไปของซังข้าวโพด

จากผลการศึกษาลักษณะทั่วไปของซังข้าวโพด พบว่า ซังข้าวโพดที่แห้งแล้วนั้นมีสีขาวครีม เปลือกหุ้มเมล็ดบางและหลุดออกทำให้เกิดขุยทั่วซังข้าวโพด

5.2 สรุปผลการทดลอง

ผลการทดสอบสมบัติทางกายภาพของแผ่นอัดซังข้าวโพด จากผลการทดสอบแผ่นอัดซังข้าวโพดเพื่อนำไปทดสอบสมบัติทางกายภาพก่อนการอัดขึ้นรูปเพื่องานประดิษฐ์ ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นชิ้นไม้อัดชนิดราบ (มอก.876-2547) โดยสามารถวิเคราะห์ได้ดังนี้

5.2.1 ความต้านทานแรงดัด จากผลการทดสอบ พบว่า ทุกสูตรไม่เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นชิ้นไม้อัดชนิดราบ (มอก.876-2547)

5.2.2 ความต้านทานแรงดึง จากผลการทดสอบ พบว่า ทุกสูตรเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นชิ้นไม้อัดชนิดราบ (มอก.876-2547)

5.2.3 ความชื้น จากผลการทดสอบ พบว่า ทุกสูตรไปตามเกณฑ์ มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นชิ้นไม้อัดชนิดราบ (มอก.876-2547)

5.3 การออกแบบและประดิษฐ์ผลิตภัณฑ์ซังข้าวโพดอัดขึ้นรูป

จากการออกแบบและประดิษฐ์ผลิตภัณฑ์โดยเลือกสูตรที่ 4 มาใช้ในการประดิษฐ์ผลิตภัณฑ์ เนื่องจากสูตรที่ 4 มีความต้านทานแรงดัด ความต้านทานแรงดึง และค่าความชื้น เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับสูตรอื่น โดยใช้เทคนิควิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพในการวิเคราะห์

5.4 การสำรวจความพึงพอใจของผู้ตอบแบบสอบถามต่อผลิตภัณฑ์ซังข้าวโพดอัดขึ้นรูปเพื่องานประดิษฐ์

ผลการสำรวจความพึงพอของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ซังข้าวโพดอัดขึ้นรูปเพื่องานประดิษฐ์ พบว่า ผู้บริโภคส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง คิดเป็นร้อยละ 53.33 และเพศชาย ร้อยละ 46.67 ด้านอายุ พบว่า ผู้บริโภคส่วนใหญ่มีอายุ 30-34 ปี คิดเป็นร้อยละ 30.00 ด้านอาชีพ พบว่า ผู้บริโภคส่วนใหญ่มีอาชีพรับราชการ คิดเป็นร้อยละ 40.00 ด้านการศึกษา พบว่า ผู้บริโภคส่วนใหญ่ศึกษาระดับปริญญาตรี คิดเป็นร้อยละ 55.00 ด้านรายได้ พบว่า ผู้บริโภคส่วนใหญ่มีรายได้ 10,001- 15,000 บาท คิดเป็นร้อยละ 29.17 ส่วนความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อการพัฒนาผลิตภัณฑ์ซังข้าวโพดอันชิ้นรูปเพื่องานประดิษฐ์ พบว่า ผู้บริโภคมีความพึงพอใจในด้านวัสดุที่ใช้ในการผลิต มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.99 ใช้งานได้จริง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.92 และ ความแข็งแรงของผลิตภัณฑ์ ผลการสำรวจความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อการพัฒนาผลิตภัณฑ์ซังข้าวโพดอันขึ้นรูปเพื่องานประดิษฐ์ ด้านรูปแบบของผลิตภัณฑ์ส่วนใหญ่รูปแบบมีความเหมาะสม 112 คน คิดเป็นร้อยละ 93.33 รูปแบบไม่มีความเหมาะสม 8 คนคิดเป็นร้อยละ 6.67 ผลการสำรวจความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อการพัฒนาผลิตภัณฑ์ซังข้าวโพดอันขึ้นรูปเพื่องานประดิษฐ์ ด้านราคาของผลิตภัณฑ์ส่วนใหญ่พึงพอใจราคา 101 -150 บาท คิดเป็นร้อยละ 48.33 รองลงมาคือ 50 – 100 บาท คิดเป็นร้อยละ 36.67 และ 151 -200 บาท คิดเป็นร้อยละ 15.00 ผลการสำรวจความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อการพัฒนาผลิตภัณฑ์ซังข้าวโพดอันขึ้นรูปเพื่องานประดิษฐ์ ด้านรูปแบบของผลิตภัณฑ์ที่ต้องการส่วนใหญ่ต้องการกรอบรูป คิดเป็นร้อยละ 30.00 รองลงมาคือ กระถางต้นไม้ประดิษฐ์ คิดเป็นร้อยละ 26.67 แจกันดอกไม้แห้ง คิดเป็นร้อยละ 19.16 กล่องอเนกประสงค์ คิดเป็นร้อยละ 12.5 และกล่องสำหรับแขวนกุญแจ คิดเป็นร้อยละ 11.66

5.5 ข้อเสนอแนะ

5.5.1 ควรศึกษากาวธรรมชาติ

5.5.2 ควรใช้กาวที่ทำมาจากธรรมชาติในการผลิตผลิตภัณฑ์

5.5.3 ควรมีการออกแบบลวดลายในผลิตภัณฑ์

บรรณานุกรม

[1] เจษฎา มังกะโรทัย, “สมบัติเชิงกลของเส้นใยพอลิโพรพิลีนที่เติมผงถ่านจากซังข้าวโพด,” วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต, สาขาวิชาสิ่งทอ คณะวิศวกรรมศาสตร, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี, ปทุมธานี, 2554.

[2] สถานภาพเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร, โครงการศึกษาแนวทางบริหารจัดการเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรเพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงและลดการเกิดหมอกควัน, (ออนไลน์), สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ 2554, สืบค้นจาก: http://webkc.dede.go.th/ webmax (23 มีนาคม 2558).

[3] พันทิพา พงษ์เพียงจันทร์, “หลักการอาหารสัตว์,” พิมพ์ครั้งที่ 2 ปีที่2543. กรุงเทพมหานคร :โอเดียร์สโตร์.2543.

[4] สุทัศนี ศรีวัฒนพงษ์, “สารานุกรรมไทยสำหรับเยาวชน,” เล่มที่ 3 กรุงเทพมหานคร: โดยพระราชประสงค์ในพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว.

[5] ข้าวโพด, (ออนไลน์), ม.ป.ป., สืบค้นจาก: http:// www.baanjomyut.com/library_2/exetension-2/cerrals/02_3.html (23 มีนาคม 2558).

[6] สถาบันวิจัยพืชไร่ กรมวิชาการเกษตร, (ออนไลน์), ปีที่ 8 ฉบับที่ 3, กรกฎาคม- กันยายน 2552. สืบค้นจาก: http:// Posthaves Newsletter,http://as.doa.go.th (23 มีนาคม 2558).

[7] ทวีศักดิ์ ภู่หลำ, “ข้าวโพดหวาน การปรับปรุงพันธุ์และการปลูกเพื่อการค้า,” พิมพ์ครั้งที่1 ปีที่ 2540. กรุงเทพมหานคร:โอ.เอส.พริ้งติ้งเฮาส์, 2540.

[8] คุณค่าทางโภชนาการของข้าวโพด, (ออนไลน์), ม.ป.ป., สืบค้นจาก: http:// www.baanjomyut.com/library_2/ /exetension-2/cerrals/02_4.html (23 มีนาคม 2558).

[9] ภัทราภรณ์ ศิริเพ็ชร, “แผ่นดูดซับเสียงจากซังข้าวโพด”, การศึกษาค้นคว้าอิสระ, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพ, 2550.

[10] ไทยรัฐ, (ออนไลน์), “ซังข้าวโพด,” ฉบับพิมพ์วันที่ 10 มีนาคม 2559, สืบค้นจาก:www.thairath.co.th (30 มีนาคม 2559).

[11] ธนาวดี ลี้จากภัย, “กาวกับการเลือกใช้งาน,” บทความงานวิจัย, ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุศาสตร์แห่งชาติ, (ออนไลน์), ปีที่ 2551. สืบค้นจาก:http://www.vcharkarn.com/varticle/38229 (30 มีนาคม 2559).

บรรณานุกรม (ต่อ)

[12] ส่วนประกอบของวัสดุประสาน, (ออนไลน์), ม.ป.ป., สืบค้นจาก: http//:bangkblznews.com, (2 เมษายน 2558).

[13] กิจชัย จิตขจรวานิช, "กาว," วารสารวิชาการ, คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปกร, 2550.

[14] วาสนา เจริญวิเชียรฉาย, "การออกแบบผลิตภัณฑ์ของตกแต่งบ้านจากวัสดุเหลือใช้ ," คณะศิลปกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี, ปทุมธานี, 2552.

[15] มานะ อินพรมมี, "การออกแบบพัฒนาผลิตภัณฑ์ของฝาก ของที่ระลึกผลิตภัณฑ์ชุมชนในจังหวัดเพชรบูรณ์," งานการวิจัย, มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์, 2555.

[16] หลักการออกแบบผลิตภัณฑ์, (ออนไลน์), ม.ป.ป. , สืบค้นจาก: http:www.gotoknow.org/posts /417795 (25 เมษายน 2558).

[17] การออกแบบผลิตภัณฑ์, (ออนไลน์), ม.ป.ป. , สืบค้นจาก: http//www.netra.lpru.ac.th/weta/ch2 (25 เมษายน 2558).

[18] ดรรชนี พัทธวรากร, "เทคโนโลยีกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์พอลิเมอร์," เอกสารประกอบการสอน, ภาควิชาเคมีอุตสาหกรรม, คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2556.

[19] อรรถพล ตะเระ, "คุณสมบัติและการทดสอบวัสดุ," ภาควิชาเทคโนโลยีวัสดุ, คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยรามคำแหง, 2551.

[20] มาตรฐานกรมโยธาธิการและผังเมือง(1), มยผ. 1224-51, (ออนไลน์), สืบค้นจาก: http://eservices .dpt.go.th/eservice_5/standard/data/sdw/1221_7.pdf (29 เมษายน 2558).

[21] มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, มอก. 876-2547, (ออนไลน์), สืบค้นจาก:http://www.fio. co.th/p/tisi _fio/fulltext/TIS876-2547.pdf (29 เมษายน 2558).

[22] มาตรฐานกรมโยธาธิการและผังเมือง(2), มยผ. 1224-51 , (ออนไลน์), สืบค้นจาก: http:// eservices.dpt.go.th/eservice_5/standard/data/sdw/1221_7.pdf (29 เมษายน 2558).

[23] การประเมินผล, วิกีพีเดีย สรรานุกรมเสรี, (ออนไลน์), 9 มีนาคม 2556, สืบค้นจาก: http://www.wikipedia.org, (30 มีนาคม2558).

[24] ฉัตรศิริ ปิยะพิมลสิทธิ์, "ทฤษฎีการวัดและการทกสอบ," ภาควิชาการประเมินผลและวิจัย, คณะศึกษาศาสตร์,มหาวิทยาลัยทักษิณ, 2548.

บรรณานุกรม (ต่อ)

[25] ภานิดา ชัยปัญญา, “การวัดผลความพึงพอใจ,” (ออนไลน์), 2541, สืบค้นจาก: maitree3.dlogspot.com (15 เมษายน 2558).

[26] สุภางค์ จันทวานิช, “การวิเคราะห์ข้องมูลในการวิจัยเชิงคุณภาพ,” พิมพ์ครั้งที่ 20 กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2553.

[27] นุทิศ เอี่ยมใส่, “การพัฒนาผลิตภัณฑ์กระดาษจากต้น เปลือก และซังข้าวโพดโดยการมีส่วนร่วมของชุมชนม,” สถาบันวิจัยและพัฒนา, มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์, 2553.

[28] อภิรักษ์ สวัสดิ์กิจ, “การผลิตเชื่อเพลิงอัดแท่งจากขี้เถ้าแกลบผสมซังข้าวโพดและกะลามะพร้าวด้วยเทคนิคเอ็กซ์ทรูชั่นโดยใช้แป้งเปียกเป็นตัวประสาน,” ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยศรีปทุม, 2551.

[29] อนิมท์ มีมนต์, “การผลิตไม้อัดจากซังข้าวโพดสำหรับเป็นผนังฉนวนความร้อนในอาคาร,” สาขาวิศวกรรมศาสตร์และอุตสาหกรรมวิจัย, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี, 2552.

[30] นชานนท์ บุนนท์, “วัสดุปะสานและสวนผสมที่เหมาะสมสำหรับการอัดขึ้นรูปถ่านไม้,” รายงานวิจัย, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน นครราชสีมา, 2552.

[31] ชมธิดา ชื่นนิยม, “การศึกษาการเพิ่มมูลค่าของเศษซังข้าวโพดโดยการทำเป็นเชื่อเพลิงอัดแท่ง,” วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, 2553.

[32] สุจิน สุนีย์, “เครื่องอัดขึ้นรูปกระถางจากขุยและใยมะพร้าว,” โครงการวิจัย, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี, 2553.

[33] สังเวย เสวกวิหารี, “ศักยภาพด้านพลังงานของเชื่อเพลิงอัดแท่งจากเปลือกมังคุด,” รายงานการวิจัย, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร, 2555.

[34] ผกามาศ ชูสิทธิ์ และ ภาณุเดช ขัดเงางาม, “การพัฒนาแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์จากการประยุกต์ใช้เส้นใยธรรมชาติจากกากมะพร้าวและต้นข้าวโพด,” รายงานการวิจัย, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร, 2556.

[35] ผกามาศ ชูสิทธิ์, ภาณุเดช ขัดเงางาม และ เกษมชัย บุญเพ็ญ, “การผลิตแผ่นผนังภายในอาคารที่ทำจากวัสดุเหลือทิ้งจากต้นสบู่ดำ,” งานวิจัยสนับสนุนจากงบประมาณประจำปี 2555, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร, 2556.

บรรณานุกรม (ต่อ)

[36] ปราโมทย์ วีรานุกูล, จักรวัฒน์ เรื่องแรงสกูล, สัจจะชาญ พรัดมะลิ และ ประชุม คำพุฒ , "การใช้กากมะพร้าว ต้นข้าวโพดและเปลือกทุเรียนเป็นวัสดุประกอบชีวภาพทดแทนไม้ในแผ่นใยอัดความหนาแน่นปานกลาง," งานวิจัยสนับสนุนจากงบประมาณประจำปี 2554, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร, 2554.

[37] อาทิตยา กาญจนะ, "การศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้กากใบชาจากอุตสาหกรรมเครื่องดื่มทดแทนการใช้ชิ้นไม้สับในการผลิตแผ่นปาร์ติเกิล," วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาการจัดการเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, 2557.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
เอกสารตอบรับการเผยแพร่ผลงาน

ที่ ศธ 0522.14(04)/1066

สำนักบัณฑิตศึกษา
มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช
ตำบลบางพูด อำเภอปากเกร็ด
จังหวัดนนทบุรี 11120

4 ตุลาคม 2559

เรื่อง ตอบรับการนำเสนอผลงานวิจัยในการประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ มสธ. ครั้งที่ 6

เรียน นางสาวสุภิญญา ธาราดล

ตามที่ท่านได้สมัครเข้าร่วมการนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ มสธ. ครั้งที่ 6 ในวันที่ 25 พฤศจิกายน 2559 ณ อาคารเฉลิมพระเกียรติ 80 พรรษา มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช โดยส่งผลงาน **เรื่อง การพัฒนาผลิตภัณฑ์ซังข้าวโพดอัดขึ้นรูปเพื่องานประดิษฐ์** นั้นคณะกรรมการจัดการประชุมฯ ได้พิจารณาบทความของท่านเรียบร้อยแล้ว ขอแจ้งผลการพิจารณา ดังนี้

*ผลงานของท่าน ได้รับการตอบรับให้นำเสนอผลงานวิจัยในรูปแบบ**โปสเตอร์** (Poster Presentation) หมายเลขโปสเตอร์ของท่านคือ P-ST 016 กรุณาอ้างอิงหมายเลขโปสเตอร์ทุกครั้งที่ติดต่อกับคณะกรรมการฯ* และส่งแบบตอบรับการนำเสนอผลงานเพื่อยืนยันการเข้าร่วมเสนอผลงานภายในวันที่ 14 ตุลาคม 2559 เพื่อคณะกรรมการจะได้ดำเนินการจัดตารางการนำเสนอ

ทั้งนี้ท่านสามารถตรวจสอบกำหนดการประชุมได้ที่ http://grad-research.stou.ac.th และหากท่านต้องการสอบถามข้อมูลเพิ่มเติมกรุณาติดต่อที่นางสุพัตรา ทีนาคะ โทร 0 2504 7568-9

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบ และดำเนินการต่อไป

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วัลภา สบายยิ่ง)
ผู้อำนวยการสำนักบัณฑิตศึกษา

หมายเหตุ **คำอธิบายสำหรับผู้นำเสนอแบบโปสเตอร์** (Poster Presentation)

1. ให้ผู้นำเสนอจัดเตรียมโปสเตอร์ขนาด กว้าง 90 เซนติเมตร ยาว 100 เซนติเมตร โดยติดโปสเตอร์ในวันนำเสนอผลงานตามหมายเลขบอร์ดที่กำหนด
2. ในวันนำเสนอขอให้ผู้นำเสนอลงนามที่โต๊ะลงทะเบียนฝ่ายวิชาการเพื่อยืนยันการนำเสนอ สามารถตรวจสอบวันและเวลาที่นำเสนอผลงานได้ทาง http://grad-research.stou.ac.th
3. การนำเสนอผลงานต้องยืนประจำที่โปสเตอร์ในเวลาที่กำหนด 1 ชั่วโมง

สำนักบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช

ขอมอบเกียรติบัตรฉบับนี้ให้ไว้เพื่อแสดงว่า

สุภิญญา ธาราดล

เป็นผู้นำเสนอผลงานวิจัยแบบโปสเตอร์

การประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ครั้งที่ ๖

ณ วันที่ ๒๕ พฤศจิกายน พ.ศ. ๒๕๕๙

รองศาสตราจารย์ ดร.สุจินต์ วิศวธีรานนท์
รักษาการแทนรองอธิการบดีฝ่ายวิชาการและวิจัย

รองศาสตราจารย์ ดร.สมจินต์ สันถวรักษ์
รักษาการแทนอธิการบดีมหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช

ภาคผนวก ข

แบบสอบถามความพึงพอใจ

เรื่องการพัฒนาผลิตภัณฑ์ซังข้าวโพดอัดขึ้นรูปเพื่องานประดิษฐ์

แบบสอบถาม

เรื่อง การพัฒนาผลิตภัณฑ์ซังข้าวโพดอัดขึ้นรูปเพื่องานประดิษฐ์

เรียน ผู้ตอบแบบสอบถาม

แบบสอบถามนี้เป็นส่วนหนึ่งของการจัดทำวิทยานิพนธ์ หลักสูตรคหกรรมศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี เป็นแบบสอบถามความพึงพอใจที่มีต่อผลิตภัณฑ์ซังข้าวโพดอัดขึ้นรูปเพื่องานประดิษฐ์ ดังนั้นจึงใคร่ขอความร่วมมือจากท่าน ตอบแบบสอบถามให้สมบูรณ์ ข้อมูลทั้งหมดที่ท่านตอบ จะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการนำไปใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ซังข้าวโพดอัดขึ้นรูปเพื่องานประดิษฐ์ และข้อมูลนี้ใช้ประกอบการศึกษาวิทยานิพนธ์นี้เท่านั้น

<u>คำชี้แจง</u>

แบบสอบถามประกอบด้วย 3 ส่วน คือ

ส่วนที่ 1 ข้อมูลพื้นฐานของผู้ตอบแบบสอบถาม

ส่วนที่ 2 ข้อมูลเพื่อการพัฒนาผลิตภัณฑ์ซังข้าวโพดอัดขึ้นรูปเพื่องานประดิษฐ์

ส่วนที่ 3 ความเหมาะสมของผลิตภัณฑ์ซังข้าวโพดอัดขึ้นรูปเพื่องานประดิษฐ์เมื่อวางจำหน่าย

ส่วนที่ 4 ข้อเสนอแนะ

ขอขอบพระคุณอย่างยิ่ง ที่ให้ความร่วมมือเป็นอย่างดี ณ โอกาสนี้

ส่วนที่ 1 ข้อมูลพื้นฐานของผู้บริโภค

คำชี้แจง โปรดใส่เครื่องหมาย / ลงใน ☐ ให้ตรงตามความเป็นจริงและตรงกับความคิดเห็นของท่านมากที่สุด

1. เพศ

☐ ชาย ☐ หญิง

2. อายุ

☐ ต่ำกว่า 25 ☐ 25-29 ปี

☐ 30-34 ปี ☐ 35-40 ปี

☐ มากกว่า 40 ปี

3. อาชีพ

☐ รับราชการ ☐ พนักงานเอกชน

☐ นักศึกษา ☐ ประกอบอาชีพส่วนตัว

☐ อื่นๆ (โปรดระบุ).....

4. ระดับศึกษา

☐ มัธยมศึกษาตอนปลาย / ปวช. ☐ ปวส. / อนุปริญญา

☐ ปริญญาตรี ☐ ปริญญาโท

☐ อื่นๆ (โปรดระบุ).....

5. รายได้

☐ ต่ำกว่า 5,000 บาท ☐ 5,000-10,000 บาท

☐ 10,001- 15,000 บาท ☐ 15,001- 20,000 บาท

☐ 20,001- 25,000 บาท ☐ มากกว่า 25,000 บาท

ส่วนที่ 2 ความพึงพอใจของผู้บริโภคต่อ ผลิตภัณฑ์ซังข้าวโพดอัดขึ้นรูปเพื่องานประดิษฐ์

คำชี้แจง กรุณาใส่เครื่องหมาย / ลงในช่องประเมินความพึงพอใจ

เกณฑ์การให้คะแนน

คะแนน 5 หมายถึง ความพึงพอใจระดับดีมาก

คะแนน 4 หมายถึง ความพึงพอใจระดับดี

คะแนน 3 หมายถึง ความพึงพอใจระดับปานกลาง

คะแนน 2 หมายถึง ความพึงพอใจระดับน้อย

คะแนน 1 หมายถึง ความพึงพอใจระดับน้อยที่สุด

รายละเอียดการประเมิน	ระดับความพึงพอใจ				
	5	4	3	2	1
1. สีของผลิตภัณฑ์					
2. ผิวสัมผัสของผลิตภัณฑ์					
3. ความมันเงาของผลิตภัณฑ์					
4. วัสดุที่ใช้ในการผลิต					
5. ความแข็งแรงของผลิตภัณฑ์					
6. ความสวยงามของผลิตภัณฑ์					
7. ใช้งานได้จริง					
8. ความพึงพอใจโดยรวม					

ส่วนที่ 3 ความเหมาะสมของผลิตภัณฑ์ซังข้าวโพดอัดขึ้นรูปเพื่องานประดิษฐ์เมื่อวางจำหน่าย

คำจำกัดความ ผลิตภัณฑ์ซังข้าวโพดอัดขึ้นรูปเพื่องานประดิษฐ์ เป็นผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจากซังข้าวโพดที่เหลือจากการสีเอาเมล็ดออก เป็นการนำวัสดุธรรมชาติที่สามารถย่อยสลายได้เองตามธรรมชาติมาใช้ให้เกิดประโยชน์

1. รูปแบบของผลิตภัณฑ์ ( ) เหมาะสม
( ) ไม่เหมาะสม

2. ราคาของผลิตภัณฑ์ ( ) 50 -100 บาท

( ) 101 -150 บาท

( ) 151 – 200 บาท

3. รูปแบบผลิตภัณฑ์ที่ท่านต้องการ
(เลือกเพียง 1 ข้อ) ( ) แจกันดอกไม้แห้ง

( ) กระถางต้นไม้ประดิษฐ์

( ) กรอบรูป

( ) กล่องอเนกประสงค์

( ) กล่องสำหรับแขวนกุญแจ

อื่นๆ.....

ส่วนที่ 4 ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ภาคผนวก ค

มาตรฐานการทดสอบสมบัติทางกายภาพ

มาตรฐานการทดสอบไม้

มยพ. 1221-51: มาตรฐานการทดสอบกำลังต้านทานแรงอัดในแนวตั้งฉากเสี้ยนของไม้

มยพ. 1222-51: มาตรฐานการทดสอบกำลังต้านทานแรงอัดในแนวขนานเสี้ยนของไม้

มยพ. 1223-51: มาตรฐานการทดสอบหาค่าความชื้นของไม้

มยพ. 1224-51: มาตรฐานการทดสอบกำลังต้านทานแรงดัดของไม้

มยพ. 1225-51: มาตรฐานการทดสอบกำลังต้านทานแรงดึงและความต้านทานการแตกของไม้

มยพ. 1226-51: มาตรฐานการทดสอบกำลังต้านทานแรงเฉือนในแนวขนานเสี้ยนของไม้

มยพ. 1227-51: มาตรฐานการทดสอบหาค่าความถ่วงจำเพาะของไม้

สำนักควบคุมและตรวจสอบอาคาร
กรมโยธาธิการและผังเมือง
พ.ศ. 2551

มยผ. 1224-51
มาตรฐานการทดสอบกำลังต้านทานแรงดัดของไม้
(Standard Test Method for Static Bending of Timber)

1. ขอบข่าย

1.1 มาตรฐานการทดสอบนี้ ครอบคลุมถึงการหาคุณสมบัติทางกลของไม้ด้วยการทดสอบกำลังต้านทานแรงดัด เพื่อสังเกตพฤติกรรมของไม้ ลักษณะการแตกของไม้ที่จุดวิบัติเมื่อถูกแรงกระทำ และพิจารณาหาค่าที่ต้องการ คือ ค่าหน่วยแรงที่ผิวนอกของไม้ ณ ขีดปฏิภาค (Stress in Outer Fiber at Proportional Limit) โมดูลัสแตกร้าว (Modulus of Rupture) โมดูลัสยืดหยุ่น (Modulus of Elasticity) ค่าหน่วยแรงเฉือนสูงสุด (Maximum Shearing Stress) โมดูลัสคืนตัว (Modulus of Resilience) และลักษณะของการวิบัติ (Type of Failure)

1.2 ความหมายของคำ ชั้นคุณภาพและสัญลักษณ์ ที่ใช้ในมาตรฐานการทดสอบนี้ให้เป็นไปตาม มยผ. 1104 มาตรฐานงานไม้

1.3 มาตรฐานนี้ใช้หน่วย SI (International System Units) เป็นหลัก และใช้ค่าการแปลงหน่วยของ 1 กิโลกรัมแรง เท่ากับ 9.806 นิวตัน

2. นิยาม

"ค่าหน่วยแรงที่ผิวนอกของไม้ ณ ขีดปฏิภาค (S_P, Stress in Outer Fiber at Proportional Limit)" หมายถึง ค่าหน่วยแรงมากที่สุดที่กระทำบนผิวของไม้ ซึ่งไม้สามารถรับได้โดยไม่เกิดการเปลี่ยนรูปร่างถาวร (Permanent Deformation)

"โมดูลัสยืดหยุ่น (E, Modulus of Elasticity)" หมายถึง ค่าคุณสมบัติทางกลที่ใช้วัดพิกัดความแข็งแกร่ง (Stiffness) ของไม้ เมื่อมีแรงกระทำโดยหาได้จากอัตราส่วนของหน่วยแรงต่อความเครียด

"โมดูลัสแตกร้าว (R_u, Modulus of Rupture)" หมายถึง ค่าหน่วยแรงที่เกิดขึ้นจากแรงดัดสูงสุดที่กระทำแล้วทำให้ตัวอย่างไม้วิบัติ

"โมดูลัสคืนตัว (R_e, Modulus of Resilience)" หมายถึง ค่าคุณสมบัติทางกลที่ใช้วัดพิกัดความเหนียว (Toughness) หรือพิกัดของค่าขีดความสามารถต่อการต้านแรงกระแทก (Shock-Resistance) ของไม้เมื่อมีแรงกระทำที่ไม้

"ค่าหน่วยแรงเฉือนสูงสุด (S_{max}, Maximum Shearing Stress)" หมายถึง ค่าความสามารถของไม้ในการทนต่อแรงที่กระทำให้เนื้อไม้ส่วนหนึ่งเคลื่อนตัวหรือแยกหลุดออกจากเนื้อไม้อีกส่วนหนึ่งที่อยู่ติดกัน

"น้ำหนักประลัย (L_u, Ultimate Load)" หมายถึง น้ำหนักสูงสุดที่กระทำแล้วทำให้ตัวอย่างวิบัติ

3. มาตรฐานอ้างถึง

มาตรฐานที่ใช้อ้างถึงในมาตรฐานนี้ ประกอบด้วย

3.1 มาตรฐานกรมโยธาธิการและผังเมือง มยผ. 1104 : มาตรฐานงานไม้

4. เครื่องมือ

4.1 เครื่องทดสอบกำลังต้านทานแรงดัดของไม้ ที่สามารถให้น้ำหนักกดได้เพียงพอสำหรับช่วงที่ใช้งานได้

4.2 เครื่องมือวัดการแอ่นตัวของไม้ (Dial Gauge)

4.3 เวอร์เนียร์คาลิเปอร์

4.4 เครื่องชั่ง ที่อ่านได้ละเอียดถึง 0.1 กรัม และมีความถูกต้องในการชั่งได้ไม่น้อยกว่า ร้อยละ 0.2 ของมวลตัวอย่าง

5. การเตรียมตัวอย่าง

เตรียมไม้ตัวอย่างไสเรียบ (Dressed Timber) จำนวน 3 ตัวอย่าง โดยปราศจากตาหรือตำหนิและอยู่ในสภาพเรียบร้อยไม่มีรอยแตกขนาด 50X50X760 มิลลิเมตร

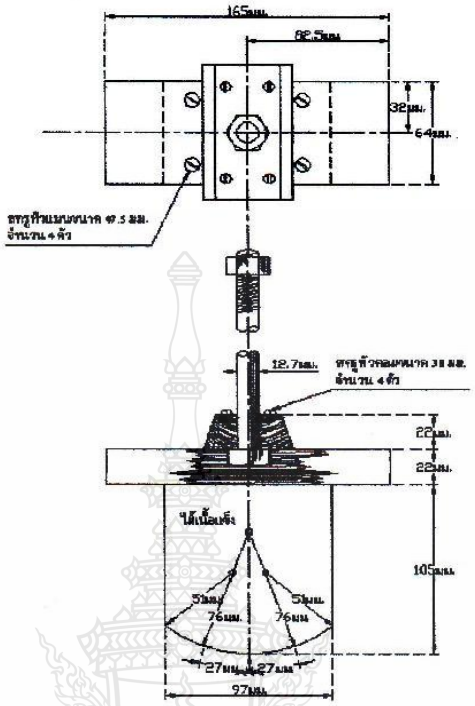
6. การทดสอบ

6.1 วัดขนาดของไม้ตัวอย่างโดยยอมให้มีความคลาดเคลื่อนได้ไม่เกินร้อยละ 0.3 ของขนาดที่วัด และทำการชั่งหามวลโดยยอมให้มีความคลาดเคลื่อนได้ไม่เกินร้อยละ 0.2 ของมวลตัวอย่าง

6.2 เขียนภาพสามมิติของไม้ตัวอย่างลงในแบบฟอร์ม บฟ. มยผ. 1224-3 โดยให้แสดงทิศทางและจำนวนวงปีที่หน้าตัดเพื่อใช้เป็นข้อมูลสำหรับการพิจารณาหลังการทดสอบ

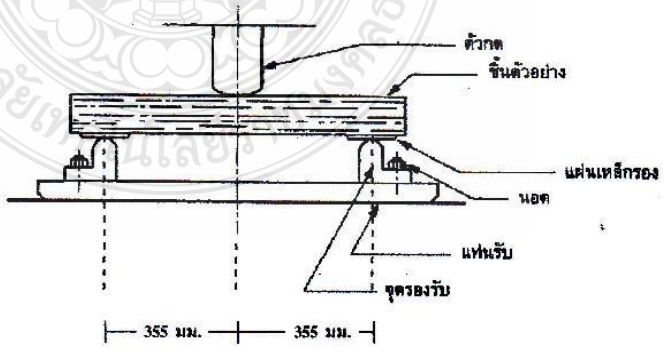
6.3 กำหนดตำแหน่งของจุดรองรับให้มีระยะห่างกัน 710 มิลลิเมตร โดยจุดรองรับให้มีลักษณะเป็นสันและมีแผ่นเหล็กรองระยะจากจุดรองรับถึงระยะกึ่งกลางคานจะต้องไม่เกินความลึกของตัวอย่าง และสามารถปรับเลื่อนทางด้านข้างได้เพื่อให้ตัวอย่างไม้สามารถบิดตัวได้เล็กน้อย

6.4 หัวกดให้มีลักษณะตามที่กำหนดไว้ใน ASTM D143 ดังแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 รายละเอียดของหัวกด (Bearing Block) ตามมาตรฐาน ASTM D143 (ข้อ 6.4)

6.5 วางไม้ตัวอย่างให้ผิวสัมผัสกับเส้นวงปี (Tangential Surface) ด้านที่อยู่ใกล้ไส้ไม้ (Pith) ที่สุดหงายขึ้น และให้เครื่องทดสอบกดน้ำหนักลงมาบริเวณกึ่งกลางคานตามที่แสดงไว้ในรูปที่ 2



รูปที่ 2 การทดสอบกำลังต้านทานแรงดัดของไม้ (ข้อ 6.5)

6.6 ปรับค่าเริ่มต้นของเครื่องมือวัดการแอ่นตัวของไม้ และเครื่องทดสอบให้อ่านค่าที่ขีดศูนย์

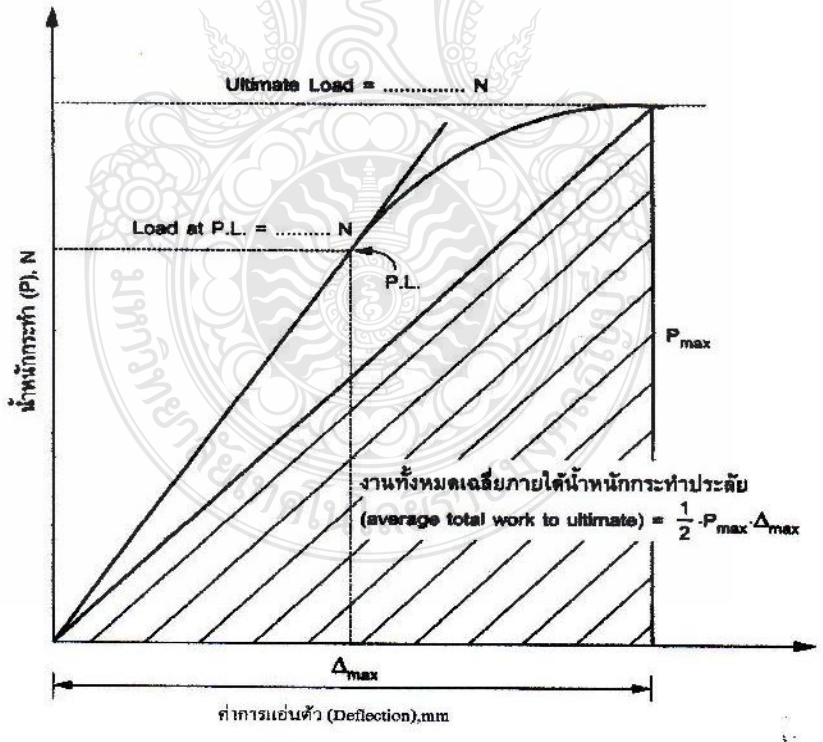
6.7 กดน้ำหนักต่อเนื่องอย่างช้า ๆ ด้วยความเร็ว 2.5 มิลลิเมตร ต่อนาที บันทึกค่าการแอ่นตัวที่กึ่งกลางของตัวอย่างไม้และน้ำหนักกดแต่ละครั้งที่เพิ่มขึ้นเป็นช่วงเท่า ๆกันให้ได้ไม่ต่ำกว่า 20 ค่า จนกว่าตัวอย่างไม้มีการแอ่นตัวไม่น้อยกว่า 150 มิลลิเมตร หรือจนกว่าตัวอย่างไม้วิบัติ และให้บันทึกค่าของน้ำหนักประลัย (Ultimate Load) ลงในแบบฟอร์ม บฟ. มยผ.1224-1 โดยให้บันทึกค่าการแอ่นตัวละเอียดถึง 0.02 มิลลิเมตร เมื่ออยู่ในช่วงขีดปฏิภาคหรือมีค่าการแอ่นตัวไม่เกิน 25 มิลลิเมตร หลังจากนั้นให้บันทึกละเอียดถึง 0.2 มิลลิเมตร ในแต่ละช่วงของน้ำหนักกระทำที่เพิ่มขึ้น

6.8 บันทึกลักษณะของการวิบัติที่ปรากฏหลังจากที่น้ำหนักถึงจุดประลัย ในแบบฟอร์ม บฟ. มยผ.1224-3

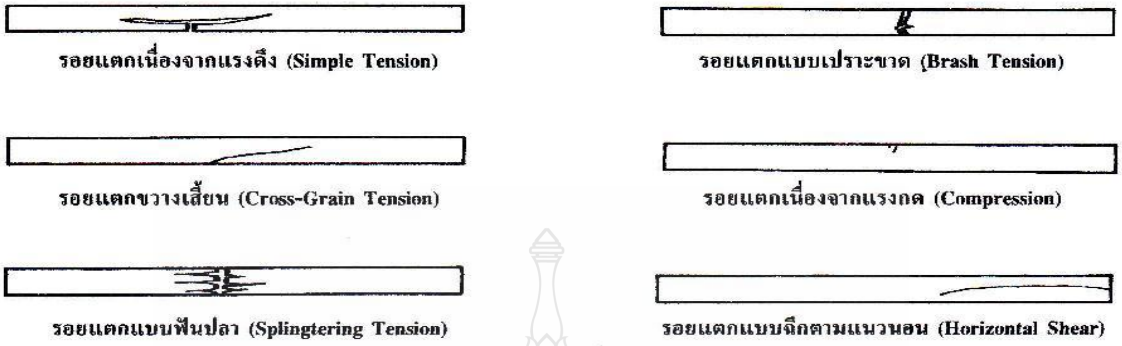
6.9 เก็บตัวอย่างไม้บริเวณที่วิบัติให้มีความยาว 25 มิลลิเมตร เพื่อทำการทดสอบหาค่าความชื้นของตัวอย่างไม้ โดยการทดสอบให้เป็นไปตาม มยผ. 1223 : มาตรฐานการทดสอบหาค่าความชื้นของไม้

6.10 เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักกระทำ (Load) และการแอ่นตัว (Deflection) ของไม้โดยให้น้ำหนักกระทำเป็นแกนตั้งและการแอ่นตัวเป็นแกนนอน ตามที่แสดงไว้ในรูปที่ 3

6.11 คำนวณหาค่าต่าง ๆ ที่ต้องการดังแสดงไว้ในแบบฟอร์ม บฟ. มยผ. 1224-2



รูปที่ 3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักที่กระทำกับค่าการแอ่นตัวของคาน (ข้อ 6.10)



รูปที่ 4 ลักษณะของการวิบัติแบบต่าง ๆ

7. การคำนวณ

ให้ดำเนินการคำนวณตามวิธีที่กำหนดไว้ในแบบฟอร์ม บฟ. มยผ. 1224-2 การทดสอบกำลังต้านทานแรงดัดของไม้

8. การรายงานผล

ให้รายงานผลตามแบบฟอร์ม บฟ. มยผ. 1224 - 1, บฟ. มยผ. 1224 - 2 และ บฟ. มยผ. 1224 - 3 การทดสอบกำลังต้านทานแรงดัดของไม้

9. เกณฑ์การตัดสินและความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้

ความสามารถในการรับแรงดัดของไม้ชนิดต่าง ๆ ให้เป็นไปตาม มยผ. 1104 : มาตรฐานงานไม้

10. ข้อควรระวัง

10.1 เครื่องมือทดสอบจะต้องได้รับการสอบเทียบและบำรุงรักษาอย่างสม่ำเสมอ เพื่อให้ค่าที่ได้จากการทดสอบมีความถูกต้อง

10.2 ไม้ตัวอย่างที่จะนำมาทดสอบต้องอยู่ในสภาพที่สมบูรณ์เรียบร้อย มีขนาดตามที่กำหนดเท่ากันตลอดทั้งท่อน และต้องไม่มีตำหนิในเนื้อไม้

10.3 ไม้ตัวอย่างที่จะนำมาทดสอบต้องวางในตำแหน่งที่ถูกต้อง และมั่นคงตามแนวที่กำหนด

10.4 สถานที่ทดสอบต้องเป็นที่ที่ไม่มีความสั่นสะเทือนมากเพราะจะทำให้ค่าที่อ่านจากเครื่องทดสอบมีความผิดพลาดได้ง่าย

10.5 การเพิ่มแรงกดลงบนไม้ตัวอย่าง ให้ดำเนินการเพิ่มแรงกดทีละน้อยอย่างช้า ๆ

มยผ. 1223-51
มาตรฐานการทดสอบหาค่าความชื้นของไม้
(Standard Test Methods for Direct Moisture Content Measurement of Wood)

1. ขอบข่าย

1.1 มาตรฐานการทดสอบนี้ครอบคลุมถึงการหาปริมาณความชื้นของไม้ด้วยวิธีการอบแห้ง

1.2 มาตรฐานการทดสอบนี้ใช้หน่วย SI (International System Units) เป็นหลัก

2. นิยาม

"ความชื้นของไม้" หมายถึง ปริมาณของน้ำที่มีอยู่ในเนื้อไม้ คิดเป็นร้อยละโดยมวลเทียบกับมวลของไม้ที่อบแห้ง

3. มาตรฐานอ้างถึง

มาตรฐานที่ใช้อ้างถึงในมาตรฐานนี้ ประกอบด้วย

3.1 มาตรฐานกรมโยธาธิการและผังเมือง มยผ. 1104 : มาตรฐานงานไม้

4. เครื่องมือ

4.1 ตู้อบที่สามารถควบคุมอุณหภูมิให้คงที่ได้ที่อุณหภูมิ 103 ± 2 องศาเซลเซียส โดยอากาศสามารถหมุนเวียนภายในตู้อบได้เพื่อให้มีอุณหภูมิมีความสม่ำเสมอและควรมีช่องระบายไอความชื้นน้ำออกได้ด้วย

4.2 เครื่องชั่งที่อ่านได้ละเอียดถึง 0.1 กรัม และมีความถูกต้องในการชั่งมวลได้ไม่น้อยกว่า ร้อยละ 0.1 ของมวลตัวอย่าง

5. การเตรียมตัวอย่าง

เตรียมไม้ตัวอย่างที่ไสเรียบ (Dressed Timber) และต้องไม่เคลือบสารเคมีมา 3 ตัวอย่าง โดยให้มีขนาดหน้าตัด 50×100 มิลลิเมตร มีความยาวตามแนวขนานเสี้ยน 25 มิลลิเมตร

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

6. การทดสอบ

6.1 ขจัดเสี้ยนไม้ที่เกาะอยู่ตามผิวของไม้ตัวอย่างออกและชั่งหามวลของไม้ตัวอย่าง โดยยอมให้คลาดเคลื่อนได้ไม่เกินร้อยละ 0.1 ของมวลตัวอย่าง ซึ่งมวลที่ชั่งได้นี้จะเป็นมวลของไม้ตัวอย่างก่อนอบแห้ง (Original Mass) บันทึกเป็นค่า A ในแบบฟอร์ม บฟ.มยผ. 1223

6.2 นำไม้ตัวอย่างเข้าในตู้อบโดยให้ความร้อนผ่านได้ทั่วถึงทุกท่อน ที่อุณหภูมิ 103 ± 2 องศาเซลเซียส ตรวจสอบมวลของไม้ตัวอย่างทุก ๆ ช่วงระยะเวลา 4 ชั่วโมง หรือจนกว่าไม้ตัวอย่างจะแห้งสนิทปราศจากความชื้นและมีมวลคงที่ จากนั้นนำไม้ตัวอย่างมาชั่งทันที โดยยอมให้คลาดเคลื่อนได้ไม่เกินร้อยละ 0.1 ของมวลตัวอย่าง ซึ่งมวลที่ชั่งได้นี้จะเป็นมวลของไม้ตัวอย่างหลังอบแห้ง (Oven-Dry Mass) บันทึกเป็นค่า B ในแบบฟอร์ม บฟ.มยผ. 1223

7. การคำนวณ

7.1 ปริมาณความชื้น (ร้อยละ) เท่ากับ

$$\frac{(\text{มวลของไม้ก่อนการอบแห้ง(A)} - \text{มวลของไม้หลังการอบแห้ง(B)}) \times 100}{\text{มวลของไม้หลังการอบแห้ง (B)}} \qquad (1)$$

8. การรายงานผล

ให้รายงานตามแบบฟอร์ม บฟ. มยผ. 1223 การทดสอบหาค่าความชื้นของไม้

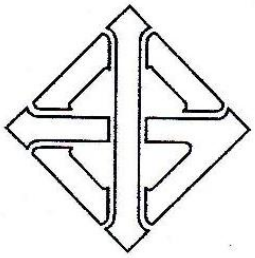
9. เกณฑ์การตัดสินและความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้

สำหรับไม้ที่ใช้ในงานโครงสร้างหลักควรมีปริมาณความชื้นอยู่ในช่วงร้อยละ 10 ถึง 14

10. ข้อควรระวัง

10.1 ไม้ตัวอย่างที่จะนำมาทดสอบต้องอยู่ในสภาพที่สมบูรณ์เรียบร้อย มีขนาดตามที่กำหนดเท่ากันตลอดทั้งท่อน และต้องไม่มีตำหนิในเนื้อไม้

10.2 การอบไม้ตัวอย่างไม่ควรอบนานเกินความจำเป็น และไม่ควรเกินกว่าอุณหภูมิที่กำหนดไว้ (103 ± 2 องศาเซลเซียส)



มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

THAI INDUSTRIAL STANDARD

มอก. 876– 2547

แผ่นชิ้นไม้อัดชนิดอัดราบ

FLAT PRESSED PARTICLEBOARDS

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

กระทรวงอุตสาหกรรม

ICS 79.060.20

ISBN 974-687-210-9

ตารางที่ 1 คุณลักษณะที่ต้องการอื่นๆ

(ข้อ 6.5)

ลำดับที่	คุณลักษณะ	เกณฑ์ที่กำหนด							วิธีทดสอบตาม
		ความหนา มิลลิเมตร							
		3.0 ถึง 6.0	เกิน 6.0 ถึง 13.0	เกิน 13.0 ถึง 20.0	เกิน 20.0 ถึง 25.0	เกิน 25.0 ถึง 32.0	เกิน 32.0 ถึง 40.0	เกิน 40.0 ถึง 50.0	
1	การพองตัวตามความหนา % ไม่เกิน	12	12	12	12	12	12	12	ข้อ 9.7
2	ความต้านแรงดัด MPa *								ข้อ 9.8
	ไม่น้อยกว่า	15	14	13	11.5	10	8.5	7	
3	มอดุลัสยืดหยุ่น MPa ไม่น้อยกว่า	1 950	1 800	1 600	1 500	1 350	1 200	1 050	ข้อ 9.8
4	ความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า								ข้อ 9.9
	MPa ไม่น้อยกว่า	0.45	0.40	0.35	0.30	0.25	0.20	0.20	
5	ความยึดแน่นของผิวหน้า MPa								EN 311
	ไม่น้อยกว่า	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	
6	ความยึดเหนี่ยวของตะปูเกลียว N								ข้อ 9.10
	ไม่น้อยกว่า								
	- ด้านผิว	-	-	360**	360	360	360	360	
	- ด้านขอบ	-	-	360**	360	360	360	360	

หมายเหตุ * *1 MPa เท่ากับ 1 N/mm²*

** *หมายถึง ทดสอบเฉพาะที่ความหนา 15.0 mm ถึง 20.0 mm*

\- *หมายถึง ไม่ต้องทดสอบ*

6.3 ปริมาณความชื้น (moisture content)

ปริมาณความชื้นเฉลี่ยต้องอยู่ในช่วง 4 % ถึง 13 %

การทดสอบให้ปฏิบัติตามข้อ 9.5

6.4 ปริมาณฟอร์มาลดีไฮด์

6.4.1 แผ่นชิ้นไม้อัดชั้นคุณภาพ 1

ปริมาณฟอร์มาลดีไฮด์ ไม่มากกว่า 8 mg/100 g

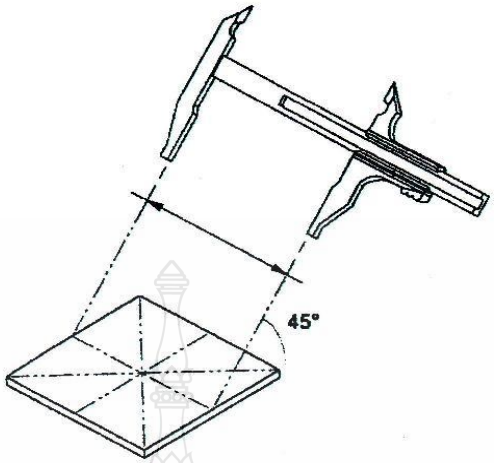
6.4.2 แผ่นชิ้นไม้อัดชั้นคุณภาพ 2

ปริมาณฟอร์มาลดีไฮด์ มากกว่า 8 mg/100 g ถึง 30 mg/100 g

การทดสอบให้ปฏิบัติตามข้อ 9.6

6.5 คุณลักษณะที่ต้องการอื่น ๆ

ให้เป็นไปตามตารางที่ 1



รูปที่ 4 แสดงวิธีวัดความกว้าง ความยาวของชิ้นทดสอบ
(ข้อ 9.4.2.3)

9.4.3 วิธีคำนวณ

หาค่าความหนาแน่นจากสูตร

$$\text{ความหนาแน่น กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร} = \frac{m}{V} \times 10^6$$

เมื่อ m คือ มวลของชิ้นทดสอบ เป็น กรัม

V คือ ปริมาตรของชิ้นทดสอบ เป็น ลูกบาศก์มิลลิเมตร

9.4.4 การรายงานผล

รายงานค่าความหนาแน่นและความหนาแน่นเฉลี่ย

9.5 ปริมาณความชื้น

9.5.1 เครื่องมือ

(1) เครื่องชั่ง ที่ชั่งได้ละเอียดถึง 0.01 g

(2) ตู้อบ ที่สามารถควบคุมอุณหภูมิให้คงที่ที่ $(103 \pm 2)^\circ C$

(3) เดซิเคเตอร์

9.5.2 วิธีทดสอบ

9.5.2.1 ชั่งชิ้นทดสอบซึ่งผ่านการทดสอบตามข้อ 9.4 แล้ว ให้ได้มวลที่แน่นอน ถึง 0.01 g เป็นมวลของชิ้นทดสอบก่อนอบ

9.5.2.2 อบชิ้นทดสอบในตู้อบที่อุณหภูมิ $(103 \pm 2)^\circ C$ จนได้มวลคงที่ คือมวลของชิ้นทดสอบ เมื่อชั่ง 2 ครั้งที่เวลาห่างกัน 6 h ต้องไม่แตกต่างกันเกิน 0.1 % ของมวลของชิ้นทดสอบ

9.5.2.3 นำมาใส่ในเดซิเคเตอร์ปล่อยไว้ให้เย็น

9.5.2.4 ชั่งชิ้นทดสอบ เป็นมวลของชิ้นทดสอบหลังอบแห้ง

9.5.3 วิธีคำนวณ

หาค่าปริมาณความชื้นจากสูตร

$$\text{ปริมาณความชื้น ร้อยละ} = \frac{m_1 - m_2}{m_2} \times 100$$

เมื่อ m_1 คือ มวลของชิ้นทดสอบก่อนอบ เป็น กรัม

m_2 คือ มวลของชิ้นทดสอบหลังอบแห้ง เป็น กรัม

9.5.4 การรายงานผล

รายงานค่าเฉลี่ยของปริมาณความชื้น

9.6 ปริมาณฟอร์มาลดีไฮด์

9.6.1 การเตรียมชิ้นทดสอบ

ตัดตัวอย่างเป็นชิ้นทดสอบกว้าง 25 mm ยาว 25 mm ให้ได้มวลประมาณ 500 g

9.6.2 วิธีทดสอบ

ให้ปฏิบัติตาม BS EN 120

หมายเหตุ *การทดสอบปริมาณฟอร์มาลดีไฮด์ ให้ใช้วิธีอื่นที่เทียบเท่าได้ โดยใช้เกณฑ์กำหนดและวิธีทดสอบ (รวมทั้งการเตรียมชิ้นทดสอบ) ต้องสอดคล้องกันดังในภาคผนวก ข. ในกรณีที่มีข้อโต้แย้งให้ใช้วิธีตาม BS EN 120 เป็นวิธีตัดสิน*

9.7 การพองตัวตามความหนา

9.7.1 เครื่องมือ

ไมโครมิเตอร์หรือเครื่องมือวัดความหนาที่เทียบเท่า ที่วัดได้ละเอียดถึง 0.05 mm ซึ่งมีส่วนของแป้นวัดเรียบและขนานกัน และมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 mm ถึง 20 mm

9.7.2 วิธีทดสอบ

9.7.2.1 ทำเครื่องหมายตำแหน่งที่วัดความหนาตามรูปที่ 3 วัดความหนาของชิ้นทดสอบ เป็นความหนาก่อนแช่น้ำ

9.7.2.2 แช่ชิ้นทดสอบในน้ำสะอาดที่อุณหภูมิ (20 ± 2) °C โดยตั้งชิ้นทดสอบให้ได้ฉากกับระดับผิวน้ำให้ขอบบนอยู่ใต้ระดับผิวน้ำ ประมาณ 25 mm แต่ละชิ้นต้องห่างจากกัน และต้องห่างจากผนังและก้นภาชนะที่ใส่ ไม่น้อยกว่า 10 mm

9.7.2.3 เมื่อแช่ชิ้นทดสอบครบ 1 h แล้ว รีบนำชิ้นทดสอบขึ้นมาซับน้ำที่ผิวออกให้หมดด้วยผ้าหมาด แล้วปล่อยไว้ที่อุณหภูมิห้อง โดยวางให้ขอบด้านใดด้านหนึ่งอยู่บนแผ่นวัสดุที่ไม่ดูดซึมน้ำ เช่น พลาสติก กระจก

9.7.2.4 ปล่อยชิ้นทดสอบไว้อีก 1 h แล้วนำชิ้นทดสอบขึ้นมาวัดความหนาตามตำแหน่งเดิม เป็นความหนาหลังแช่น้ำ

9.7.3 วิธีคำนวณ

หาค่าการพองตัวตามความหนา จากสูตร

$$\text{การพองตัวตามความหนา ร้อยละ} = \frac{t_2 - t_1}{t_1} \times 100$$

เมื่อ t_1 คือ ความหนาของชิ้นทดสอบก่อนแช่น้ำ เป็น มิลลิเมตร

t_2 คือ ความหนาของชิ้นทดสอบหลังแช่น้ำ เป็น มิลลิเมตร

9.7.4 การรายงานผล

รายงานค่าเฉลี่ยของการพองตัวตามความหนา เป็นร้อยละ

9.8 ความต้านแรงดัดและมอดุลัสยืดหยุ่น

9.8.1 เครื่องมือ

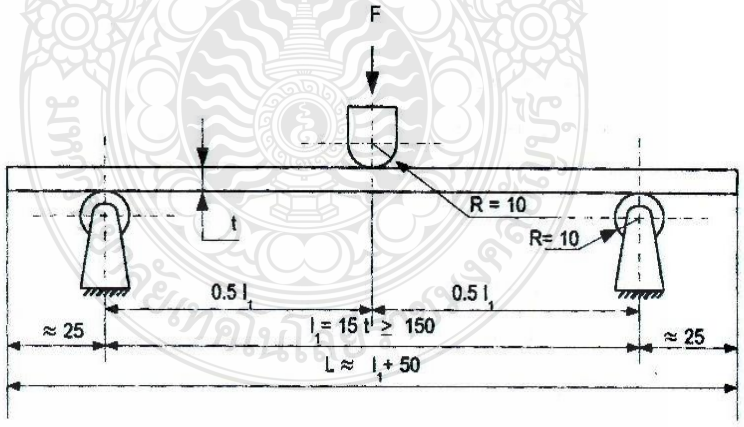
9.8.1.1 เครื่องกด ซึ่งวัดแรงกดได้ละเอียดถึง 5 N หรือ 5 % ของแรงกดสูงสุดที่ชิ้นทดสอบรับได้ แท่งกดต้องมีปลายส่วนที่ใช้กดเป็นรูปครึ่งวงกลม มีรัศมีประมาณ 10 mm และมีความยาวของแท่งกดไม่น้อยกว่าความกว้างของชิ้นทดสอบ

9.8.1.2 แท่งรองรับ ต้องมีลักษณะหน้าตัดเป็นรูปวงกลม หรือรูปครึ่งวงกลม มีรัศมีประมาณ 10 mm และมีความยาวของแท่งรองรับไม่น้อยกว่าความกว้างของชิ้นทดสอบ

9.8.1.3 เครื่องวัดการแอ่นตัว ซึ่งอ่านค่าได้ละเอียดถึง 0.1 mm

9.8.2 วิธีทดสอบ

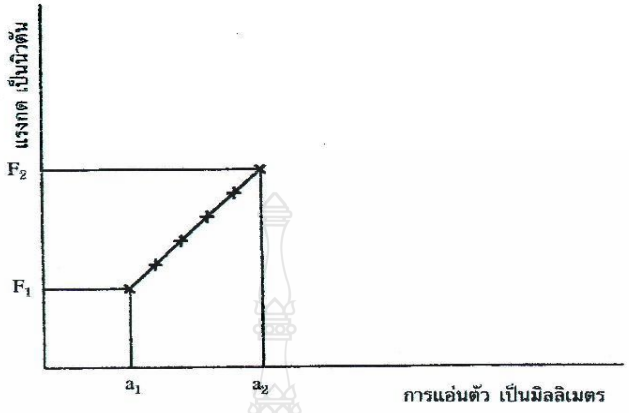
9.8.2.1 วางชิ้นทดสอบบนแท่งรองรับซึ่งมีระยะห่างกัน 15 เท่าของความหนาระบุของชิ้นทดสอบ (ตัวเลขที่ได้ให้ปัดเป็นเลขจำนวนเต็ม ของ 10 mm) แต่ต้องไม่น้อยกว่า 150 mm ตามรูปที่ 5 ให้ปลายชิ้นทดสอบยื่นออกไปจากจุดที่รองรับข้างละประมาณ 25 mm



หน่วยเป็นมิลลิเมตร

รูปที่ 5 การทดสอบความต้านแรงดัดและมอดุลัสยืดหยุ่น

(ข้อ 9.8.2.1)



รูปที่ 6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงกดกับการแอ่นตัว
(ข้อ 9.8.2.3 และข้อ 9.8.3.2)

9.8.4 การรายงานผล

รายงานค่าเฉลี่ยของความต้านแรงดัดและมอดุลัสยืดหยุ่น

9.9 ความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า

9.9.1 เครื่องมือ

9.9.1.1 เครื่องดึง ซึ่งสามารถใช้แรงดึงเพื่อแยกชิ้นทดสอบออกในเวลาไม่น้อยกว่า 30 s แต่ไม่มากกว่า 90 s

9.9.1.2 แผ่นดึงซึ่งทำด้วยไม้หรือโลหะที่เหมาะสม ขนาดไม่น้อยกว่า 50 mm x 50 mm ความหนาตามความเหมาะสม

9.9.2 วิธีทดสอบ

9.9.2.1 ติดผิวหน้าทั้งสองของชิ้นทดสอบกับแผ่นดึง โดยใช้กาวสังเคราะห์ที่ให้แรงยึดระหว่างชิ้นทดสอบกับแผ่นดึงได้มากกว่าแรงยึดตัวในชิ้นทดสอบ

9.9.2.2 นำชิ้นทดสอบที่เตรียมได้แล้วนี้ไปเข้าเครื่องดึง ดึงให้ชิ้นทดสอบแยกออกจากกัน ซึ่งปกติจะแยกในชั้นไส้ อัตราการเพิ่มแรงดึงต้องเป็นไปอย่างสม่ำเสมอ เวลาที่ใช้ตั้งแต่เริ่มดึง จนกระทั่งชิ้นทดสอบแยกออกจากกันต้องไม่น้อยกว่า 30 s แต่ไม่มากกว่า 90 s (ความเร็วในการดึงประมาณ 2 mm/min)

9.9.3 วิธีคำนวณ

หาค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า จากสูตร

$$\text{ความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า เมกะพาสคัล} = \frac{F}{W \times L}$$

เมื่อ F คือ แรงดึงสูงสุด เป็น นิวตัน

W คือ ความกว้างของชิ้นทดสอบ เป็น มิลลิเมตร

L คือ ความยาวของชิ้นทดสอบ เป็น มิลลิเมตร

9.9.4 การรายงานผล

รายงานค่าเฉลี่ยของความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า

9.10 ความยึดเหนี่ยวของตะปูเกลียว

9.10.1 เครื่องมือ

9.10.1.1 เครื่องดึง ซึ่งสามารถใช้แรงดึงเพื่อถอนตะปูเกลียวออกจากชิ้นทดสอบในเวลาไม่น้อยกว่า 30 s แต่ไม่มากกว่า 90 s

9.10.1.2 ตะปูเกลียว ชนิดหัวจมแบบผ่าที่เป็นไปตาม มอก. 499 ขนาดระบุ 4.1 ความยาว 40 mm หรือที่มีขนาดใกล้เคียง

9.10.2 วิธีทดสอบ

9.10.2.1 ชิ้นทดสอบแต่ละชิ้นให้ทดสอบ 3 แห่ง คือ ที่กึ่งกลางผิวหน้า 1 แห่ง และที่กึ่งกลางของขอบ 2 ขอบที่ประชิดกัน

9.10.2.2 ขันตะปูเกลียวลงในชิ้นทดสอบ ซึ่งได้เจาะรูนำขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.5 mm ลึก 6 mm ไว้แล้ว ขันตะปูเกลียวจนกระทั่งส่วนเกลียวที่สมบูรณ์จมลึกลงไปถึง 13 mm ไม่นับความยาวส่วนปลายเรียวของตะปูเกลียว

9.10.2.3 นำชิ้นทดสอบที่เตรียมไว้ไปเข้าเครื่องดึง ดึงให้ตะปูเกลียวถอนออกจากชิ้นทดสอบ แรงที่ใช้ดึงจะต้องอยู่ในแนวเดียวกับตะปูเกลียว และตั้งฉากกับผิวหน้าหรือผิวขอบของชิ้นทดสอบ อัตราการเพิ่มแรงดึงต้องเป็นไปอย่างสม่ำเสมอ เวลาที่ใช้ตั้งแต่เริ่มดึงจนกระทั่งตะปูเกลียวถอนออกจากชิ้นทดสอบต้องไม่น้อยกว่า 30 s แต่ไม่กกว่า 90 s (ความเร็วในการดึง ประมาณ 2 mm/min)

9.10.3 การรายงานผล

รายงานค่าเฉลี่ยของความยึดเหนี่ยวของตะปูเกลียว

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ – สกุล	นางสาวสุภิญญา ธาราดล
วันเกิด	6 ตุลาคม 2532
ที่อยู่	28 หมู่ 7 ตำบลไผ่วง อำเภอวิเศษชัยชาญ จังหวัดอ่างทอง 14110
การศึกษา	ปริญญาตรีวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาคหกรรมศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา
เบอร์โทร	080-1095465
อีเมล์	supinya_t@mail.rmutt.ac.th