การศึกษาและพัฒนากระดาษเหลือใช้ เป็นแผ่นประกอบทดแทนไม้

A STUDY AND DEVELOPING ON COMPOSITE BOARD OF RECYCLE PULPS FROM WASTE PAPER

สมชาย บุญพิทักษ์
SOMCHAI BOONPITAK

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีพลังงานอุตสาหกรรม
บัณฑิตวิทยาลัย
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ. 2547

ISBN 974-9700-93-8

การศึกษาและพัฒนากระดาษเหลือใช้ เป็นแผ่นประกอบทดแทนไม้

A STUDY AND DEVELOPING ON COMPOSITE BOARD OF RECYCLE PULPS FROM WASTE PAPER

สมชาย บุญพิทักษ์

SOMCHAI BOONPITAK

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต

สาขาเทคโนโลยีผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2547

ISBN 974 - 9700 - 98 - 8

A STUDY AND DEVELOPING ON COMPOSITE BOARD OF RECYCLE PULPS FROM WASTE PAPER

SOMCHAI BOONPITAK

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILMENT OF
THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF MASTER
OF INDUSTEIAL EDUCATION PROGRAMIN
INDUSTRIALDESIGN TECHNOLOGY
SCHOOL OF GRADUATE STUDIES
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLGY LADKRABANG
2004

ISBN 974 – 9700 – 98 - 8

CORYRIGHT 2004

SCHOOL OF GRADUATE STUDIES

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLGY LADKRABANG

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การศึกษาและพัฒนากระดาษเหลือใช้ เป็นแผ่นประกอบทดแทนไม้
นักศึกษา	สมชาย บุญพิทักษ์
รหัสประจำตัว	44064804
ปริญญา	ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	เทคโนโลยีผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
พ.ศ.	2547
อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์	ผศ.ดร. เลิศลักษณ์ กลิ่นหอม
อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ร่วม	ผศ. อุดมศักดิ์ สาริบุตร
	อาจารย์วรธรรม อุ่นจิตติชัย

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้ออกมาในลักษณะที่เป็นแผ่น โดยการใช้เยื่อกระดาษจากกระดาษที่เหลือใช้มาทำการอัดเป็นแผ่นประกอบทดแทนไม้ ซึ่งใช้อัตราส่วนกาวยูเรีย-ฟอร์มัลดีไฮด์เหลวผสมเยื่อกระดาษเท่ากับ 7 %., 10 % , 13 % และ 16 % (คิดเป็นเนื้อกาวแห้งเท่ากับ 4.54%, 6.20% , 8.06% และ 9.92% ตามลำดับ)ทำการอัดและกำหนดขนาดของแผ่นประกอบทดแทนไม้ ทั้ง 2 ประเภทดังนี้

1. กระดาษหนังสือพิมพ์ อัดเป็นแผ่นขนาดกว้าง 30 เซนติเมตร ยาว 30 เซนติเมตร หนา 10 มิลลิเมตร จำนวน 20 แผ่น

2. กระดาษพิมพ์และเขียน อัดเป็นแผ่นขนาดกว้าง 30 เซนติเมตร ยาว 30 เซนติเมตร หนา 10 มิลลิเมตร จำนวน 20 แผ่น

จากนั้นนำแผ่นประกอบทดแทนไม้ที่อัดได้ทั้ง 2 ชนิดนี้ มาทำการทดสอบและเปรียบเทียบคุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกล โดยใช้เกณฑ์การทดสอบตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง (มอก. 966 – 2533) ทั้งหมด 6 ด้าน คือ ด้านความหนาแน่น , ด้านความชื้น , ด้านความต้านแรงดัด , ด้านความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า , ด้านการดูดซึมน้ำและการขยายตัวตามความหนา และด้านความยึดเหนี่ยวของตะปูเกลียว

ผลการวิจัยสรุปว่า

1. แผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจากกระดาษหนังสือพิมพ์และกระดาษพิมพ์และเขียน ทั้ง 2 ชนิด ไม่ผ่านคุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกลตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง

2. แผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจากกระดาษหนังสือพิมพ์และกระดาษพิมพ์และเขียน มีคุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกลแตกต่างกันอย่างมีระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ .05

Thesis Title	A Study and Developing on Composite Board of Recycle Pulps From Waste Paper
Student	Mr. Somchai Boonpitak
Student ID	44064804
Degree	Master of Industrial Education
Programme	Industrial Design Technology
Year	2004
Thesis Advisor	Asst. Prof. Dr. Lertlak Klinhom
Thesis Co-Advisor	Asst. Prof. Udomsak SaributrThesis Advisor Woratham Oonjittichai

ABSTRACT

The purpose of this research wren to develop composite boards using pulps from waste paper and urea formaldehyde. The percentage ratios of pulps and urea formaldehyde were 7 % , 10 % , 13 % and 16 % . (pulps glue were 4.54%, 6.20% , 8.06% and 9.92%) The mixture was pressed to from two types of boards to by used instead of wood :

1. 20 pieces of composite boards made of newspaper pulps with the size of 30 cm by 30 cm by 10 mm.

2. 20 pieces of composite boards made of writing and typing paper pulps with the size of 30 cm by 30 cm by 10 mm.

Both types of composite boards were physically and mechanically tested based on the standard industrial plywood product of moderate density (standard 966 – 2533) of six Dimensions : Density , Moisture Content , Bending Strength , Tension Perpendicular to Surface, Water Absorption and Swelling and Wood Screw Holding Power.

The findings were as following :

1. The physical and mechanical properties of both types of the developed products did not meet those of the standard industrial plywood product.

2. The physical and mechanical properties of the composite board developed from newspaper pulps was statistically different from those of the composite board developed from typing and writing paper at the level of .05

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จได้ด้วยความอนุเคราะห์จาก ผศ.ดร. เลิศลักษณ์ กลิ่นหอม อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ ผศ. อุดมศักดิ์ สาริบุตร และ อาจารย์วรธรรม อุ่นจิตติชัย อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ร่วม ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำ ให้ความช่วยเหลือและตรวจสอบ ปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ จนวิทยานิพนธ์นี้สำเร็จได้อย่างสมบูรณ์ ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในความกรุณา และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณ ผศ. สถาพร ดีบุญมี ณ ชุมแพ ผศ.ดร. ธีระพล เทพหัสดิน ณ อยุธยา คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ให้คำแนะนำในการแก้ไขข้อบกพร่อง เพื่อให้วิทยานิพนธ์นี้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณอาจารย์ทุกท่าน ที่ได้ประสิทธิ์ประสาทความรู้ ตลอดจนข้อคิดต่างๆ อันก่อให้เกิดประโยชน์ต่อการศึกษาค้นคว้า และเป็นแนวทางในการจัดทำวิทยานิพนธ์จนประสบความสำเร็จ

ขอขอบพระคุณผู้อำนวยการโรงเรียนกาวีระอนุกูล ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์แก่ผู้วิจัยในการยืมเครื่องตีเยื่อกระดาษมาใช้ในการทำวิทยานิพนธ์ จนประสบความสำเร็จ

ขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่กลุ่มอุตสาหกรรมวัสดุทดแทนไม้ สำนักวิจัยเศรษฐกิจและผลิตผลป่าไม้ กรมป่าไม้ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ที่ช่วยให้คำแนะนำและอำนวยความสะดวกระหว่างการปฏิบัติงานสร้างแผ่นประกอบทดแทนไม้

ขอขอบพระคุณบริษัท Eternal Resin กรุ๊ป (คุณเมธี ทองอ่อน) ที่ให้การสนับสนุนได้ด้านกาวยูเรีย-ฟอร์มาลดีไฮด์ ที่นำมาใช้เป็นตัวประสานในการอัดขึ้นรูปแผ่นประกอบทดแทนไม้

ขอขอบพระคุณผู้อำนวยการส่วนอุตสาหกรรมเครื่องเรือนและคอมโพสิท คุณชัยยา ศรีอำไพ หัวหน้าฝ่ายทดสอบเครื่องเรือน ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์แก่ผู้วิจัยในการทดสอบหาคุณสมบัติของแผ่นประกอบ จนวิทยานิพนธ์นี้สำเร็จด้วยดี

ขอขอบพระคุณ คุณพ่อ และคุณแม่ ผู้ที่เคารพรักยิ่ง รวมทั้ง พี่ – น้อง ทุกคน ที่ได้ให้ความรัก ให้กำลังใจ ให้การสนับสนุน และช่วยเหลือทุกด้านตลอดมา

ขอขอบคุณเพื่อนๆ และบุคคลที่ผู้วิจัยไม่ได้กล่าวไว้ในที่นี้ ที่ให้การสนับสนุน ตลอดจนให้ความช่วยเหลือในด้านต่างๆ และเป็นกำลังใจแก่ผู้วิจัยมาโดยตลอด

คุณค่า และประโยชน์ใดๆ ที่เป็นผลจากวิทยานิพนธ์นี้ ผู้วิจัยขอมอบแด่ คุณพ่อ คุณแม่ และครู – อาจารย์ ทุกท่าน ด้วยความเคารพยิ่ง

สมชาย บุญพิทักษ์

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....II

กิตติกรรมประกาศ.....III

สารบัญ.....IV

สารบัญตาราง.....VI

สารบัญภาพ.....X

บทที่ 1 บทนำ.....1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....1

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....3

1.3 สมมุติฐานการวิจัย.....4

1.4 กรอบแนวคิดที่ใช้ในการวิจัย.....4

1.5 ขอบเขตของการวิจัย.....5

1.6 นิยามศัพท์ที่ใช้ในการวิจัย.....5

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....7

2.1 ความสำคัญของกระดาษ.....7

2.2 ประเภทของกระดาษ.....8

2.3 คุณสมบัติทั่วไปของกระดาษ.....10

2.4 กระบวนการผลิตเยื่อกระดาษ.....12

2.5 แผ่นประกอบ.....14

2.6 แผ่นเส้นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง.....16

2.7 การพัฒนาแผ่นวัสดุอัด.....16

2.8 มาตรฐานการทดสอบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง.....24

2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....28

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย.....32

3.1 การกำหนดผลิตภัณฑ์ที่พัฒนา.....32

3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย.....32

3.3 การพัฒนาแผ่นประกอบทดแทนไม้.....33

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.4 สถานที่ดำเนินการวิจัย.....43
3.5 การเก็บรวบรวมข้อมูล.....45
3.6 การวิเคราะห์ข้อมูล.....45

บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....46

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ.....86
5.1 สรุปผลการวิจัย.....86
5.2 อภิปรายผล.....100
5.3 ข้อเสนอแนะ.....103

บรรณานุกรม.....105

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก.....107
ภาคผนวก ข.....111
ภาคผนวก ค.....115

ประวัติผู้เขียน.....166

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

1.1 แสดงปริมาณการผลิตกระดาษพิมพ์ วารสาร และอื่นๆ ปี 2543 – 2545.....2

2.1 ตารางแสดงขนาดของแผ่นทดสอบที่ใช้ในการหาคุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกล.....25

3.1 ตารางแสดงเปอร์เซ็นต์กาวที่ใช้ในการผลิตแผ่นประกอบทดแทนไม้.....34

4.1 ตารางแสดงผลองค์ประกอบทางเคมีของเยื่อกระดาษ.....47

4.2 ตารางแสดงความหนาแน่นของแผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจากกระดาษหนังสือพิมพ์..48

4.3 ตารางแสดงความหนาแน่นของแผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจากกระดาษพิมพ์ และเขียน.....50

4.4 ตารางแสดงความชื้นของแผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจากกระดาษหนังสือพิมพ์.....51

4.5 ตารางแสดงความชื้นของแผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจากกระดาษพิมพ์และเขียน.....53

4.6 ตารางแสดงการดูดซึมน้ำของแผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจากกระดาษ หนังสือพิมพ์.....55

4.7 ตารางแสดงการดูดซึมน้ำของแผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจากกระดาษพิมพ์ และเขียน.....56

4.8 ตารางแสดงการขยายตัวตามความหนาของแผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจาก กระดาษหนังสือพิมพ์.....57

4.9 ตารางแสดงการขยายตัวตามความหนาของแผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจากกระดาษ พิมพ์และเขียน.....59

4.10 ตารางแสดงความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าของแผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจาก กระดาษหนังสือพิมพ์.....60

4.11 ตารางแสดงความต้านแรงดัดของแผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจากกระดาษ หนังสือพิมพ์.....62

4.12 ตารางแสดงความต้านแรงดัดของแผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจากกระดาษ พิมพ์และเขียน 63

4.13 ตารางแสดงความยืดเหนี่ยวของตะปูเกลียวของแผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจาก กระดาษหนังสือพิมพ์.....65

4.14 ตารางแสดงความยืดเหนี่ยวของตะปูเกลียวของแผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจาก กระดาษพิมพ์และเขียน.....66

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

4.15 ตารางแสดงการเปรียบเทียบความแตกต่างของคุณสมบัติทางกายภาพ ตาม อัตราส่วนของกาวต่อเยื่อกระดาษ ด้านความหนาแน่นของแผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจากกระดาษหนังสือพิมพ์.....68

4.16 ตารางแสดงการเปรียบเทียบความแตกต่างของคุณสมบัติทางกายภาพ ตาม อัตราส่วนของกาวต่อเยื่อกระดาษ ด้านความหนาแน่นของแผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจากกระดาษพิมพ์และเขียน.....68

4.17 ตารางแสดงการเปรียบเทียบความแตกต่างของคุณสมบัติทางกายภาพ ตาม อัตราส่วนของกาวต่อเยื่อกระดาษ ด้านความชื้นของแผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจากกระดาษหนังสือพิมพ์.....69

4.18 ตารางแสดงการเปรียบเทียบความแตกต่างของคุณสมบัติทางกายภาพ ตาม อัตราส่วนของกาวต่อเยื่อกระดาษ ด้านความชื้นของแผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจากกระดาษพิมพ์และเขียน.....69

4.19 ตารางแสดงผลการเปรียบเทียบผลต่างค่าเฉลี่ยของอันดับของแผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจากกระดาษพิมพ์และเขียน.....69

4.20 ตารางแสดงการเปรียบเทียบความแตกต่างของคุณสมบัติทางกายภาพ ตาม อัตราส่วนของกาวต่อเยื่อกระดาษ ด้านการดูดซึมน้ำของแผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจากกระดาษหนังสือพิมพ์.....70

4.21 ตารางแสดงผลการเปรียบเทียบผลต่างค่าเฉลี่ยของอันดับของแผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจากกระดาษหนังสือพิมพ์.....70

4.22 ตารางแสดงการเปรียบเทียบความแตกต่างของคุณสมบัติทางกายภาพ ตาม อัตราส่วนของกาวต่อเยื่อกระดาษ ด้านการดูดซึมน้ำของแผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจากกระดาษพิมพ์และเขียน.....71

4.23 ตารางแสดงผลการเปรียบเทียบผลต่างค่าเฉลี่ยของอันดับของแผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจากกระดาษพิมพ์และเขียน.....71

4.24 ตารางแสดงการเปรียบเทียบความแตกต่างของคุณสมบัติทางกายภาพ ตาม อัตราส่วนของกาวต่อเยื่อกระดาษ ด้านการขยายตัวตามความหนาของแผ่น ประกอบทดแทนไม้ที่ผลิตจากกระดาษหนังสือพิมพ์.....72

4.25 ตารางแสดงผลการเปรียบเทียบผลต่างค่าเฉลี่ยของอันดับของแผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจากกระดาษหนังสือพิมพ์.....72

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

4.26 ตารางแสดงการเปรียบเทียบความแตกต่างของคุณสมบัติทางกายภาพ ตาม อัตราส่วนของกาวต่อเยื่อกระดาษ ด้านการขยายตัวตามความหนา ของแผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจากกระดาษพิมพ์และเขียน 73

4.27 ตารางแสดงผลการเปรียบเทียบผลต่างค่าเฉลี่ยของอันดับของแผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจากกระดาษพิมพ์และเขียน 73

4.28 ตารางแสดงการเปรียบเทียบความแตกต่างของคุณสมบัติเชิงกล ตาม อัตราส่วนของ กาวต่อเยื่อกระดาษ ด้านความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าของแผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจากกระดาษหนังสือพิมพ์.....74

4.29 ตารางแสดงผลการเปรียบเทียบผลต่างค่าเฉลี่ยของอันดับของแผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจากกระดาษหนังสือพิมพ์.....74

4.30 ตารางแสดงการเปรียบเทียบความแตกต่างของคุณสมบัติเชิงกล ตาม อัตราส่วนของกาว ต่อเยื่อกระดาษ ด้านความต้านแรงดัดของแผ่นประกอบทดแทนไม้ที่ผลิตจากกระดาษ หนังสือพิมพ์.....75

4.31 ตารางแสดงผลการเปรียบเทียบผลต่างค่าเฉลี่ยของอันดับของแผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจากกระดาษหนังสือพิมพ์.....75

4.32 ตารางแสดงการเปรียบเทียบความแตกต่างของคุณสมบัติเชิงกล ตามอัตราส่วนของกาว ต่อเยื่อกระดาษ ด้านความต้านแรงดัดของแผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจากกระดาษพิมพ์และเขียน.....76

4.33 ตารางแสดงผลการเปรียบเทียบผลต่างค่าเฉลี่ยของอันดับของแผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจากกระดาษพิมพ์และเขียน.....76

4.34 ตารางแสดงการเปรียบเทียบความแตกต่างของคุณสมบัติเชิงกล ตาม อัตราส่วนของกาว ต่อเยื่อกระดาษ ด้านความยึดเหนี่ยวของตะปูเกลียวของแผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจากกระดาษหนังสือพิมพ์.....77

4.35 ตารางแสดงผลการเปรียบเทียบผลต่างค่าเฉลี่ยของอันดับของแผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจากกระดาษหนังสือพิมพ์.....77

4.36 ตารางแสดงการเปรียบเทียบความแตกต่างของคุณสมบัติเชิงกล ตามอัตราส่วนของกาว ต่อเยื่อกระดาษ ด้านความยึดเหนี่ยวของตะปูเกลียวของแผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจากกระดาษพิมพ์และเขียน.....78

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

4.37 ตารางแสดงผลการเปรียบเทียบผลต่างค่าเฉลี่ยของอันดับของแผ่นประกอบทดแทนไม้ที่ผลิตจากกระดาษพิมพ์และเขียน.....78

4.38 ตารางแสดงการเปรียบเทียบความแตกต่างของคุณสมบัติทางกายภาพด้านความหนาแน่นของแผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจากกระดาษหนังสือพิมพ์และกระดาษพิมพ์และเขียน.....79

4.39 ตารางแสดงการเปรียบเทียบความแตกต่างของคุณสมบัติทางกายภาพด้านความชื้นของแผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจากกระดาษหนังสือพิมพ์และกระดาษพิมพ์และเขียน.....80

4.40 ตารางแสดงการเปรียบเทียบความแตกต่างของคุณสมบัติทางกายภาพด้านการดูดซึมน้ำของแผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจากกระดาษหนังสือพิมพ์และกระดาษพิมพ์และเขียน.....81

4.41 ตารางแสดงคุณสมบัติทางกายภาพ ด้านการขยายตัวตามความหนาของแผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจากกระดาษหนังสือพิมพ์.....82

4.42 ตารางแสดงการเปรียบเทียบความแตกต่างของคุณสมบัติเชิงกล ด้านความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าของแผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจากกระดาษหนังสือพิมพ์และกระดาษพิมพ์และเขียน.....83

4.43 ตารางแสดงการเปรียบเทียบความแตกต่างของคุณสมบัติเชิงกล ด้านความต้านแรงดัดของแผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจากกระดาษหนังสือพิมพ์และกระดาษพิมพ์และขียน.....84

4.44 ตารางแสดงการเปรียบเทียบความแตกต่างของคุณสมบัติเชิงกล ด้านความยืดเหนี่ยวของตะปูเกลียวของแผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจากกระดาษหนังสือพิมพ์และกระดาษพิมพ์และเขียน.....85

สารบัญภาพ

ภาพที่ หน้า

2.1 แสดงการโค้งงอบริเวณขอบกระดาษเมื่อถูกความชื้น.....10

2.2 ผังแสดงเครื่องผสมแบบหมุน.....20

2.3 ภาพเครื่องอัดร้อนขนาดเล็ก.....23

2.4 ตำแหน่งวัดความกว้าง ความยาว และความหนาชิ้นทดสอบ.....26

2.5 ภาพการทดสอบความต้านแรงดัด.....27

3.1 ภาพการแช่น้ำของกระดาษ ทั้ง 2 ชนิด ในภาชนะที่เตรียมไว้.....34

3.2 ภาพการตีเยื่อกระดาษด้วยเครื่องตีเยื่อกระดาษ.....34

3.3 ภาพการนำเยื่อกระดาษออกจากเครื่องตีเยื่อกระดาษ.....35

3.4 ภาพการบีบน้ำออกจากเยื่อกระดาษแล้วนำมาขยี้กับตระแกรงให้เป็นชิ้นเล็กๆ ก่อนการนำผึ่งแดด.....35

3.5 ภาพการนำเยื่อที่ผ่านการผึ่งแดดแล้วมาเข้าเครื่องกระจายเยื่อ.....35

3.6 ภาพการนำเยื่อที่ผ่านการกระจายเข้าตู้อบ.....36

3.7 ภาพการนำเยื่อกระดาษและกาว ชั่งน้ำหนักเพื่อหาปริมาณของเยื่อและกาวก่อนการอัด.....36

3.8 ภาพการผสมกาวกับเยื่อกระดาษด้วยเครื่องผสม.....36

3.9 ภาพการนำเยื่อที่ผสมกาวแล้วมาเข้าอุปกรณ์ในการโรยเยื่อ.....37

3.10 ภาพขั้นตอนการนำเยื่อกระดาษเข้าเครื่องอัดร้อน.....38

3.11 แสดงสัดส่วนการตัดแผ่นประกอบ เพื่อใช้ในการทดสอบหาคุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกล.....38

3.12 ภาพการชั่งน้ำหนักและการวัดขนาดความกว้างและความยาวของชิ้นทดสอบ.....39

3.13 ภาพการวัดขนาดความหนาทั้ง 4 ตำแหน่ง ของชิ้นทดสอบ.....39

3.14 ภาพการนำชิ้นทดสอบเข้าตู้อบเพื่อหาค่าความชื้น.....40

3.15 ภาพการนำชิ้นทดสอบใส่ใน Dasikater เพื่อปล่อยให้เย็น.....40

3.16 ภาพการนำชิ้นทดสอบมาชั่งหาน้ำหนักเมื่ออบแห้ง.....40

3.17 ภาพการกดชิ้นทดสอบด้วยเครื่องทดสอบ.....41

3.18 ภาพการดึงชิ้นทดสอบด้วยเครื่องดึง.....42

3.19 ภาพการชั่งน้ำหนักและวัดความหนาของชิ้นทดสอบ.....42

3.20 ภาพการแช่น้ำทดสอบในภาชนะบรรจุน้ำ.....42

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ หน้า

3.21 ภาพการซับชิ้นทดสอบด้วยผ้าซับน้ำ.....43

3.22 ภาพการนำชิ้นทดสอบมาชั่งและวัดความหนาหลังแช่น้ำแล้ว.....43

3.23 ภาพตะปูเกลียวที่ทำการขันลงบนชิ้นทดสอบทั้ง 3 จุด.....44

3.24 ภาพการดึงตะปูเกลียวด้วยเครื่องดึงตะปู.....44

4.1 แสดงค่าเฉลี่ยของความหนาแน่นของแผ่นประกอบตามเปอร์เซ็นต์ทั้ง 4 เปอร์เซ็นต์ โดยที่เปอร์เซ็นต์ที่สุดท้าย คือ ค่าสมบัติมาตรฐานเท่ากับ 750 ก.ก/ ลบ.ม. 48

4.2 แสดงค่าเฉลี่ยของความหนาแน่นของแผ่นประกอบตามเปอร์เซ็นต์ทั้ง 4 เปอร์เซ็นต์ โดยที่เปอร์เซ็นต์ที่สุดท้าย คือ ค่าสมบัติมาตรฐานเท่ากับ 750 ก.ก/ ลบ.ม. 50

4.3 แสดงค่าเฉลี่ยของความชื้นของแผ่นประกอบตามเปอร์เซ็นต์ทั้ง 4 เปอร์เซ็นต์ โดยที่เปอร์เซ็นต์ที่สุดท้าย คือ ค่าสมบัติมาตรฐานเท่ากับ 4 – 10 เปอร์เซ็นต์.....51

4.4 แสดงค่าเฉลี่ยของความชื้นของแผ่นประกอบตามเปอร์เซ็นต์ทั้ง 4 เปอร์เซ็นต์ โดยที่เปอร์เซ็นต์ที่สุดท้าย คือ ค่าสมบัติมาตรฐานเท่ากับ 4 – 10 เปอร์เซ็นต์.....53

4.5 แสดงค่าเฉลี่ยของการดูดซึมน้ำของแผ่นประกอบตามเปอร์เซ็นต์ทั้ง 4 เปอร์เซ็นต์ โดยที่เปอร์เซ็นต์ที่สุดท้าย คือ ค่าสมบัติมาตรฐานเท่ากับ < 20 เปอร์เซ็นต์.....54

4.6 แสดงค่าเฉลี่ยของการดูดซึมน้ำของแผ่นประกอบตามเปอร์เซ็นต์ทั้ง 4 เปอร์เซ็นต์ โดยที่เปอร์เซ็นต์ที่สุดท้าย คือ ค่าสมบัติมาตรฐานเท่ากับ < 20 เปอร์เซ็นต์.....56

4.7 แสดงค่าเฉลี่ยของการขยายตัวตามความหนาของแผ่นประกอบตามเปอร์เซ็นต์ทั้ง 4 เปอร์เซ็นต์ โดยที่เปอร์เซ็นต์ที่สุดท้าย คือ ค่าสมบัติมาตรฐานเท่ากับ < 20เปอร์เซ็นต์.....58

4.8 แสดงค่าเฉลี่ยของการขยายตัวตามความหนาของแผ่นประกอบตามเปอร์เซ็นต์ทั้ง 4 เปอร์เซ็นต์ โดยที่เปอร์เซ็นต์ที่สุดท้าย คือ ค่าสมบัติมาตรฐานเท่ากับ < 20เปอร์เซ็นต์.....59

4.9 แสดงค่าเฉลี่ยของความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าของแผ่นประกอบตามเปอร์เซ็นต์ทั้ง 4 เปอร์เซ็นต์ โดยที่เปอร์เซ็นต์ที่สุดท้าย คือ ค่าสมบัติมาตรฐานเท่ากับ 0.62 เมกะพาสคัล.....61

4.10 แสดงค่าเฉลี่ยของความต้านแรงดัดของแผ่นประกอบตามเปอร์เซ็นต์ทั้ง 4 เปอร์เซ็นต์ โดยที่เปอร์เซ็นต์ที่สุดท้าย คือ ค่าสมบัติมาตรฐานเท่ากับ 0.62 เมกะพาสคัล.....62

4.11 แสดงค่าเฉลี่ยของความต้านแรงดัดของแผ่นประกอบตามเปอร์เซ็นต์ทั้ง 4 เปอร์เซ็นต์ โดยที่เปอร์เซ็นต์ที่สุดท้าย คือ ค่าสมบัติมาตรฐานเท่ากับ 0.62 เมกะพาสคัล.....64

4.12 แสดงค่าเฉลี่ยของความยึดเหนี่ยวของตะปูเกลียวของแผ่นประกอบตามเปอร์เซ็นต์ทั้ง 4 เปอร์เซ็นต์ โดยที่เปอร์เซ็นต์ที่สุดท้าย คือ ค่าสมบัติมาตรฐานเท่ากับ 1445 นิวตัน.....65

4.13 แสดงค่าเฉลี่ยของความยึดเหนี่ยวของตะปูเกลียวของแผ่นประกอบตามเปอร์เซ็นต์ทั้ง 4 เปอร์เซ็นต์ โดยที่เปอร์เซ็นต์ที่สุดท้าย คือ ค่าสมบัติมาตรฐานเท่ากับ 1445 นิวตัน.....67

บทที่ 1
บทนำ

1.1. ความเป็นมาและความสำคัญ

กระดาษเป็นวัสดุที่มีบทบาทและความสำคัญอย่างมากทั้งทางด้านอุตสาหกรรม ธุรกิจการค้าและการศึกษา เพราะสิ่งพิมพ์เป็นทั้งปัจจัยการผลิต ปัจจัยในการบริโภค เป็นสื่อที่สำคัญทางด้านการศึกษาและการโฆษณา นอกจากนี้ยังเป็นเครื่องบ่งชี้ถึงระดับอารยธรรมและความเจริญของประเทศได้ ปริมาณในการใช้กระดาษในประเทศมีจำนวนมาก ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของการใช้งานในด้านต่างๆ และมีปริมาณการผลิตกระดาษแต่ละชนิดจะเพิ่มขึ้นในทุกๆ ปีเป็นส่วนใหญ่

จากศูนย์ข้อมูลกลาง สถิติการป่าไม้ของประเทศไทย กรมป่าไม้ (2543 : 7-8) พบว่า มีปริมาณการนำเข้าของกระดาษและเยื่อกระดาษ มีปริมาณมาก คือ ปริมาณการนำเข้ากระดาษจะมีปริมาณ 978,986 ตัน/ปี และปริมาณการนำเข้าเยื่อกระดาษจะมีปริมาณ 468,695 ตัน/ ปี ฉะนั้นจะเห็นได้ว่ามีปริมาณการนำเข้าของกระดาษและเยื่อกระดาษมีปริมาณมาก ซึ่งถ้าเราสามารถที่จะนำกระดาษที่เหลือจากการใช้แล้วมาทำการพัฒนาปรับปรุงขึ้นมาใหม่ ก็จะเป็นการเพิ่มมูลค่าของวัสดุจากกระดาษที่เหลือใช้ที่ไม่มีประโยชน์นำกับมาทำให้เป็นของที่มีประโยชน์และสามารถใช้งานได้จริง ก็จะเป็นการช่วยลดปัญหาในเรื่องของขยะมูลฝอยประเภทกระดาษลงและได้ผลิตภัณฑ์ใหม่ที่สามารถใช้เป็นวัสดุทดแทนได้

จรินทร์ เทศวานิช และเอกพล หนุ่ยศรี(2535 : 7-8) กล่าวว่ากระดาษหนังสือพิมพ์เป็นกระดาษที่ใช้สำหรับพิมพ์ข่าวสารสาระบันเทิงต่างๆ ซึ่งต้องมีความทันสมัยตลอดเวลา ดังนั้นจึงต้องมีการจัดพิมพ์ขึ้นทุกวันเพื่อให้ประชาชนได้อ่านและรับรู้ข่าวสารบ้านเมืองและต้องมีการพิมพ์ออกมาปริมาณมากๆในแต่ละวัน เมื่อมีการผลิตออกมามากปริมาณที่เหลือใช้ของหนังสือพิมพ์ก็จะมีปริมาณมากขึ้นตาม ในส่วนของกระดาษพิมพ์และเขียนก็เช่นกัน เป็นกระดาษที่มีการใช้งานกันอย่างแพร่หลายทุกองค์กรมีความจำเป็นที่จะต้องใช้กระดาษพิมพ์และเขียนในการทำงานทุกอย่าง ทั้งเอกสารตำรา หนังสือประเภทต่างๆ ฯลฯ ล้วนมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องใช้กระดาษพิมพ์และเขียนในการทำงาน ดังนั้นเมื่อปริมาณการใช้กระดาษพิมพ์และเขียนมีปริมาณความต้องการใช้มากเท่าใด ปริมาณของกระดาษที่เหลือจากการใช้งานแล้วก็จะมีปริมาณเพิ่มมากขึ้นด้วย ดังนั้นจึงเป็นเหตุผลหนึ่งที่รัฐบาลเริ่มส่งเสริมให้มีการนำกระดาษที่เหลือใช้นำกลับมาใช้ใหม่ เพื่อต้องการที่จะใช้ประโยชน์จากกระดาษให้มากที่สุดด้วยการผลิตเป็นผลิตภัณฑ์อื่นๆ ที่สามารถใช้งานได้
(กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม. ม.ท.ป.)

กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม (2541: 18)พบว่า การใช้กระดาษของคนไทย ยังไม่เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด ยังมีส่วนที่เหลือทิ้งอีกเป็นจำนวนมากที่ไม่ได้มีการนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์ กลายเป็นกองขยะขนาดมหึมาปรากฏให้เห็นอยู่ทั่วไป จนกลายเป็นปัญหาทางด้านความสะอาด ความเป็นระเบียบเรียบร้อยของบ้านเมือง และเกิดผลเสียทางเศรษฐกิจอย่างมาก จากสถิติอุตสาหกรรม สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม จากการสำรวจพบว่าปริมาณการผลิตกระดาษพิมพ์หนังสือ วารสาร และอื่นๆ ในปี 2543 – 2545 จะมีปริมาณการผลิตที่เพิ่มมากขึ้นในแต่ละปี ดังตารางที่ 1.1

ตารางที่ 1.1 แสดงปริมาณการผลิตกระดาษพิมพ์หนังสือ วารสาร และอื่นๆ ในปี 2543 - 2545

เดือนที่ผลิต	พ.ศ.2543(ตัน)	พ.ศ.2544 (ตัน)	พ.ศ.2545 (ตัน)
มกราคม	4,925,334	7,047,987	7,709,569
กุมภาพันธ์	4,632,600	6,561,475	11,853,638
มีนาคม	4,644,080	7,624,825	8,825,164
เมษายน	4,514,430	7,155,207	8,860,605
พฤษภาคม	4,995,190	7,479,802	8,388,730
มิถุนายน	6,976,571	7,861,682	9,284,243
กรกฎาคม	7,612,678	10,059,598	9,414,861
สิงหาคม	8,387,102	9,685,570	10,310,068
กันยายน	10,368,202	7,569,560	13,042,866
ตุลาคม	7,927,361	7,967,767	13,519,570
พฤศจิกายน	6,744,193	7,813,084	12,076,026
ธันวาคม	6,944,334	6,408,503	12,423,376
รวม	78,672,075	93,235,060	125,708,716

ที่มา สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม (2543 – 2545)

จากข้อมูลดังกล่าวจะเห็นได้ว่าปริมาณการผลิตกระดาษพิมพ์หนังสือ วารสาร และอื่นๆ ในปี 2543 –2545 จะมีปริมาณการผลิตที่เพิ่มมากขึ้นในแต่ละปี นั้นก็แสดงให้เห็นว่าปริมาณความต้องการในการใช้กระดาษมีปริมาณที่เพิ่มมากขึ้นในแต่ละปี และเมื่อมีปริมาณการใช้มากขึ้นปริมาณกระดาษที่เหลือใช้ก็จะเพิ่มขึ้นตาม ดังนั้นจึงเป็นเหตุให้ประเทศไทยเริ่มมีการนำวัสดุที่เหลือใช้ต่างๆกลับมาใช้ใหม่ โดยให้ประชาชนมีการคัดแยกมูลฝอยก่อนทิ้ง เพื่อเป็นการลดปริมาณมูลฝอยจากแหล่งกำเนิด และมูลฝอยที่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่เป็นวัสดุทดแทนวัตถุดิบอื่นๆ ที่กำลังขาดแคลนหรือวัสดุที่มีจำนวนลดน้อยลง เช่น การทำหัตถกรรมกระดาษอัดของไทย การนำกระดาษสมุดโทรศัพย์มาม้วนและสานขึ้นรูปเป็นของใช้หรือเฟอร์นิเจอร์ต่างๆ , การนำกล่องนมมาอัดเป็นแผ่นไม้

เป็นต้น สิ่งเหล่านี้ล้วนแล้วแต่เกิดขึ้นจากการนำเศษวัสดุที่เหลือใช้แล้วซึ่งมีเป็นจำนวนมากมาทำการคิดค้นประดิษฐ์เป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ๆ ที่ใช้วัตถุดิบจากของที่เหลือใช้แล้วแทนวัตถุดิบที่กำลังมีปริมาณลดน้อยลงทุกที

ศิริลักษณ์ ศรีกมล (2534 : 1-3) กล่าวว่า การประดิษฐ์เศษวัสดุเหลือใช้ เป็นการนำเอาวัสดุที่ไม่มีประโยชน์หรือเหลือใช้มาทำให้เกิดคุณค่าทางความงาม มีประโยชน์ใช้สอยได้จริง ได้แก่ เศษวัสดุจากพืช เศษวัสดุจากสัตว์ พลาสติก กระดาษชนิดต่างๆ โลหะ และวัสดุอื่นๆ ซึ่งนำมาประดิษฐ์และตกแต่งแล้ว จะได้งานประดิษฐ์ที่มีความสวยงามน่าใช้

ปัจจุบันรัฐบาลได้มีการส่งเสริมให้มีการนำวัสดุที่เหลือจากการใช้งานแล้วไม่ว่าจะเป็นพืชหรือเศษวัสดุต่างๆ มาทำการรีไซเคิลขึ้นมาใหม่ ซึ่งจะเห็นได้จากการวิจัยของวรธรรม อุ่นจิตติชัย และคณะ (2541)[Online]ได้ทำวิจัยเรื่องการนำหญ้าแฝกมาอัดเป็นแผ่นประกอบ หรืองานวิจัยของทรงกรด จารุสมบัติ และคณะ (2541: 10)ได้ทำการวิจัยเรื่องการนำกล่องนมมาอัดเป็นแผ่นประกอบ เป็นต้น สิ่งเหล่านี้ล้วนเป็นสิ่งที่เกิดจากการนำวัสดุที่เหลือใช้แล้วหรือไม่มีประโยชน์มาทำการคิดทดลองทำให้เป็นสิ่งที่มีประโยชน์ได้และมีความแปลกใหม่ ตลอดจนเป็นการส่งเสริมการใช้วัสดุทดแทนด้วย

จากการที่ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาจากกรมส่งเสริมอุตสาหกรรม (2544 : 8)พบว่า ผลงานที่เกิดขึ้นจากวัสดุของตกแต่งที่ผลิตขึ้นเพื่อทดแทนไม้ ประเภทหัตถกรรมกระดาษอัด ได้รับความสนใจจากประชาชนชาวไทยและชาวต่างประเทศมาก และไทยยังได้มีการจัดส่งไปจำหน่ายยังต่างประเทศ เช่น ยุโรป อเมริกา ออสเตรเลีย เป็นต้น ด้วยเหตุผลที่กล่าวมาข้างต้นนี้ผู้วิจัยเห็นว่ากระดาษซึ่งมีปริมาณที่เหลือใช้มากน่าที่จะนำมาทำประโยชน์อย่างอื่นได้บ้าง โดยเฉพาะอย่างยิ่งน่าที่จะนำมาทำการอัดเป็นแผ่นประกอบทดแทนไม้ได้เพราะกระดาษก็เป็นผลิตผลที่ได้มาจากไม้ จากตัวเลขของโรงพิมพ์ หนังสือพิมพ์ วารสาร และอื่นๆ ที่กล่าวมาข้างต้นนี้จะเห็นได้ว่าทุกสำนักพิมพ์จะมียอดการผลิตที่เพิ่มขึ้นในแต่ละปี ตรงนี้สามารถที่จะนำกลับมาใช้ใหม่ได้ ในรูปของผลิตภัณฑ์ต่างๆ ได้แก่ ผลิตภัณฑ์กระดาษอัด , ผลิตภัณฑ์ของตกแต่งบ้าน และเครื่องใช้ไม้สอยต่างๆ ซึ่งสิ่งของเหล่านี้ล้วนแล้วแต่ผลิตขึ้นจากกระดาษเหลือใช้ทั้งสิ้น ดังนั้นจึงเป็นจุดหนึ่งที่ผู้วิจัยเกิดแนวคิดที่จะนำกระดาษเหลือใช้มาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆที่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ และให้เกิดประโยชน์มากที่สุดด้วยการนำมาผ่านกระบวนการผลิตต่างๆแล้วนำมาอัดเป็นแผ่นประกอบทดแทนไม้ เพื่อให้สามารถลดปริมาณการใช้ไม้ให้น้อยลง

1.2.วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาแผ่นประกอบทดแทนไม้ โดยใช้กระดาษหนังสือพิมพ์และกระดาษพิมพ์และเขียน

2. เพื่อทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกลของแผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจากกระดาษหนังสือพิมพ์และกระดาษพิมพ์ และเขียน ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง (มอก. 966 – 2533)

3. เพื่อเปรียบเทียบคุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกลของแผ่นประกอบทดแทนไม้ ระหว่างแผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจากกระดาษหนังสือพิมพ์และแผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจากกระดาษพิมพ์และเขียน

1.3.สมมติฐานการวิจัย

1. แผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจากกระดาษเหลือใช้มีคุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกล ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง (มอก.966 – 2533)

2. คุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกลของแผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจากกระดาษหนังสือพิมพ์และกระดาษพิมพ์และเขียน มีคุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกลที่แตกต่างกัน

1.4.กรอบแนวคิดที่ใช้ในการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ตั้งประเด็นที่จะศึกษาให้มีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการวิจัย โดยสรุปได้เป็นข้อ ๆ และในแต่ละข้อก็จะมีกรอบแนวคิดที่สอดคล้องกันดังนี้

1.4.1. การนำกระดาษเหลือใช้ประเภทกระดาษหนังสือพิมพ์และกระดาษพิมพ์และเขียนมาพัฒนาเป็นแผ่นประกอบทดแทนไม้ ผู้วิจัยใช้แนวคิดของ ศูนย์แลกเปลี่ยนวัสดุเหลือใช้ สถาบันสิ่งแวด-ล้อมไทย (2545 : 4) ในการพัฒนาแผ่นประกอบทดแทนไม้ ดังนี้

1. การนำวัสดุธรรมชาติหรือวัสดุที่เหลือใช้ นำกลับมาใช้ใหม่ให้เกิดประโยชน์สูงสุด เป็นการลดปัญหาของมลภาวะให้เหลือน้อยที่สุด

2. การนำวัสดุที่ไม่มีประโยชน์กลับมาพัฒนาให้เป็นของที่มีประโยชน์ เป็นการส่งเสริมการพัฒนาอุตสาหกรรมที่สะอาดและปราศจากมลภาวะ

1.4.2. การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกลของแผ่นประกอบทดแทนไม้ ใช้วิธีการทดสอบในมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง (มอก.966 – 2533) ซึ่งมีลักษณะการทดสอบ ดังนี้

<u>คุณสมบัติทางกายภาพ</u>

1. ความหนาแน่น (Density)
2. ความชื้น (Moisture Content)
3. การดูดซึมน้ำและการขยายตัวตามความหนา (Water Absorption and Swelling)

<u>คุณสมบัติเชิงกล</u>

1. ความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า (Tension Perpendicular to Surface)
2. ความต้านแรงดัด (Bending Strength)
3. ความยึดเหนี่ยวของตะปูเกลียว (Wood Screw Holding Power)

1.5.ขอบเขตของการวิจัย

1.5.1. การกำหนดพัฒนาผลิตภัณฑ์

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ทำการกำหนดผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาไว้ ให้ออกมาในลักษณะที่เป็นแผ่น โดยการใช้เยื่อกระดาษจากกระดาษที่เหลือใช้ที่ได้จากการตัดขอบกระดาษจากโรงพิมพ์มาทำการอัด ซึ่งใช้หลักเกณฑ์ของ วรธรรม อุ่นจิตติชัย ในการใช้กาวยูเรีย-ฟอร์มัลดีไฮด์ผสมตามเปอร์เซ็นต์ของกาวต่างๆ คือ 7 % , 10% , 13% และ 16 % ทำการอัดและกำหนดขนาดของแผ่นประกอบทดแทนไม้ ทั้ง 2 ประเภทดังนี้

1. กระดาษหนังสือพิมพ์ อัดเป็นแผ่นขนาดกว้าง 30 เซนติเมตร ยาว 30 เซนติเมตร หนา 10 มิลลิเมตร
2. กระดาษพิมพ์และเขียน อัดเป็นแผ่นขนาดกว้าง 30 เซนติเมตร ยาว 30 เซนติเมตร หนา 10 มิลลิเมตร

1.5.2. ตัวแปรที่จะทำการศึกษา

ตัวแปรต้น คือ ประเภทของกระดาษที่นำมาพัฒนาเป็นแผ่นประกอบทดแทนไม้ ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ กระดาษหนังสือพิมพ์ และกระดาษพิมพ์และเขียน โดยใช้กาวยูเรีย-ฟอร์มัลดีไฮด์ผสมตามเปอร์เซ็นต์ต่างๆ คือ 7 % , 10% , 13% และ 16 %

ตัวแปรตาม คือ คุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกลของแผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจากกระดาษเหลือใช้

1.6.นิยามศัพท์เฉพาะที่ใช้ในการวิจัย

แผ่นประกอบทดแทนไม้ หมายถึง แผ่นวัสดุที่ได้จากกระดาษเหลือใช้ประเภทกระดาษหนังสือพิมพ์และกระดาษพิมพ์และเขียน นำมาประกอบอัดให้ได้เป็นแผ่น ๆ ตามความหนาที่ต้องการ ด้วยเครื่องอัดร้อน โดยใช้กาวยูเรีย-ฟอร์มัลดีไฮด์ผสมตามเปอร์เซ็นต์ต่างๆ คือ 7 % , 10%, 13% และ 16 %

กระดาษเหลือใช้ หมายถึง กระดาษที่เหลือจากการตัดขอบกระดาษของโรงพิมพ์ โดยใช้เฉพาะกระดาษหนังสือพิมพ์และกระดาษพิมพ์และเขียน

วัสดุทดแทน หมายถึง วัตถุดิบที่มีการทดสอบหรือทดลองขึ้นมาใหม่ เพื่อใช้แทนวัตถุดิบที่กำลังมีปริมาณลดน้อยลง

กาว หมายถึง สารเคมี ยูเรีย – ฟอร์มมัลดีไฮด์ ใช้เป็นตัวประสานเพื่อให้เกิดปฏิกิริยาการยึดเกาะระหว่างกาวกับเยื่อกระดาษ

ทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกล หมายถึง คุณภาพที่ได้จากการทดสอบแผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตด้วยกระดาษเหลือใช้ ตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง (มอก. 966 – 2533) ประกอบด้วย

<u>คุณสมบัติทางกายภาพ</u>

1. การทดสอบความหนาแน่น หมายถึง ปริมาณของเยื่อกระดาษที่ถูกนำมาผ่านการอัดด้วยเครื่องอัดร้อน ใช้แรงอัดประมาณ 40 – 50 ปอนด์ / ตารางเซนติเมตร

2. การทดสอบความชื้น หมายถึง ค่าน้ำหนักของแผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่วัดได้ด้วยการชั่ง ระหว่างก่อนอบและหลังอบแห้ง

3. การทดสอบการดูดซึมน้ำและการขยายตัวทางความหนา หมายถึง ค่าน้ำหนักของแผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่วัดได้ด้วยการชั่ง ระหว่างก่อนแช่น้ำและหลังแช่น้ำ

<u>คุณสมบัติเชิงกล</u>

1. การทดสอบความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า หมายถึง แรงที่มากระทำให้วัตถุแยกออกจากกันด้วยวิธีการดึงด้วยเครื่อง

2. การทดสอบความต้านแรงดัด หมายถึง แรงที่กระทำจนวัตถุที่ถูกกระทำโก่งหรืองอ ความแข็งหรือแกร่งของแผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ต้านทานต่อแรงที่มากระทำให้แผ่นประกอบทดแทนไม้โก่งหรืองอ

3. การทดสอบความยึดเหนี่ยวของตะปูเกลียว หมายถึง แรงที่กระทำให้วัสดุ 1 หรือ 2 ชิ้นยึดติดกันด้วยตะปูเกลียวขนาด 3.5 ยาว 25 มม. ก่อนไปหาคุณภาพของวัสดุด้วยวิธีการดึงด้วยเครื่อง จนสามารถแยกออกจากกันได้

กระดาษหนังสือพิมพ์ หมายถึง เป็นกระดาษที่มีคุณลักษณะของเส้นใยที่ยาว มีวิธีการผลิตแบบ Setterbout เป็นกระดาษที่ได้จากการตัดขอบของกระดาษหนังสือพิมพ์จากโรงพิมพ์

กระดาษพิมพ์และเขียน หมายถึง เป็นกระดาษที่มีคุณลักษณะของเส้นใยที่สั้น มีวิธีการผลิตแบบกึ่งเคมี เป็นกระดาษที่ได้จากการตัดขอบของกระดาษพิมพ์และเขียนจากโรงพิมพ์

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยเรื่อง การศึกษาและพัฒนากระดาษเหลือใช้ เป็นแผ่นประกอบทดแทนไม้ ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาค้นคว้าข้อมูลจากตำราเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

2.1 ความสำคัญของกระดาษ

2.2 ประเภทของกระดาษ

2.3 คุณสมบัติทั่วไปของกระดาษ

2.4 กระบวนการผลิตเยื่อกระดาษ

2.5 แผ่นประกอบ

2.6 แผ่นเส้นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง

2.7 การพัฒนาแผ่นวัสดุอัด

2.8 มาตรฐานการทดสอบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง

2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ความสำคัญของกระดาษ

กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม (2542 : 4-5) กล่าวว่า กระดาษเป็นปัจจัยที่สำคัญ และมีความจำเป็นอย่างยิ่งสำหรับชีวิตประจำวันอย่างหนึ่ง เพราะเมื่อมนุษย์ได้มีการพัฒนาและมีความเจริญมากขึ้น การใช้กระดาษเพื่อความเจริญทางวัฒนธรรมก็ดี ในด้านอุตสาห-กรรมก็ดี และในด้านหัตถกรรมก็ดี ก็มีความจำเป็นเป็นเงาตามตัวในชีวิตประจำวันของเราจึงหลีกเลี่ยงการใช้กระดาษไปเสียมิได้ กระดาษนับวันจะเพิ่มความสำคัญขึ้นเลื่อยๆ จนมีผู้กล่าวว่า กระดาษ เป็นเครื่องชี้ชนิดหนึ่งในการแสดงระดับความเจริญในด้านต่างๆ รวมทั้งเศรษฐกิจ การศึกษาและอารยธรรมของประเทศนั้นๆ และเป็นที่ปรากฏว่า ในประเทศที่เจริญก้าวหน้ามาก ก็มักมีการใช้กระดาษในอัตราที่สูงกว่าประเทศที่เจริญน้อย

กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม (ม.ท.ป.) พบว่า การใช้กระดาษของคนไทย ยังไม่เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด เพราะยังมีส่วนที่เหลือทิ้งอีกเป็นจำนวนมากที่ยังไม่ได้มีการนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์ กลายเป็นกองขยะขนาดมหึมาปรากฏให้เห็นอยู่ทั่วไป จนกลายเป็นปัญหาทางด้านความสะอาด ความเป็นระเบียบเรียบร้อยของบ้านเมือง และเกิดผลเสียทางเศรษฐกิจอย่างมาก เนื่องจากในแต่ละปี ประเทศไทยต้องส่งนำเข้ากระดาษประเภทต่างๆ จากต่างประเทศเป็นเงินนับพันล้านบาท

กองส่งเสริมหัตถกรรมไทย กรมส่งเสริมอุตสาหกรรมไทย จึงได้เริ่มเข้ามามีบทบาทในการส่งเสริมให้มีการนำเศษกระดาษส่วนที่เหลือทิ้ง จากการใช้งานโดยทั่วไป มาใช้เป็นวัตถุดิบในการทำผลิตภัณฑ์กระดาษอัด (Paper Mache) เพื่อเป็นการเพิ่มมูลค่าของเศษกระดาษ ประกอบกับสภาวะปัจจุบัน อาชีพการทำหัตถกรรมบางประเภทของไทยประสบปัญหาด้านการขาดแคลนวัตถุดิบในการผลิต เช่น ไม้มีไม่พอเพียงแก่ความต้องการของการผลิตงานด้านหัตถกรรม โดยเฉพาะทางด้านการผลิตเฟอร์นิเจอร์ ผลิตภัณฑ์ไม้แกะสลัก เครื่องเขิน และผลิตภัณฑ์อื่นๆ ที่ต้องใช้ไม้เป็นส่วนประกอบในการผลิต ดังนั้น การนำเศษกระดาษที่เหลือทิ้งมาใช้ให้เกิดประโยชน์จึงเป็นการช่วยสร้างงานหัตถกรรมอีกประการหนึ่ง คือหัตถกรรมกระดาษอัด ซึ่งจะช่วยแบ่งเบาภาระการใช้วัตถุดิบประเภทไม้ และช่วยลดปัญหาการจ้างงาน จากแรงงานภาคหัตถกรรมประเภทไม้ได้ส่วนหนึ่ง นอกจากนี้ยังช่วยให้คนไทยเกิดความภาคภูมิใจกับผลิตภัณฑ์ที่ผลิตขึ้นมา โดยใช้วัสดุเหลือใช้ในท้องถิ่น หรือวัสดุที่มีอยู่ในธรรมชาติ และเป็นการช่วยเปลี่ยนแปลงค่านิยมของคนไทยจากการใช้ผลิตภัณฑ์ประเภทที่อาศัยเทคโนโลยีทางอุตสาหกรรม เช่น ผลิตภัณฑ์ของเด็กเล่นพลาสติก ที่มีราคาแพงและอาจก่อให้เกิดอันตรายจากการเล่นได้

2.2 ประเภทของกระดาษ

จรินทร์ เทศวานิช และ เอกพล หนุ่ยศรี (2535 :13 – 16) กล่าวว่า กระดาษที่ใช้ในการพิมพ์มีหลายประเภท แต่ละประเภทก็มีความเหมาะสมกับวัตถุประสงค์ของการใช้งานแต่ละอย่างต่างๆ กันออกไป ในการเลือกใช้จะต้องพิจารณาให้เหมาะสมกับองค์ประกอบต่างๆ ในการพิมพ์ด้วย เช่น ขนาด สี ความขาว ความเรียบ ความมัน การดูดซึมหมึก ความเหนียว ฯลฯ สิ่งเหล่านี้ล้วนมีผลต่อการพิมพ์บนเครื่องพิมพ์และคุณภาพของงานพิมพ์ทั้งสิ้น ฉะนั้น จึงมีความจำเป็นต้องมีความรู้เกี่ยวกับกระดาษประเภทต่างๆ ด้วย จึงจะปฏิบัติงานทางการพิมพ์ได้อย่างถูกต้องและประหยัด

กระดาษอาจแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท ตามลักษณะของผิว คือ กระดาษไม่เคลือบผิว และกระดาษเคลือบผิว กระดาษทั้งสองชนิดมีการใช้งานและคุณสมบัติที่แตกต่างกันดังรายละเอียดต่อไปนี้

2.2.1 กระดาษไม่เคลือบผิว (Uncoated Paper)

ดังที่ได้กล่าวว่ากระดาษประกอบด้วยเยื่อไม้ที่เป็นเส้นใย และสารผสมอื่นๆ เมื่อนำมาทำเป็นแผ่นกระดาษ เส้นใยเหล่านี้มีการประสานกันไปมา และมีสารที่ช่วยทำให้ขาวให้เรียบและการควบคุมการซึมกระจายอยู่ทั่วไป ถ้าดูด้วยกล้องขยายจะเห็นว่า กระดาษมีพื้นผิวที่ขรุขระไม่เรียบถึงแม้ว่าเมื่อดูด้วยตาเปล่าจะเห็นว่าเรียบดีแล้วก็ตาม ความไม่เรียบนั้นจะมีผลต่อการพิมพ์ภาพสกรีน

ที่มีรายละเอียดมากๆ แต่ถ้าเป็นการพิมพ์ภาพรายเส้น ตัวหนังสือหรือภาพสกรีนหยาบๆ ทั่วไปก็ไม่มีผลต่อการพิมพ์มากนัก

ในท้องตลาดทั่วไปกระดาษไม่เคลือบผิวจะแบ่งออกเป็นชนิดต่างๆ ดังนี้

2.2.1.1 กระดาษหนังสือพิมพ์ เป็นกระดาษที่ใช้พิมพ์หนังสือพิมพ์ หรือสิ่งพิมพ์ที่ต้องการความประหยัด ทำจากเยื่อไม้ที่ได้จากวิธีเชิงกล มีคุณสมบัติในการดูดซึมหมึกได้ดี มีความทึบแสงสูง และมีราคาต่ำ แต่มีข้อเสีย คือ สีไม่ขาวและถ้าทิ้งไว้นานๆ จะมีสีคล้ำขึ้น ใช้พิมพ์สิ่งพิมพ์ที่ใช้ชั่วคราว ไม่ต้องการเก็บไว้นาน ไม่ต้องการคุณภาพสูงและราคาประหยัด เช่น ในการพิมพ์ใบปลิวโฆษณา หนังสือพิมพ์ วารสาร หนังสืออ่านทั่วไปและสิ่งพิมพ์อื่นๆ

กระดาษหนังสือพิมพ์มีคุณภาพต่างๆ กันหลายชนิด ตามคุณภาพของเยื่อ กรรมวิธีการผลิตและประเทศผู้ผลิต บางชนิดสีคล้ำมาก บางชนิดสีค่อนข้างขาว และมีความเรียบต่างๆ กัน ด้วยกระดาษชนิดนี้ เมื่อออกจากเครื่องทำกระดาษแล้วนำไปขัดมันจะทำให้ผิวเรียบและมันยิ่งขึ้น เรียกว่า กระดาษปรู๊ฟมัน ซึ่งสามารถพิมพ์ใช้งานได้ดีเช่นกัน แต่ราคาจะสูงกว่ากระดาษปรู๊ฟธรรมดา ขนาดที่ใช้กันทั่วไปขณะนี้มีน้ำหนักประมาณ 49 กรมต่อตารางเมตร (ตามมาตรฐานอุตสาหกรรม)

2.2.1.2 กระดาษที่ใช้ในการเขียน เป็นกระดาษที่มีความเหนียวพอสมควรคุณสมบัติที่สำคัญคือ ต้องมีสีและผิวหน้าที่เหมาะสมต่อการเขียนและการใช้งาน จึงจำเป็นต้องใส่สารเพื่อช่วยให้ผิวและสีของกระดาษมีความยาวและเรียบเหมาะสม และป้องกันไม่ให้กระดาษดูดซึมหมึกที่ใช้เขียนมากเกินไป

2.2.1.3 กระดาษที่ใช้ในการพิมพ์ ควรมีคุณสมบัติต่างๆ ดังต่อไปนี้ คือ สามารถรับหมึกพิมพ์ได้ไม่ควรทำให้หมึกพิมพ์แห้งตัวช้า มีความเรียบและความพรุนพอเหมาะที่จะทำให้หมึกพิมพ์ซึมผ่านได้ มีความทึบแสง มีสีที่ถูกต้องตามประเภทของงาน มีความมัน ความยืดหยุ่นต่อแรงกดขณะพิมพ์ มีความทนทานต่อการดึงถอนที่ผิว ไม่เปลี่ยนขนาดได้ง่าย เมื่อรับและเปลี่ยนความชื้น ไม่มีฝุ่นผงที่ผิวหน้า และแข็งแรงพอที่จะป้อนเข้าเครื่องพิมพ์ได้ นอกจากนี้กระดาษที่ใช้ในการพิมพ์ยังมีขนาดและความหนาแตกต่างกันไป ตามวัตถุประสงค์ของการใช้งาน มีทั้งแบบเคลือบผิวและไม่เคลือบผิว

2.2.2 กระดาษเคลือบผิว (Coated Paper)

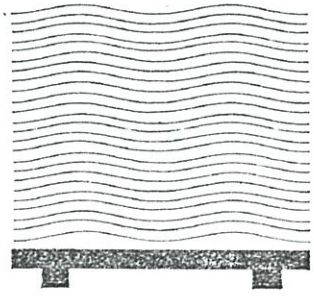
กระดาษเคลือบผิว ได้แก่ กระดาษธรรมดาที่ถูกนำไปเคลือบผิวด้วยสารที่ทำให้ผิวมีความเรียบและมันมากขึ้น เช่น เคลือบด้วยสารพวกแคลเซียมคาร์บอเนต ไดตาเนียมไดออกไซด์ หรือวัตถุประเภทดินขาว และสารสังเคราะห์อื่นๆ สารที่เคลือบผิวนี้จะทำให้กระดาษมีผิวที่เรียบและมัน เหมาะสำหรับการพิมพ์สิ่งพิมพ์ที่ต้องการรายละเอียดมากๆ

กระดาษเคลือบผิวมีหลายชนิด เช่น เคลือบผิวหน้าเดียว เคลือบผิว 2 หน้า เคลือบผิวมัน เคลือบผิวด้าน และมีน้ำหนักแตกต่างกันออกไปตั้งแต่ 80 – 350 กรัมต่อตารางเมตร ชื่อที่ใช้เรียกทั่วไป คือ กระดาษอาร์ต และนอกจากจะมีชนิดผิวเรียบแล้วยังมีชนิดที่ปั๊มลายต่างๆ ด้วย เช่น ลายผ้า ลายหนังไก่ ลายเส้น เพื่อให้มีลักษณะแปลกตาออกไป

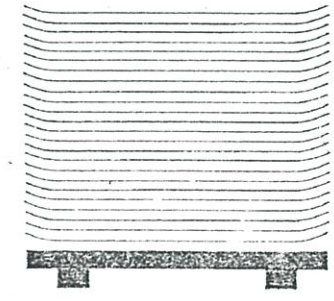
2.3 คุณสมบัติทั่วไปของกระดาษ

คมสัน เรืองโกศล (2540 : 10-13) กล่าวว่า จากการที่กระดาษมีองค์ประกอบส่วนใหญ่ คือ เยื่อไม้ ซึ่งเป็นสารประเภทเซลลูโรสและมีคุณสมบัติในการดูดน้ำได้ดี ประกอบกับกรรมวิธีการผลิตโดยใช้เครื่องจักร ทำให้เกิดเกรนของกระดาษขึ้น จึงทำให้กระดาษโดยทั่วไปมีคุณสมบัติทางกายภาพดังนี้

2.3.1 การยืดและการหดตัว กระดาษเป็นวัสดุที่สามารถดูดความชื้นได้ดีและรวดเร็ว เมื่อได้รับความชื้น ในแนวขวางเกรนมากกว่าแนวตามเกรน ประมาณ 4 – 5 เท่า ซึ่งถ้ากระดาษทั้งแผ่นได้รับปริมาณความชื้นเท่ากัน ก็จะมีการขยายตัวอย่างสม่ำเสมอทั่วทั้งแผ่นแต่ถ้าได้รับไม่เท่ากัน อัตราการขยายตัวของแต่ละส่วนก็ไม่เท่ากัน ทำให้เกิดการโค้งงอได้ เช่น ถ้ากระดาษที่กองไว้เป็นรีมๆ ตั้งทับกันในแนวตั้ง เมื่อปริมาณความชื้นในอากาศเพิ่มมากขึ้น เฉพาะบริเวณขอบกระดาษที่จะสามารถดูดความชื้นได้ บริเวณที่อยู่ข้างในจะรับไม่ได้เพราะถูกกองทับอยู่ ฉะนั้น บริเวณตรงขอบจึงมีการขยายตัวมากกว่าตรงกลาง ซึ่งจะทำให้กระดาษบริเวณขอบเกิดการโค้งงอเป็นลูกคลื่นขึ้น ในทางตรงกันข้ามถ้ากระดาษสูญเสียความชื้นในตัวไปก็จะเกิดการหดตัว แต่ถ้าเป็นการสูญเสียความชื้นที่ไม่สม่ำเสมอทั้งแผ่น ก็จะเกิดการโค้งงอได้เช่นกัน เช่น ในกรณีกระดาษที่เป็นรีมที่กองทับกันดังกล่าวข้างต้น ถ้าปริมาณความชื้นในอากาศมากกว่าในกระดาษ เฉพาะบริเวณขอบเท่านั้นที่จะสูญเสียความชื้นไป แต่ตรงกลางที่ถูกทับอยู่จะไม่เสียความชื้น ฉะนั้นบริเวณตรงขอบจึงหดตัวและมีความยาวน้อยกว่าตรงกลาง ทำให้เกิดการโค้งงอในรูปกระทะขึ้น ดังภาพที่ 2.1



ก. ภาพกระดาษบริเวณขอบเกิดความโค้งงอเป็นลูกคลื่น



ข. ภาพกระดาษที่โค้งงอในรูปกระทะ

ภาพที่ 2.1 แสดงการโค้งงอบริเวณขอบกระดาษเมื่อถูกความชื้น

การที่กระดาษมีการดูดหรือดายความชื้นแล้วทำให้กระดาษยืด – หด เป็นปัญหาที่สำคัญในการพิมพ์อย่างมาก เพราะหากเป็นการพิมพ์สี่สี หรือหลายสี ที่ต้องการให้ภาพที่เกิดจากการพิมพ์ในแต่ละครั้งอยู่ในตำแหน่งที่ต้องการ ถ้าภายหลังจากการพิมพ์สีแรกไปแล้วกระดาษเกิดยืดขึ้น จะทำให้สีต่อๆ ไปพิมพ์ไม่ตรงตำแหน่งที่ต้องการ หรือแม้แต่การพิมพ์สีเดียวในการพิมพ์ออฟเซต ก็อาจเกิดปัญหาได้เช่นกัน เพราะเมื่อกระดาษเคลื่อนที่ผ่านแรงกดระหว่างโมกดพิมพ์กับโมยาง กระดาษส่วนที่ยืดหรือหดจะถูกรีดออกไปทำให้เกิดรอยยับย่นขึ้น ถ้าเป็นการยืดตัวบริเวณขอบจะเกิดรอยยับย่นบริเวณนั้น ถ้าเป็นเพราะกระดาษบริเวณขอบหดตัวจะเกิดรอยยับย่นบริเวณกลางกระดาษ

2.3.2. การมีสองหน้า การที่เยื่อไม้มีการจัดเรียงตัวและถูกทำให้เป็นแผ่นบนตะแกรงสานพานของเครื่องทำกระดาษ ทำให้ลักษณะของกระดาษสองหน้าไม่เหมือนกันกล่าวคือ ด้านที่สัมผัสกับตะแกรงสายพาน จะมีร่องรอยตะแกรงปรากฏให้เห็นและไม่เรียบเท่ากับด้านที่อยู่ข้างบน การที่สองด้านมีความเรียบของผิวไม่เท่ากันเช่นนี้ ทำให้เกิดผลทางการพิมพ์คือ ด้านตะแกรนสายพานจะพิมพ์ภาพสกีนไม่ชัดเจนเท่ากับด้านบนที่มีความเรียบมากกว่า แต่ถ้าไม่นำมาเปรียบเทียบกันแล้ว จะมองไม่เห็นความแตกต่าง

2.3.3 ความสามารถในการดูดซึมหมึกพิมพ์ การดูดซึมหมึกพิมพ์ของกระดาษขึ้นอยู่กับชนิดของเยื่อที่ใช้ทำกระดาษและส่วนผสมบางอย่างที่ผสมลงไปในขณะทำกระดาษ เช่น กระดาษที่ทำจากเยื่อที่ทำโดยวิธีเชิงกล จะสามารถในการดูดซึมหมึกได้ดี เช่น กระดาษหนังสือพิมพ์ ส่วนกระดาษพิมพ์เขียนทั่วไป เช่น กระดาษปอนด์ จะดูดซึมหมึกได้น้อยกว่า เพราะทำจากเยื่อไม้ประเภทไม้เนื้ออ่อนและได้ผสมสารประเภทเรซิน ซึ่งลดการดูดซึมของกระดาษลงไปด้วยในการทำกระดาษ

2.3.4 ความต้านทานต่อการดึงถอนที่ผิว ผิวของกระดาษแต่ละชนิดมีความต้านทานต่อการถูกดึงที่ผิวไม่เท่ากัน บางชนิดเมื่อสัมผัสกับหมึกพิมพ์ที่หนืดสูง และแยกจากกัน เส้นใยที่บริเวณผิวก็จะถูกดึงหลุดตามแม่พิมพ์หรือผ้ายางออกไปได้โดยง่ายแต่บางชนิดก็หลุดยาก ทั้งนี้ย่อมขึ้นอยู่กับขนาดความยาวของเส้นใย การยึดเกาะกันของเส้นใยความเหนียวของหมึกและขึ้นกับความเร็วของการพิมพ์ด้วย เพราะยิ่งพิมพ์เร็วมากแรงดึงของหมึกในขณะแยกตัวจากกระดาษก็ยิ่งมากขึ้น

เมื่อเกิดการดึงถอนตัวของเส้นใยขึ้นแล้วจะเป็นผลให้ภาพพิมพ์มีรอยด่างตรงตำแหน่งที่เส้นใยถูกดึงออกไป และในกรณีของการพิมพ์ออฟเซต เส้นใยที่ถูกดึงถอนเหล่านี้จะไปสะสมบนผ้ายางหรือบนแม่พิมพ์ส่วนที่เป็นภาพ และเมื่อเส้นใยเหล่านี้รับน้ำจากลูกน้ำไว้ ก็จะทำให้ส่วนนี้ของภาพไม่สามารถรับหมึกได้เต็มที่ จึงเกิดรอยด่างบนภาพพิมพ์ ถึงแม้ว่าจุดนั้นบนกระดาษจะไม่ได้เกิดการดึงถอนก็ตาม คำว่าดึงถอนนี้ในท้องตลาดทั่วไปมักเรียกทับศัพท์กันว่า “ พิกกิ้ง ”หรือ “ หมึกถอน ”

2.3.5 ความขาว ความขาวเป็นคุณสมบัติที่สำคัญของกระดาษอีกอย่างหนึ่งที่มีผลต่อการพิมพ์ โดยเฉพาะการพิมพ์ภาพสี เพราะสีของกระดาษจะมีผลต่อการมองเห็นสีของหมึกพิมพ์ที่พิมพ์ลงไปด้วย เช่น ถ้าพิมพ์หมึกสีฟ้า ลงบนกระดาษสีเหลืองจะปรากฏเห็นเป็นสีเขียว ฉะนั้นถ้ากระดาษไม่มีความขาวที่แท้จริง สีที่ปรากฏแก่ตาก็จะเพี้ยนไปด้วย ส่วนจะมากเพียงไรนั้นก็ขึ้นกับความไม่ขาวของกระดาษ จึงเป็นเหตุผลว่าในการพิมพ์สี่สีที่ต้องการให้ภาพออกมาเหมือนต้นฉบับมากที่สุดนั้น ต้องใช้กระดาษที่ขาวจริงๆ

2.3.6 ความสม่ำเสมอในการกระจายตัวของเยื่อกระดาษ เนื่องจากในการทำกระดาษนั้นใช้วิธีปล่อยเยื่อที่ผสมอยู่ในน้ำให้ลงไปบนตะแกรนสานพานของเครื่องทำกระดาษที่กำลังเคลื่อนตัว ฉะนั้นหากความเข้มข้นของเยื่อมีไม่มากพอหรือการกระจายตัวของเยื่อในน้ำไม่ดี เมื่อเกิดเป็นกระดาษขึ้น เยื่อก็จะมีการกระจายตัวบนแผ่นกระดาษไม่สม่ำเสมอ บางส่วนมาก บางส่วนน้อย ซึ่งสามารถส่องแผ่นกระดาษกับแสงสว่างแลเห็นได้ ถ้าเป็นเช่นนี้จะทำให้การดูดซึมหมึกของกระดาษไม่สม่ำเสมอไปด้วยและจะเห็นได้ชัดเมื่อพิมพ์ภาพพื้นทึบและสกรีน

2.4 กระบวนการผลิตเยื่อกระดาษ

คมสัน เรืองโกศล (2540 : 1-6) กล่าวว่า การผลิตเยื่อ คือ กระบวนการแปรสภาพวัตถุดิบเส้นใยให้เป็นเส้นใยเยื่อ เพื่อให้เหมาะสมกับประเภทของกระดาษที่จะทำการผลิต

2.4.1 วัตถุดิบสำหรับการผลิตเยื่อกระดาษ

เยื่อกระดาษสามารถทำได้จากพืชชนิดต่างกัน เซลล์อันเป็นหน่วยโครงสร้างที่เจริญเติบโตเป็นต้นพืช แต่ละเซลล์ประกอบด้วยผนังเซลล์ล้อมรอบช่องว่าง เซลล์ดังกล่าวนี้มีลักษณะเป็นรูปทรงกระบอกกลวง ปลายหัวท้ายแหลม ทางวิชาการผลิตเยื่อกระดาษเรียกว่า เส้นใย หรือ Fiber พืชที่จะนำมาผลิตเยื่อกระดาษจะต้องมีเส้นใยที่มากพอ แม้ว่าพืชทุกชนิดจะมีเส้นใยอยู่ก็ตาม แต่ก็มิได้หมายความว่าพืชทุกชนิดจะนำมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตเยื่อกระดาษได้ ซึ่งจะพิจารณาถึงความเหมาะสมต่างๆ ด้วยคือ

1. การให้เส้นใยที่ใช้งานได้
2. ความง่ายต่อการต้มย่อยเป็นเยื่อ
3. ความสามารถทนต่อปฏิกริยาในการต้มย่อย
4. แหล่งและการจัดหา
5. ค่าใช้จ่ายในการเก็บ รวบรวม ขนส่ง การเก็บรักษา

พืชต่างๆ ที่ใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตเยื่อกระดาษแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มใหญ่ คือ

1. ไม้ยืนต้น (Wood)

ไม้ยืนต้นหลายชนิดที่สามารถใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตเยื่อกระดาษได้ และแบ่งตามลักษณะของการให้เส้นใยออกเป็น 2 ประเภท คือ

1.1. ไม้สน Softwood

1.2. ไม้ใบกว้าง Hardwood

2. พืชล้มลุกหรือพืชปลูกหมุนเวียนสำหรับการผลิตเยื่อ (Nonwood Plant)

พืชล้มลุกหรือพืชหมุนเวียน เป็นแหล่งวัตถุดิบที่สำคัญในการผลิตเยื่อเพื่อใช้ในการผลิตกระดาษพิเศษ (Specially Paper) โดยทั่วไปแบ่งออกเป็น 3 แหล่ง คือ

2.1. ผลิตผลพลอยได้จากการเกษตร เช่น ฟางข้าว ชานอ้อย

2.2. พืชล้มลุกที่ขึ้นเองตามธรรมชาติ เช่น ไม้ไผ่ หญ้าขจรจบ อ้อ กก เป็นต้น

2.3. พืชปลูกหมุนเวียนรอบปีเพื่อใช้เป็นวัตถุดิบเส้นใย

- เส้นใบจากใบ ป่านศรนารายณ์ สับปะรด
- เส้นใยจากเปลือกลำต้น เช่น ปอแก้ว ปอกระเจา
- เส้นใยจากฝ้าย เช่น เศษผ้าฝ้าย

2.4.2 กระบวนการผลิตเยื่อกระดาษ

กระดาษที่ผลิตและใช้กันอยู่ในปัจจุบันมีมากมายหลายชนิด โดยที่แต่ละชนิดก็มีลักษณะและสภาพการใช้งานไม่เหมือนกัน คุณภาพและราคาก็แตกต่างกัน ฉะนั้นในการผลิตเยื่อกระดาษจะต้องพิจารณาถึง ชนิดของเยื่อที่จะต้องใช้ด้วย เพื่อให้ได้คุณสมบัติของกระดาษตามที่ต้องการ

กระบวนการผลิตเยื่อ จะเป็นปัจจัยข้อหนึ่งที่จะมีผลต่อคุณสมบัติของเยื่อ ถึงแม้ว่าวัตถุดิบชนิดเดียวกันแต่ทำการผลิตที่กระบวนการต่างกัน คุณสมบัติของเยื่อที่ได้ก็จะแตกต่างกัน กระบวนการผลิตเยื่อแบ่งออกได้เป็น 3 แบบ คือ

1. Mechanical Pulping Process คือกรรมวิธีใช้เครื่องบดเยื่อ ส่วนใหญ่ใช้กับไม้เนื้อแข็ง กระดาษที่ได้เรียกว่า กระดาษจากการบดเยื่อ เพราะใช้เครื่องจักรและหินบดค่อยๆ บดจากไม้เป็นท่อนให้เป็นชิ้นเล็กๆ หรือบดจากชิ้นไม้สับให้เป็นเส้นใยเล็กๆ

2. Semi Chemical Pulping Process คือกรรมวิธีใช้แบบกึ่งเคมี เป็นกรรมวิธีผสมผสานระหว่างการใช้สารประกอบทางเคมีกับกรรมวิธีการใช้เครื่องบดชิ้นไม้ เพื่อให้เกิดไฟเบอร์หรือเส้นใยเป็นกรรมวิธีที่ให้เยื่อถึง 80 % โดยการนำไม้ที่เป็นวัตถุดิบมาต้มกับสารเคมีเพื่อให้เนื้อไม้อ่อนตัวลงแล้วนำเข้าเครื่องบดแยกเนื้อไม้ออกเป็นเส้นใย คุณภาพของเส้นใยจะน้อยกว่าการใช้สารเคมีล้วนๆ แต่สิ้นเปลืองพลังงานน้อยกว่า

3. Chemical Pulping Process คือกรรมวิธีทางเคมี เป็นการใช้สารประกอบทางเคมีจำพวกซัลเฟตและซัลไฟต์เป็นตัวทำละลายทำให้มีเส้นใยในเนื้อไม้เหลืออยู่สำหรับใช้ทำกระดาษ แต่ให้ผลผลิตต่ำ คือ 45 – 60 % เท่านั้น

2.5 แผ่นประกอบ

2.5.1 ความหมายของแผ่นประกอบ (วรธรรม อุ่นจิตติชัย. 2541 : 13-15)

แผ่นประกอบ (Wood-Based Panels) หมายถึง ผลิตภัณฑ์แผ่นวัสดุที่ผลิตขึ้นจากไม้หรือวัสดุประเภทลิกโนเซลลูโลส ซึ่งใช้ในรูปร่างลักษณะต่างๆ กัน เช่น แท่งไม้จริง (Solid Wood) ไม้บาง (Veneer) แถบไม้ (Strand) ชิ้นไม้ (Particle) หรือเส้นใย (Fiber) ฯลฯ มาประกอบกันขึ้นเป็นแผ่น โดยอาจจะใช้สารเชื่อมยึด หรือสารเติมแต่งอื่นๆ ด้วยก็ได้

ดังนั้น แผ่นไม้ประกอบ จึงแบ่งแผ่นไม้ต่างๆ ออกได้เป็น 5 กลุ่มใหญ่ๆ ตามลักษณะรูปร่างของวัสดุที่นำมาประกอบกันขึ้น ดังนี้

1. กลุ่มแผ่นไม้ประกอบ (Solid Wood- Based Panels)
2. กลุ่มแผ่นไม้อัด (Plywoods)
3. กลุ่มแผ่นชิ้นไม้อัดหรือแผ่นปาร์ติเกิล (Particleboards)
4. กลุ่มแผ่นใยไม้อัด (Fiberboards)
5. กลุ่มแผ่นไม้อัดสารแร่ (Mineral-Bonded Panels)

2.5.1.1 กลุ่มแผ่นไม้จริงประกอบ ได้แก่ แผ่นไม้ประสาน (Edged-Bonded Wood or Laminated Wood) แผ่นไม้ประกับ (Glued Laminated Wood) แผ่นไม้บางประกับ (Laminated Veneer Lumber) ฯลฯ

2.5.1.2 กลุ่มแผ่นไม้อัด ได้แก่ แผ่นไม้บาง (Veneer Sheets) แผ่นไม้อัด (Plywood) แผ่นไม้อัดจากไม้บาง (Veneer Plywood) แผ่นไม้อัดไส้วัสดุอื่น (Core Plywood เช่น แผ่นไม้อัดไส้ไม้ระแนง , Blockboard) แผ่นไม้ประกอบ (Sandwich Boards)ฯลฯ

2.5.1.3 กลุ่มแผ่นชิ้นไม้อัด ได้แก่ แผ่นปาร์ติเกิลจากไม้แบบอัดราบ (Particleboard of Wood , Flat Press) แผ่นปาร์ติเกิลจากวัสดุลิกโนเซลลูโลสแบบอัดราบ (Particleboard of Other Lignocellulosic Materials , Flat Press) แผ่นปาร์ติเกิลแบบอัดกระทุ้ง (Extruded Particleboard) แผ่นเกล็ดไม้อัด (Waferboards) แผ่นแถบไม้อัดเรียงเสี้ยน(Oriented Strandboards) ฯลฯ

2.5.1.4 กลุ่มแผ่นใยไม้อัด ได้แก่ แผ่นใยฉนวน (Insulating Board) แผ่นใยไม้อัดแข็ง (Hardboard) แผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางหรือแผ่นเอ็มดีเอฟ (Medium Density Fiberboard)

2.5.1.5 แผ่นไม้อัดสารแร่ ได้แก่ แผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์ (Wood Particle-Cement Board) แผ่นฝอยไม้อัดซีเมนต์ (Wood Excelsior-Cement Board) แผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ (Wood Fiber-Cement Board) แผ่นใยไม่อัดยิปซั่ม (Fiber Gypsumboard)

คำนิยามของ Composites หมายถึง วัสดุที่ประกอบจากส่วนประกอบ 2 ชนิดขึ้นไป ส่วนแรกทำหน้าที่เป็นสารเพิ่มความแข็งแรง (Reinforcement) และส่วนประกอบอีกส่วนทำหน้าที่เป็นวัสดุพื้นซึ่งใช้รองรับหรือฝังหรือเชื่อมสารส่วนแรกไว้ (Matrix) โดยที่สารทั้งสองนี้จะต้องแสดงคุณสมบัติของสารแต่ละส่วนแยกกันอย่างชัดเจน แต่เมื่อนำมาผสมกันจะมีคุณสมบัติที่ส่งเสริมกัน

ด้วยเหตุนี้ ความหมายของแผ่นไม้ประกอบ จากคำว่า Wood Composites จึงกว้างและครอบคลุมกว่าคำว่า Wood-Based Panels นอกจากนี้ยังเหมาะสมกับสถานการณ์เทคโนโลยีทางไม้ในปัจจุบันที่เจริญก้าวหน้าอย่างมาก จากการพัฒนารูปแบบการแปรรูปชิ้นไม้ใหม่ๆ การพัฒนากาวติดไม้เดิมให้มีประสิทธิภาพขึ้น การคิดค้นกาวติดไม้ชนิดใหม่ๆ การประดิษฐ์และพัฒนาเครื่องมือและกระบวนการผลิตใหม่ๆ ตลอดจนการประยุกต์ระบบคอมพิวเตอร์มาใช้กับเทคโนโลยีไม้ เป็นต้น ทำให้เกิดเป็น รูปแบบผลิตภัณฑ์ใหม่ๆ และคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ดีขึ้นกว่าเดิมมาก ซึ่งนอกจากจะแทนที่ผลิตภัณฑ์แบบเก่าๆ แล้ว ยังใช้ทดแทนผลิตภัณฑ์ที่ทำมาจากไม้จริง และผลิตภัณฑ์ที่ทำมาจากแหล่งทรัพยากรอื่นที่ไม่สามารถสร้างขึ้นมาใหม่ได้ เช่น การใช้งานในรูปของแผ่นไม้ (Panels) แบบเดิมๆ เพียงอย่างเดียวเป็นส่วนใหญ่ในอดีต ก็ได้ขยายวงกว้างขึ้นคลอบคลุมการใช้งานทั้งลักษณะคล้ายไม้แปรรูปหนาๆ ไม้ท่อน ไม้แบบรูปร่างต่างๆ และไม้โครงสร้างขนาดใหญ่ๆ เพื่อทดแทนการใช้ไม้จริงขนาดใหญ่ๆ จากป่าธรรมชาติได้ เป็นต้น

2.5.2 ประเภทของแผ่นไม้ประกอบ (Wood Composites)

ประเภทของแผ่นไม้ประกอบ (Family of Wood Composites) ที่มีการแปรสภาพมาจากไม้ ซึ่งเป็นที่นิยมและผลิตกันในอุตสาหกรรมไม้ในปัจจุบัน สามารถแบ่งออกได้เป็น 4 ประเภทหลัก ตามลักษณะขนาดรูปร่างปรากฏของผลิตภัณฑ์ ดังต่อไปนี้

ผลิตภัณฑ์ประเภทแผ่นไม้ (Panel Products) ได้แก่

1. แผ่นไม้อัด (Plywood)
2. แผ่นไม้อัดไส้ไม้ระแนง (Blockboard)
3. แผ่นใยไม้อัด (Fiberboards)
   - ชนิดไม่อัดแน่น เช่น แผ่นใยฉนวน (Non- Compressed , Insulating Board)
   - ชนิดอัดแน่น เช่น แผ่นใยไม้อัดแข็ง (Compressed ,Hardboard)
4. แผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง (Medium Density Fiberboard ,MDF)
5. แผ่นชิ้นไม้อัด หรือ แผ่นปาร์ติเกิล (Particleboard ,PB)
6. แผ่นเกล็ดไม้อัด หรือ เวเฟอร์บอร์ด (Waferboards)

7. แผ่นแถบไม้อัดเรียงเสี้ยน (Oriented Strand Boards ,OSB)
8. แผ่นไม้อัดประกอบ (Composites Plywood ,COM-PLY ® Panels)

2.6 แผ่นเส้นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง

บริษัท ขอนแก่น เอ็ม.ดี เอฟ . บอร์ด จำกัด (2543 : 2-3) กล่าวว่า แผ่นเส้นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง หรือที่เรียนกันทั่วไปว่า MDF นั้น ส่วนใหญ่จะผลิตโดยใช้วิธีแห้งคือทำเส้นใยให้แห้งเสียก่อนที่จะนำไปสร้างเป็นแผ่นเพื่อเข้าเครื่องอัด เนื่องจากเส้นใยที่นำมาประกอบเป็นแผ่นนั้นถูกไล่น้ำให้หมดไป และการใช้อุณภูมิในการอัดต่ำกว่าการผลิตแผ่นใยไม้อัดแข็ง ดังนั้น การประสานตัวของกาวธรรมชาติที่ได้จากไม้ที่นำมาผลิตเป็นเส้นใยเพื่อทำ MDF จึงไม่สูงจะได้ผลความแข็งแรงส่วนใหญ่ของ MDF จะขึ้นอยู่กับกาววิทยาศาสตร์ที่นำมาใช้ช่วยประสานเส้นใยในการผลิตนั้น ความหนาแน่นโดยทั่วไปของ MDF อยู่ระหว่าง 660 – 860 kg/m ^{3} ฉะนั้น จึงจะเห็นได้ว่าช่วงความหนาแน่นของ MDF ไปคล่อมกับช่วงความหนาแน่นของแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นขั้นสูง ซึ่งกำหนดไว้ 560 – 800 kg/m ^{3} แต่ทว่าการใช้กาววิทยาศาสตร์เข้าเพิ่มในการผลิตแผ่น MDF นั้น ทำให้แผ่น MDF มีความแข็งแรงสูงกว่าแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางขั้นสูงด้วย

เป็นที่ยอมรับกันว่า MDF เป็นผลิตภัณฑ์ที่อยู่กึ่งกลางระหว่างแผ่นใยไม้อัดแข็ง กับแผ่นไม้สับอัด เพราะในกรรมวิธีการผลิตนั้น MDF ผลิตจากเส้นใยเช่นเดียวกับแผ่นใยไม้อัดแข็ง แต่การยึดประสานระหว่างเส้นใยภายในแผ่นเกิดจากกาววิทยาศาสตร์ที่ใช้ผสมเช่นเดียวกับกรรมวิธีการผลิตแผ่นไม้สับอัด ประสบการณ์ที่ได้รับจากวงการอุตสาหกรรมการผลิตเครื่องเรือนแสดงให้เห็นได้ว่า MDF เป็นผลิตภัณฑ์กลางๆ ที่มีคุณสมบัติและประโยชน์ผสมผสานระหว่างแผ่นใยไม้อัดแข็งกับแผ่นไม้สับอัด อย่างไรก็ดี MDF มีกลสมบัติและสรีสมบัติ ใกล้เคียงกับไม้ธรรมชาติมาก ด้วยเหตุนี้ MDF จึงสามารถนำไปใช้งานได้หลากหลายประเภทแทนไม้ธรรมชาติได้ดี

2.7 การพัฒนาแผ่นวัสดุอัด

สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (Online) กล่าวว่า งานวิจัยและพัฒนาแผ่นวัสดุอัด เป็นงานวิจัยในด้านของกระบวนการในการผลิตด้านวัสดุศาสตร์ ซึ่งมีขอบเขตการดำเนินงานดังนี้

1. วิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีสำหรับกระบวนการผลิตวัสดุใหม่ เพื่อใช้ทดแทนวัสดุที่กำลังลดน้อยลงอยู่ทุกขณะ

2. วิจัยและพัฒนาวัสดุเหลือใช้หรือเหลือทิ้งจากสถานที่ต่างๆ และสามารถที่จะนำกลับมาใช้ใหม่ได้

3. วิเคราะห์และให้คำปรึกษาด้านสิ่งแวดล้อม นิเวศวิทยา และพลังงาน

การพัฒนาแผ่นวัสดุอัด เป็นการวิจัยเชิงทดลอง โดยการใช้วัสดุที่เหลือใช้หรือเหลือทิ้งมาทำการรีไซเคิลเพื่อให้สามารถที่จะกลับมาใช้งานได้ดังเดิม และเพื่อใช้สำหรับเป็นวัสดุที่ทดแทนวัสดุที่มีปริมาณลดน้อยลง ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาและพัฒนาแผ่นประกอบ ที่ผลิตด้วยกระดาษเหลือใช้ เป็นการนำกระดาษที่เหลือจากการใช้งานแล้วหรือกระดาษที่ใช้งานแล้ว มาผ่านกระบวนการในการผลิต แล้วนำเข้าเครื่องอัดร้อน จะได้เป็นแผ่นกระดาษอัดเช่นเดียวกันการผลิตแผ่นประกอบหญ้าแฝก เป็นการผลิตเพื่อทดแทนวัสดุที่มีจำนวนลดน้อยลง และเมื่อผลวิจัยสำเร็จอาจมีการวิจัยต่อเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพให้กับวัสดุแผ่นที่อัดให้มีความสวยงามมีความน่าใช้มากขึ้นก็ได้

งานวิจัยฉบับนี้เป็นงานวิจัยเพื่อศึกษาและพัฒนากระดาษเหลือใช้เป็นแผ่นประกอบทดแทนไม้ โดยจะทำการผลิตเป็นแผ่นประกอบ ด้วยการใช้กาวยูเรีย-ฟอร์มัลดีไฮด์ผสมตามเปอร์เซ็นต์ต่างๆ คือ 7 % , 10% , 13% และ 16 % ใช้วัตถุดิบประเภทกระดาษ 2 ประเภทคือ

1. กระดาษหนังสือพิมพ์
2. กระดาษพิมพ์และเขียน

ซึ่งมีวิธีการผลิตเป็นแผ่นประกอบทดแทนไม้ ดังนี้

1. นำกระดาษทั้ง 2 ประเภทมาตัดให้เป็นฝอยแล้วนำไปแช่น้ำเป็นเวลา 1 คืน จากนั้นจึงนำมาเข้าเครื่องตีเยื่อกระดาษ 10 นาทีโดยการแยกตีเยื่อกระดาษแยกออกเป็น 2 ประเภท คือ เยื่อกระดาษที่ได้จากกระดาษหนังสือพิมพ์และเยื่อกระดาษที่ได้จากกระดาษพิมพ์และเขียน เมื่อตีเยื่อกระดาษเสร็จแล้วนำเยื่อกระดาษที่ได้มาบีบน้ำออกแล้วนำไปขยี้กับตระแกรงจากนั้นจึงนำไปตากแดดให้แห้งพอประมาณแล้วจึงนำมาเข้าเครื่องกระจายเยื่อแล้วนำเข้าตู้อบ อบให้ได้ความชื้นที่ต้องการ

2. นำเยื่อกระดาษที่ได้จากการอบทั้ง 2 ประเภทมาเข้าเครื่องผสมกาว ใช้กาวยูเรีย-ฟอร์มัลดีไฮด์ผสมตามเปอร์เซ็นต์ต่างๆ คือ 7 % , 10% , 13% และ 16 % โดยแบบเป็นเยื่อกระดาษที่ได้จากกระดาษหนังสือพิมพ์และเยื่อกระดาษที่ได้จากกระดาษพิมพ์และเขียน

2.1 วิธีการผสม (Blending) การผสมเป็นขั้นตอนที่สำคัญ ที่จะได้แผ่นประกอบที่มีคุณภาพตามต้องการ เพราะว่าการกระจายของกาวและส่วนผสมอื่นๆ ที่ไม่สม่ำเสมอ จะทำให้บริเวณนั้นมีการจับยึดกันระหว่างเยื่อกระดาษต่ำ และทำให้แผ่นประกอบไม่แข็งแรง และหากใช้เครื่องมือวัดที่ดีหาปริมาณของกาวและการไหลของเยื่อกระดาษ ที่ส่งผ่านไปยังเครื่องผสมนั้นก็จะทำให้มีการผสมที่เหมาะสม

ปัจจัยที่ควรพิจารณาก่อนการผสมกาวกับเยื่อกระดาษ

1. ความหนาของเยื่อกระดาษที่สม่ำเสมอ เป็นความจำเป็นเบื้องต้นต่อการหาปริมาณกาวที่มีอยู่ในแผ่นประกอบ

2. ความผันแปรในขนาดรูปร่างของเยื่อกระดาษให้มีรูปแบบเดียวกันมากที่สุด

3. ลักษณะของเยื่อกระดาษควรมีคุณภาพดี เพื่อให้กาวยึดติดบนเยื่อกระดาษและกระจายได้ดี

4. ควรควบคุมปริมาณความชื้น ให้มีความแปรผันน้อยที่สุด เพราะจะช่วยลดผลในทางลบ เกี่ยวกับคุณลักษณะของการไหลของกาว และหลีกเลี่ยงการเกิดระเบิดและโป่งพองในแผ่นที่อัดแล้ว

5. คัดเลือกกาวยูเรีย-ฟอร์มัลดีไฮด์ให้เหมาะสมและปรับปรุงให้ตรงกับความต้องการ

6. ป้องกันกาวยูเรีย-ฟอร์มัลดีไฮด์ให้อยู่ในสภาพดี ควรหลักเลี่ยงสภาวะต่างๆ ที่ส่งผลเสียในระหว่างการเก็บกาว

7. คอยระมัดระวังการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของกาว

ปัจจัยที่ควรพิจารณาระหว่างการผสมกาวกับเยื่อกระดาษ

1. ศึกษาการกระจายของกาว โดยพิจารณาจากชนิดของเครื่องผสม (Type of Blender) อัตราความเร็วในการหมุน (Rotation – Speed) ระยะเวลาที่เหมาะสมในการคลุกเคล้า (Optimum Dwell Time) และอัตราการป้อนชิ้นไม้ลงไปผสม

2. ระบบการชั่ง . การตวง , การวัด สำหรับเยื่อกระดาษ ,กาว และสารเติมแต่งควรมีความเที่ยงตรง เพื่อจะได้ป้อนหรือไหลเข้าสู่การผลิตได้พร้อมเพียงกัน

3. ระหว่างการผสมไม่ควรเกิดช่องว่างและความไม่แน่นอนในการผลิต

ปัจจัยที่ควรพิจารณาหลังการผสมกาว

1. หลีกเลี่ยงปัจจัยต่างๆ ที่เป็นเหตุทำให้กาวบนเยื่อกระดาษที่ผสมแล้ว ได้รับการสั่นสะเทือนหลุดออกน้อยลงไป หรือการเกาะรวมกันเป็นก้อนระหว่างการโรย

2. ปกป้องกาวจากการเกิดการแข็งตัวก่อน ระหว่างการป้อนเข้าเครื่องอัด

2.2 วิธีการผสมกาวหรือสารเติมแต่งอื่นกับเยื่อกระดาษ ระบบการทำให้เป็นละอองกาว (Atomization System) เป็นระบบการผสมด้วยละอองกาวจากการพ่น (Spraying) เป็นระบบที่นิยมกันมากที่สุดในปัจจุบัน เนื่องจากให้การผสมกาวที่กระจายทั่วถึงอย่างรวดเร็วกว่าและมีความสม่ำเสมอมากที่สุด สามารถใช้ได้ทั้งการผสมเป็นครั้ง ๆ หรือต่อเนื่อง แต่ส่วนผสมกาวที่ใช้

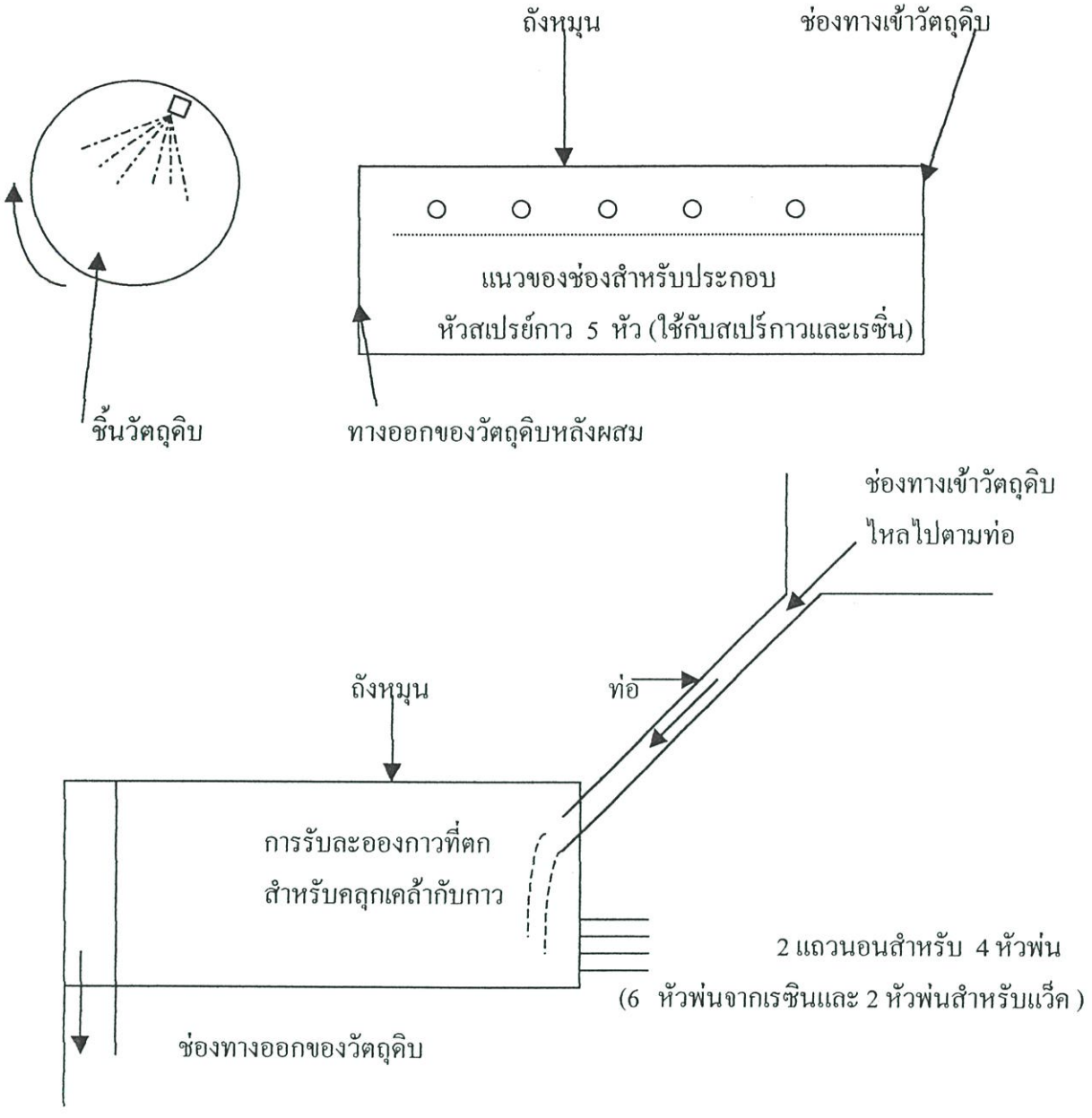
ต้องมีความหนืดต่ำ การพ่นกาวมี 3 ระบบ คือ ระบบการพ่นที่มีอากาศ (Air – Spray) ระบบการพ่นที่ไม่มีอากาศผสม (Airless –Spray) และระบบการพ่นโดยอาศัยแรงเหวี่ยง (Centrifugal Foroe)

1. ระบบการพ่นที่มีอากาศ (Air – Spray) กาวจะถูกทำให้เป็นละอองด้วยแรงอัดอากาศ (Compressed Air) จากปั๊มผ่านหัวพ่นลม (Pneumatic Nozzle) ทั้งอากาศและส่วนผสมกาวจะถูกขับออกจากหัวพ่นด้วยแรงดันประมาณ 138 – 141 กิโลปาสคาล หรือคิดเป็นแรงดันอากาศที่ออกจากหัวพ่นประมาณ 276 – 689 กิโลปาสคาล การพ่นที่เหมาะสมต้องปรับอากาศเข้าให้พอดีกับแรงดันทั้งระบบ เนื่องจากหากให้อากาศเข้ามาก อากาศมีแรงดันสูงเกินไปจะส่งผลทำให้ลดขนาดของละอองกาวที่สัมผัสกับเยื่อกระดาษได้น้องลง

2. ระบบการพ่นที่ไม่มีอากาศผสม (Airless –Spray) เป็นการพ่นที่อาศัยไฮดรอลิคดันส่วนผสมกาวออกมาทางปลายหัวพ่น (Nozzle Orifice) จึงไม่มีอากาศผสมออกมา ส่วนแรงดันที่ใช้กับการพ่นแบบไม่มีอากาศผสม จะมีแรงดันสูงกว่า ประมาณ 4.10 – 5.52 เมกกะปาสคาล ถึง 9.65 – 10. 34 เมกกะปาสคาล สามารถใช้กาวที่มีความหนืดสูงขึ้นได้ แต่จะทำให้อัตราความเร็วในการพ่นลดลง ขนาดของละอองกาวในการพ่นแบบไม่มีอากาศผสมนี้ ขึ้นอยู่กับการออกแบบหัวพ่น (Nozzle Design) ความหนืดของส่วนผสมกาว(Liquid Viscosity) และแรงดันที่ใช้

ปัจจัยที่ต้องพิจารณาในการพ่นกาวมีอยู่ 2 ปัจจัย ได้แก่ ความละเอียดของละอองกาวและการเลือกช่วงที่เหมาะสมในการใช้ วิธีการพ่นกาวต้องออกแบบให้สัมพันธ์กับเครื่องผสม (Blender) จึงทำให้การกระจาวกาวไปบนเยื่อกระดาษได้สม่ำเสมอ ดังภาพที่ 2.2

(วรธรรม อุ่นจิตติชัย. 2541 : 75 – 81)



ภาพที่ 2.2 ผังแสดงเครื่องผสมแบบหมุน

2.3. กาว (Binders) (วรธรรม อุ่นจิตติชัย. 2541: 28-29) กาวยูเรีย-ฟอร์มัลดีไฮด์ (Urea -Fornaldenyde) เป็นกาวที่ใช้ในการผลิตแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางนิยมใช้มากที่สุด เนื่องจากกาวยูเรีย-ฟอร์มัลดีไฮด์เป็นกาวที่ใสเมื่อแห้งไม่มีสี แข็งตัวได้เร็วและราคาถูก ต่อมายังได้มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง จนส่งผลให้สามารถลดระยะเวลาในการอัด โดยไม่ส่งผลเสียต่อการเคลื่อนย้ายหรือระยะเวลาการเก็บกาว

กาวยูเรีย-ฟอร์มัลดีไฮด์ เป็นสารโพลิเมอร์ ที่เกิดจากปฏิกิริยาการรวมตัวระยะยูเรียและฟอร์มัลดีไฮด์ โดยขั้นแรกเป็นปฏิกิริยาที่เรียกว่า เมธิโลเลชั่น (Methylolation) ในสภาวะที่เป็นด่างอ่อนเพื่อให้มีสัดส่วนโมล(Molar Ratio) ของ ฟอร์มัลดีไฮด์ต่อกาวยูเรีย เท่ากับ 2.0 :1 ถึง 2.4 : 1

ขั้นตอนต่อไปเป็นปฏิกิริยาการรวมตัว (Conddensation) ของเมธิลอลยูเรียที่ได้จากปฏิกิริยา เมธิโลเลชั่น โดยให้ทำปฏิกิริยาในสภาพบรรยากาศ และการกลั่นไหลกลับ (Reflux) ในสภาวะที่เป็นกรดอ่อนซึ่งมีระดับ pH ที่ 4 – 6 ปฏิกิริยาโพลีเมอร์ไรซ์เซชั่นแบบรวมตัวนี้จะกระทำต่อไปจนได้ความหนืดที่ต้องการตามที่ได้หามาก่อนแล้ว หลังจากได้ผลตามต้องการแล้วจึงเพื่อระดับ pH เป็น 7.3 – 8 (ด่างอ่อน) เพื่อหยุดปฏิกิริยา ไปจึงทำการลดความเข้มข้นของกาวโดยการทำให้เข้มข้นด้วยการกลั่นแบบสูญญากาศ (Vacuum Distillation) เพื่อให้ได้เนื้อ กาว 50 ถึง 60 % ต่อจากนั้นทำการเติมยูเรียเพิ่มลงไปยังกาวแบบปกติ เพื่อให้ได้สัดส่วนโมลสุดท้ายของ F/U = 1.6 : 1 ถึง 1.8 :1

ปฏิกิริยาโพลิเมอร์ไรเซชั่นขั้นสุดท้ายของกาวยูเรีย-ฟอร์มัลดิไฮด์ จะเกิดขึ้นในระหว่างการอัดร้อน (Hot Pressniog) ซึ่งนับว่าเป็นขั้นตอนที่สำคัญขั้นหนึ่งในการผลิตแผ่นกระดาษอัด ถ้ากาวแข็งตัวก่อนทำการอัดร้อน จะทำให้แผ่นที่ผลิตได้ไม่มีคุณภาพตามที่ต้องการ ปฏิกิริยาโพลิเมอร์ไรเซชั่น จะเกิดขึ้นเร็วมากในสภาวะที่เป็นกรดและอุณหภูมิสูงขึ้น สภาวะเป็นกรดระดับ 3 – 5 เป็นสภาวะที่เหมาะสมทำให้เวลาในการอัดร้อนน้อยที่สุด อย่างไรก็ตาม กาวยูเรีย-ฟอร์มัลดีไฮด์ที่ผลิตขึ้นมาเพื่อนำไปใช้ในโรงงานแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางมักจะทำให้มีความเป็นด่างน้อย เพื่อถ่วงให้ปฏิกิริยาโพลิเมอร์ไรเซชั่น ช้าลงระหว่างการขนส่ง และการเก็บรักษาการเพิ่มความเสถียรให้เป็นด่างน้อยนี้มีผลให้ระยะเวลาการอัดนานขึ้น เนื้อไม้หลายๆชนิด เช่น ไม้ยางพารา และยูคาลิปตัส มีความเป็นกรดในเนื้อไม้อยู่แล้ว ก็จะส่งผลสนับสนุนให้ความเป็นกรดเป็นด่างของกาวลดลงอย่างรวดเร็วผู้ผลิตกาวก็เช่นกันได้มีความพยายามในการกำจัดความสามารถในการบัฟ-เฟอร์ในกาวโดยการใช้สารเคมีที่เป็นด่างแบบระเหยได้ (Volatile) เพื่อปรับระดับความเป็นกรดเป็นด่างขั้นสุดท้าย เมื่อกาวและไม้ได้รับการอัดร้อนที่อุณหภูมิสูงขึ้น สารด่างที่มีคุณสมบัติระเหยได้ก็จะระเหยออกไปอย่างรวดเร็วทำให้ความเป็นกรดเป็นด่างลดลง จนทำให้ปฏิกิริยาโพลิเมอร์ไรเซชั่นกลไกของการเกิดปฏิกิริยาโพลิเมอร์ไรเซชั่นจนเกิดเป็นโพลิเมอร์ที่กล่าวข้างต้นนี้ ส่งผลต่อการอัดร้อนในการติดกาวยูเรีย-ฟอร์มัลดีไฮด์ของแผ่นกระดาษอัด ใช้เวลาอัดที่สั้นขึ้น เนื่องจากการอัดแผ่นในกระบวนการผลิตแผ่นกระดาษอัด เป็นขั้นตอนที่สำคัญในการควบคุมกำลังผลิตของโรงงานหากสามารถลดเวลาในการอัดร้อนให้สั้นขึ้นแม้เพียงไม่มากก็ยังส่งผลให้กำลังการผลิตของโรงงานเพิ่มขึ้น

ข้อเสียของกาวยูเรีย-ฟอร์มัลดีไฮด์คือกลิ่นฉุนของฟอร์มัลดีไฮด์ สำหรับการใช้แผ่นกระดาษอัด ในสภาพที่มีอุณหภูมิสูงและความชื้นมากนั้นควรใช้กาวฟีอลฟอร์มัลดีไฮด์ ในการทำแผ่นชนิดนี้ เนื่องจากโพลิเมอร์ของยูเรีย-ฟอร์มัลดีไฮด์ จะถูกไฮโดรไลซ์และเกิดไฮโดรซีสโดยมีความชื้นและความร้อนเป็นตัวส่งเสริม ส่วนการปลดปล่อยฟอร์มัลดีไฮด์ในขณะอัดร้อนและการใช้งานในสถานที่ไม่มีระบายอากาศที่ได้เป็นผลจากการที่กาวยูเรีย-ฟอร์มัลดีไฮด์มีสารฟอร์มัลดีไฮด์อยู่ในระดับสูง

การลดปริมาณการปลดปล่อยสารฟอร์มัลดีไฮด์ (Sormaldehyde Release) สามารถกระทำได้หลายวิธีเช่น

1. ลดสัดส่วนโมลของฟอร์มัลดีไฮด์ในการสังเคราะห์กาว แต่ก็จะให้อัตราการแข็งตัวของกาวช้าลงและอาจมีผลต่อความแข็งแรงของกาว

2. เติมสารยูเรีย (Urea) ลงในส่วนผสมกาวก่อนพ่นผสมกับชิ้นไม้ในเครื่องผสม แต่ก็ผสมได้ปริมาณหนึ่งในระดับที่เหมาะสมเท่านั้น

3. การเติมสารเร่งแข็งชนิดเกลือแอมโมเนีย เช่น แอมโมเนียคลอไรด์ในปริมาณที่มากขึ้นกว่า 2 % จะช่วยลดปริมาณสารระเหยฟอร์มัลดีไฮด์ลงอย่างเห็นได้ชัด แต่การเติมสารเร่งแข็งในปริมาณที่มากเกินไปจะเป็นอุปสรรคต่ออายุการเก็บรักษากาวและเพิ่มการเกิดการแข็งตัวก่อนของกาว (Precure)

4. การเพิ่มสัดส่วนสารผ่อนความเป็นกรดเป็นด่าง (Buffer) ชนิดแอมโมเนีย ก็สามารถช่วยชะลอสารระเหยฟอร์มัลดีไฮด์ได้ด้วย

5. เพิ่มความชื้นของชิ้นไม้ในแผ่นเตรียมอัดและระยะเวลาการอัดให้นานขึ้น เนื่องจากระยะเวลาการอัดที่นานขึ้น และปริมาณไปน้ำที่ระเหยออกมามากขึ้น จะรอปริมาณสารระเหยฟอร์มัลดีไฮด์

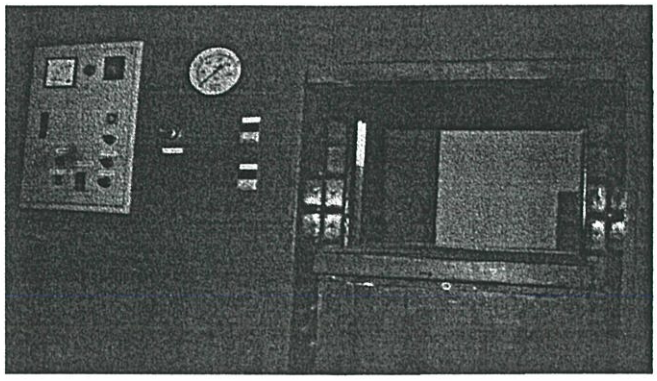
6. ลดอุณหภูมิและความชื้นสัมพันธ์ของอากาศในโรงงาน

3. หลังจากนำเยื่อกระดาษที่ได้จากการตีเยื่อด้วยเครื่องแล้วและผ่านกระบวนการในการผสมกาวด้วยกาวยูเรีย-ฟอร์มัลดีไฮด์ และสารเติมแต่งจากเครื่องผสมกาวแล้ว จึงนำมาเข้าเครื่องอัดร้อนขนาดเล็ก ใช้แรงอัดประมาณ 40 – 45 ปอนด์ / ตารางเซนติเมตร

3.1 เครื่องอัดร้อน (Hot Presses) เป็นเครื่องจักรที่มีหน้าที่สำคัญที่สุด ซับซ้อนที่สุด เครื่องอัดสามารถจำแนกเป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ ได้แก่ แบบแท่น (Platen – Presses) และแบบต่อเนื่อง (Continuous Presses) สำหรับแบบแท่นที่นิยมใช้มีอยู่ด้วยกัน 2 ชนิด คือ

1. เครื่องอัดแบบช่องหลายชั้น (Multiple – Opening)
2. แบบช่องชั้นเดียว (Single - Opening)

เครื่องอัดแบบต่อเนื่องใช้ในกระบวนการผลิตในระบบอุตสาหกรรมทั้งในรูปการผลิตแผ่นประกอบ , แผ่น MDF , แผ่นเกล็ดไม้อัดเรียงเสี้ยน (OBS) เป็นต้น



ภาพที่ 2.3 ภาพเครื่องอัดร้อนขนาดเล็ก

การควบคุมความหนาของแผ่น นักนิยมใช้แท่งโลหะขนาดความหนาตามที่กำหนด (Stops or Gauge Bars) วางไว้ที่ขอบสองด้านของช่องอัดแต่ละช่อง โดยให้แท่นอัดอยู่สัมผัสแท่นโลหะพอดีจึงหยุดการอัด (วรธรรม อุ่นจิตติชัย :2541:122-126)

3.2 กรรมวิธีการอัด (Pressing Operation)

การทำให้แผ่นเตรียมอัดแข็งตัวขึ้นและเกิดปฏิกิริยาโพลีเมอร์ไรเซชั่น ของกาว เพื่อผลิตเป็นแผ่นประกอบ จะอยู่ในขั้นตอนของการอัดร้อน แผ่นเตรียมอัดจะถูกบีบอัดจนได้ความหนาตามต้องการขณะเดียวกันกาวที่อยู่บนผิวของชิ้นไม้ก็จะเกิดการโพลีเมอร์ไรซ์ และเชื่อมยึดติดไม้แล้วแผ่นที่ได้ก็จะถูกนำออกมาอัดทำให้เย็น และส่งไปยังขั้นตอนการตกแต่งต่อไป

กรรมวิธีการอัดเป็นขั้นตอนที่สำคัญอย่างมาก และขึ้นอยู่กับขบวนการต่างๆ ที่ผ่านมาแล้วหากแผ่นเตรียมอัดที่ทำขึ้นมีคุณภาพไม่ดี (Poor Mat) เมื่อนำไปอัดก็จะได้แผ่นประกอบทดแทนไม้สุดท้ายที่คุณภาพไม่ดี เช่นกัน (Poor Particleboard) ขั้นตอนการอัดเป็นขั้นตอนที่ใช้เครื่องมือที่แพงที่สุดของการผลิตแผ่นประกอบทดแทนไม้ การใช้ระยะเวลาในการอัด สภาวะในการอัดที่เหมาะสมมีประสิทธิภาพและใช้ระยะเวลาในการอัดที่สั้นที่สุด เร็วที่สุด ย่อมส่งผลดีต่อคุณภาพของแผ่น นอกจากนี้คุณสมบัติของแผ่นประกอบทดแทนไม้ทางกายภาพและเชิงกลที่ดี ยังขึ้นอยู่กับกรรมวิธีในการอัดอีกด้วย ดังนั้นสภาวะการอัดที่ศึกษาและพัฒนาจนดีแล้ว เป็นสิ่งที่จะต้องทำความเข้าใจและใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด

ในขั้นตอนของการอัดนี้ มีหลายปัจจัยด้วยกันที่เกี่ยวข้องและต้องนำมาพิจารณาเพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมที่สุด ในการอัดเพื่อให้ได้แผ่นประกอบทดแทนไม้ที่มีคุณภาพ ปัจจัยที่ต้องคำนึงถึงได้แก่อุณหภูมิในการอัด , ลักษณะของเยื่อกระดาษ , ระดับความชื้นและการกระจายความชื้น ของแผ่นเตรียมอัด , การถ่ายเทความร้อนในแผ่นระหว่างการอัด , ระยะเวลาในการอัด , แรงดันในการอัด, ลักษณะการกระจายความหนาแน่นของแผ่นทางด้านหน้าตัด , การแข็งตัวก่อนหรือหลังการอัดของกาว

ปริมาณความชื้นของแผ่นเตรียมอัด ที่จะเข้ามาทำการอัดร้อนเป็นสิ่งสำคัญต่อการอัดอย่างมาก ความชื้นที่มากเกินไปจะไปขัดขวางการยึดเหนี่ยวกันของชิ้นไม้ 2 ชิ้น ให้ช้าลง แผ่นประกอบทดแทนไม้สำหรับการอัดแบบช่องอัดเดียว (Single Opening Presses) พยายามควบคุมให้อยู่ประมาณ 7 – 10 %

ลักษณะการกระจายความหนาแน่นลดหลั่นทางด้านหน้าตัด เป็นปัจจัยที่สำคัญอีกปัจจัยหนึ่งที่มีผลกระทบต่อคุณสมบัติของแผ่นประกอบทดแทนไม้ ลักษณะการกระจายความหนาแน่นทางด้านหน้าตัดของแผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตส่วนใหญ่มีความหนาแน่นที่ผิวสูงกว่าความหนาแน่นในชั้นไม้ ดังนั้น คุณสมบัติของแผ่นในลักษณะนี้จะให้คุณสมบัติทางด้านแรงดันที่สูงขึ้น แต่แรงยึดเหนี่ยวภายในจะลดลง แผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่มีคุณสมบัติข้างต้นนี้ เกิดจากการใช้ระยะเวลาในการปิดแท่นอัด (Press Closing Time) ที่เร็วเกินไปเป็นสาเหตุหนึ่ง การปรับปรุงอาจกระทำโดยการยืดระยะเวลาในการอัดให้ช้าลง หากระยะเวลาในการอัดไม่เพียงพอให้ไอน้ำหนีออกไป แผ่นก็จะเกิดการแยกชั้นอัดเนื่องจากการอัดร้อนถูกเปิดและไอน้ำจำนวนนี้จะพุ่งออกมาอย่างรวดเร็ว นอกจากนี้ยังขัดขวางการเกิดปฏิกิริยาโพลีเมอร์ไรเซชั่นแบบควบแน่น (Condensation Polymerization Reaction) ของกาวด้วย (วรธรรม อุ่นจิตติชัย :2541:110-113)

4. หลังจากที่ทำการอัดแผ่นกระดาษด้วยเครื่องอัดร้อนเสร็จแล้ว จะได้ขนาด 35 x 35 เซนติเมตร ปล่อยทิ้งไว้ให้เย็นแล้วจึงนำมาตัดขอบจะได้ขนาด 30 x 30 เซนติเมตร จากนั้นจึงนำไปตัดขนาดตามที่ทดสอบในแต่ละด้านอีกครั้งหนึ่ง เพื่อหาความแข็งแรงด้วยวิธีการทดสอบตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง (มอก.966 – 2533) ซึ่งประกอบด้วย

<u>ด้านกายสมบัติ</u>

1. การทดสอบความหนาแน่น	750	kg/m^3
2. การทดสอบความชื้น	4-10	%
3. การทดสอบการดูดซึมน้ำและการขยายตัวทางความหนา	< 20	%

<u>ด้านกลสมบัติ</u>

1. การทดสอบความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า	0.62	Mpa
2. การทดสอบความต้านแรงดัด	20	Mpa
3. การทดสอบความยึดเหนี่ยวของตะปูเกลียว หน้า	1445	นิวตัน

การเตรียมแผ่นทดสอบ

แผ่นประกอบที่ได้จากวัสดุเหลือใช้ประเภทกระดาษทั้ง 2 ประเภทหลังจากนำมาอัดเป็นแผ่นประกอบและทำการตกแต่งแล้ว จะมีขนาด 300 x 300 x 10 มิลลิเมตร หลังจากนั้นทำการตัดเพื่อทดสอบหาคุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกลในด้านต่างๆ ทั้งหมด 6 ด้าน ทำการทดสอบด้านละ 5 แผ่น แผ่นทดสอบที่ใช้ทดสอบทั้งหมดจำนวน 40 แผ่น ดังนี้

ตารางที่ 2.1 ตารางแสดงขนาดของแผ่นทดสอบที่ใช้ในการหาคุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกล

คุณสมบัติของการทดสอบ	ขนาดแผ่นทดสอบ (มม.)	จำนวนชิ้น
1. ความหนาแน่น (Density)	100 X 100	5
2. ความชื้น (Moisture Content)	100 X 100	5
3. ความต้านแรงดัด (Bending Strength)	75 X 290	5
4. ความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า (Tension Perpendicular to Surface)	50 X 50	5
5. การดูดซึมน้ำและการขยายตัวทางความหนา (Water Absorption and Swelling)	100 X 100	5
6. ความยึดเหนี่ยวของตะปูเกลียว (Wood Screw Holding Power)	100 X 150	5

2.8 มาตรฐานการทดสอบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง

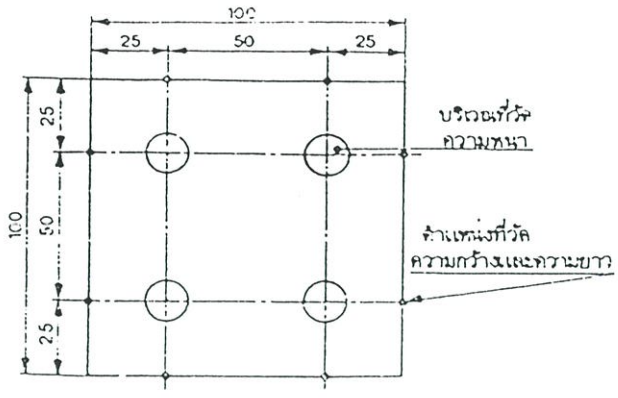
การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกลของแผ่นประกอบทดแทนไม้ ใช้วิธีการทดสอบอ้างในมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง (มอก.966-2533) ซึ่งมีลักษณะการทดสอบที่เหมือนกัน ดังนี้

1. ความหนาแน่น

2.1. เครื่องชั่ง ที่ชั่งได้ละเอียดถึง 0.1 กรัม ชั่งชิ้นทดสอบให้น้ำหนักที่แน่นอนถึง 0.1 กรัม

2.2. ไมโครมิเตอร์ ที่วัดได้ละเอียดถึง 0.5 มม. วัดความกว้างและความยาวของชิ้นทดสอบขนานกับขอบให้ละเอียดถึง 0.5 มม. แล้วหาค่าเฉลี่ย

2.3. วัดความหนา 4 ตำแหน่ง แล้วหาค่าเฉลี่ย



ภาพที่ 2.4 ตำแหน่งวัดความกว้าง ความยาว และความหนาของชิ้นทดสอบ

$$\underline{\text{สูตร}} \quad \text{ความหนาแน่น (กรัม / ลูกบาศก์มิลลิเมตร)} = \frac{\text{มวล (กรัม)}}{\text{ปริมาตร(ลูกบาศก์มิลลิเมตร)}} \times 10^{6}$$

2. ความชื้น

3.1. เครื่องชั่ง ที่ชั่งได้ละเอียดถึง 0.01 กรัม ชั่งชิ้นทดสอบโดยไม่ต้องปรับสภาพความชื้น ให้ทราบค่าที่แนานอนถึง 0.01 กรัม เป็นน้ำหนักก่อนอบ

3.2. เตาอบ ที่สามารถปรับอุณหภูมิได้ถึง 103 + 2 องศาเซลเซียส จนได้น้ำหนักคงที่ ใส่ในเดซิกเคเตอร์ ปล่อยให้เย็น

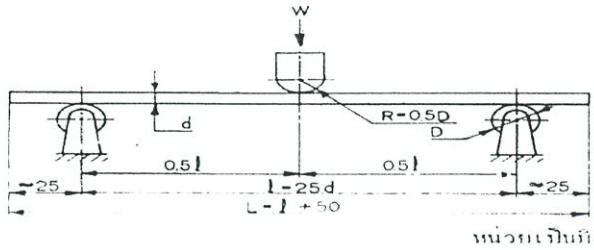
3.3. ชั่งครั้งสุดท้านให้ทราบค่าที่แน่นอนถึง 0.01 กรัม เป็นน้ำหนักอบแห้ง

$$\underline{\text{สูตร}} \quad \text{ความชื้น} = \frac{\text{น้ำหนักก่อนอบ - น้ำหนักอบแห้ง}}{\text{น้ำหนักอบแห้ง (กรัม)}} \times 100$$

3. ความต้านแรงดัด

3.1. แท่นรองรับ ต้องมีลักษณะเป็นรูปทรงกระบอก มีความยาวไม่น้อยกว่า 75 มิลลิเมตร สามารถปรับเลื่อนระยะได้ในแนวระดับ ให้วางชิ้นทดสอบลงบนแท่นรองรับ ซึ่งมีระยะห่าง 24 เท่าของความหนาระบุของชิ้นทดสอบ ให้ปลายชิ้นทดสอบยื่นออกไปจากจุดที่รองรับประมาณข้างละ 25 มิลลิเมตร เท่าๆ กัน

3.2. เครื่องกด ให้แรงกดลงบนจุดกึ่งกลางชิ้นทดสอบ โดยมีอัตราเพิ่มแรงกดอย่างสม่ำเสมอจนกระทั่งชิ้นทดสอบหัก ต้องไม่น้อยกว่า 30 วินาที และไม่เกิน 120 วินาที



ภาพที่ 2.5 ภาพการทดสอบความต้านแรงดัด

สูตร

$$R = \frac{3\,Pl}{2\,bd^2}$$

R คือ มอดุลัสแตกร้าว เป็นเมกะพาสคัล

P คือ แรงกดสูงสุดที่ชิ้นทดสอบรับได้ เป็นนิวตัน

l คือ ระยะห่างของแท่นรองรับ เป็นมิลลิเมตร

b คือ ความกว้างของชิ้นทดสอบ เป็นมิลลิเมตร

d คือ ความหนาเฉลี่ยของชิ้นทดสอบ เป็นมิลลิเมตร

4. ความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า

4.1. เครื่องดึง Range of Universal Testers นำชิ้นทดสอบที่เตรียมได้แล้วนี้ไปเข้าเครื่องดึง ดึงให้ชิ้นทดสอบแยกออกจากกัน อัตราการเพิ่มแรงดึงต้องเป็นไปอย่างสม่ำเสมอ เวลาที่ใช้ตั้งแต่เริ่มดึงจนกระทั่งชิ้นทดสอบแยกออกจากกันต้องไม่น้อยกว่า 30 วินาที และไม่เกิน 120 วินาที

4.2. แผ่นดึง ติดผิวหน้าทั้งสองของชิ้นทดสอบกับแผ่นดึง โดยใช้กาวสังเคราะห์ที่มีแรงดึงมากกว่าแรงยึดในตัวชิ้นทดสอบ

$$\text{ความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า (เมกะพาสคัล)} = \frac{\text{แรงดึงสูงสุด (นิวตัน)}}{\text{ความกว้าง (มิลลิเมตร)} \times \text{ความยาว (มิลลิเมตร)}}$$

5. การดูดซึมน้ำและการขยายตัวทางความหนา

5.1. เครื่องชั่ง ชั่งชิ้นทดสอบที่ทราบมวลที่แน่นอนถึง 0.01 กรัม เป็นมวลก่อนแช่น้ำ

5.2. ภาชนะควบคุมอุณหภูมิ แช่ชิ้นทดสอบให้ภาชนะควบคุมอุณหภูมิที่บรรจุน้ำที่นิ่งและสะอาดมีค่าความเป็นกรด – ด่าง 6 + 1 มีอุณหภูมิ 20 + 1 องศาเซลเซียส โดยตั้งชิ้นทดสอบให้ได้ฉากกับระดับผิวน้ำและชอบบนอยู่ใต้ผิวน้ำประมาณ 20 มิลลิเมตร ชิ้นทดสอบแต่ละชิ้นต้องวางห่างกัน และต้องห่างผนังของภาชนะพอสมควร

5.3. กระดาษเซลลูโลสหรือกระดาษซับรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส เมื่อแช่ชิ้นทดสอบครบ 24 ชั่วโมงแล้ว นำชิ้นทดสอบมาวางบนกระดาษเซลลูโลสหรือกระดาษซับ โดยวางในแนวระดับ ระหว่างกระดาษดังกล่าว แล้ววางทับด้วยแผ่นน้ำหนักรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส ทิ้งไว้ 30 วินาที จึงนำชิ้นทดสอบออกจากแผ่นกระดาษที่ซับน้ำ

5.4. นำชิ้นทดสอบมาชั่งและวัดความหนา ภายใน 10 นาที

$$\text{ค่าการดูดซึมน้ำ ร้อยละ} = \frac{\text{มวลหลังแช่น้ำ (กรัม)} - \text{มวลก่อนแช่น้ำ (กรัม)}}{\text{มาลก่อนแช่น้ำ (กรัม)}} \times 100$$

$$\text{การขยายตัวตามความหนา ร้อยละ} = \frac{\text{ความหนาหลังแช่น้ำ (มม.)} - \text{ความหนาก่อนแช่น้ำ (มม.)}}{\text{ความหนาก่อนแช่น้ำ (มม.)}} \times 100$$

6. ความยึดเหนียวของตะปูเกลียว

6.1. ข้อกำหนดทั่วไป

6.1.1. ความยึดเหนี่ยวของตะปูเกลียวด้านหน้า หากชิ้นทดสอบมีความหนาน้อยกว่า 18 มิลลิเมตร ให้ใช้ชิ้นทดสอบ 2 ชิ้นประกบยึดติดกันด้วยกาว ส่วนชิ้นทดสอบที่มีความหนาน้อยกว่า 9 มิลลิเมตร ไม่ต้องทดสอบ

6.1.2. ความยึดเหนี่ยวของตะปูเกลียวด้านข้าง ชิ้นทดสอบที่มีความหนาน้อยกว่า 15 มิลลิเมตร ไม่ต้องทดสอบ

6.2. เครื่องมือ

6.2.1. เครื่องดึง Range of Universal Testers ซึ่งสามาถให้แรงดึงเพื่อถอนตะปูเกลียวออกจากชิ้นทดสอบภายในเวลาไม่น้อยกว่า 30 วินาที และไม่เกิน 120 วินาที

6.2.2. ตะปูเกลียว ควรใช้ตะปูเกลียวหัวจมแบบผ่าที่เป็นไปตามมาตรฐานผลิตภุณฑ์อุตสาหกรรม มอก.499 ขนาดระบุ 3.5 ความยาว 25 มิลลิเมตร

6.3. วิธีการทดสอบ

6.3.1. ชิ้นทดสอบแต่ละชิ้นในการทดสอบ 3 แห่งคือ ที่กึ่งกลางผิวหน้า 1 แห่ง ที่กึ่งกลางของขอบ 2 ขอบที่ประชิดกัน

6.3.2. ขันตะปูเกลียวลงในชิ้นทดสอบซึ่งได้เจาะรูนำ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2.8 มิลลิเมตรไว้แล้ว ขันตะปูเกลียวจนกระทั่งจมลึกลงไปถึง 17 มิลลิเมตร

6.3.6. นำชิ้นทดสอบที่เตรียมได้นี้ไปเข้าเครื่องดึง ดึงให้ตะปูเกลียวถอนจากชิ้นทดสอบแรงที่ใช้ดึงจะต้องอยู่ในแนวเดียวกับตะปูเกลียวและตั้งฉากกับผิวหน้าหรือผิวขอบของชิ้นทดสอบ อัตราการเพิ่มแรงดึงต้องเป็นไปอย่างสม่ำเสมอเวลาที่ใช้ตั้งแต่เริ่มต้นดึงจนกระทั่งตะปูเกลียวถอนออก จากชิ้นทดสอบต้องไม่น้อยกว่า 30 วินาทีและ ไม่เกิน 120 วินาที

2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ธนัญญา เกียรติสุรนนท์และพัชรินทร์ แซ่เอี้ยว (2544 : 38) ได้ทำการวิจัยเรื่องการรีไซเคิลกระดาษจากกล่องนม เป็นการศึกษาคุณลักษณะของกระดาษที่รีไซเคิลจากกล่องนม รวมทั้งได้นำกระดาษที่ได้มาผสมกับชานอ้อย เพื่อศึกษาคุณลักษณะที่ได้จากกระดาษแล้วนำไปเปรียบเทียบกับกระดาษที่มีตามท้องตลาด 3 ชนิด คือ กระดาษหนังสือพิมพ์ กระดาษถ่ายเอกสาร และกระดาษสา จากผลการวิจัยพบว่า เมื่อผสมเยื่อกระดาษกับชานอ้อย ในอัตราส่วน 90:10, 70:30 พบว่ากระดาษที่มีการผสมชานอ้อยร้อยละ 10 ใช้เวลาในการซึมน้ำและน้ำมันนานกว่ากระดาษที่ผสมชานอ้อยร้อยละ 30 , 50 ส่วนความสามารถในการอมน้ำมีค่าใกล้เคียงกันทั้ง 3 ชนิดเมื่อพิจารณาความต้านทานแรงดึงพบว่ากระดาษที่ผสมชานอ้อยมีค่าต้านทานแรงดึงมากกว่ากระดาษที่มีตามท้องตลาด

สุพัตรา วาสพงศ์ (2535 : 30) ได้ทำวิจัยเรื่องหัตถกรรมกระดาษอัดไทย ผลการวิจัยพบว่า งานหัตถกรรมกระดาษอัดไทย เป็นงานหัตถกรรมที่มีความแปลกใหม่ เป็นงานที่ใช้วัสดุเหลือใช้ประเภทกระดาษต่างๆ มาผ่านกรรมวิธีการในการอัดขึ้นรูป มีรูปแบบต่างๆ มากมาย มีความแข็งแรง ทนทาน มีความสวยงามและมีประโยชน์ใช้สอย มีลักษณะที่เป็นเอกลักษณ์ของตัวเอง

ปราณี เลิศสุทธิวงศ์ (2545 : 43) ได้ทำวิจัยเรื่อง การใช้ไคโตซานในการผลิตกระดาษคุณภาพสูง ผลการวิจัยปรากฏว่า การเคลือบผิดด้วยไคโตซานสามารถเพิ่มประสิทธิภาพและคุณภาพให้กับวัสดุที่ถูกเคลือบ นอกจากนี้ไคโตซานยังมีประจุบวกสูง สามารถย่อยสลายเองได้ตามธรรมชาติ มีคุณสมบัติที่สามรถต้านการเจริญเติบโตของเชื้อราได้

วรธรรม อุ่นจิตติชัย และคณะ (2541)[Online] ได้ทำวิจัยเรื่อง โครงการวิจัยการพัฒนาหญ้าแฝกเป็นแผ่นประกอบชีวภาพเพื่อทดแทนวัสดุจากไม้ (โครงการพระราชดำริ) ผลการวิจัยพบว่า หญ้าแฝกเป็นพืชที่สามารถนำมาใช้ผลิตเป็นแผ่นประกอบชีวภาพได้ มีความแข็งแรง สามารถที่จะประกอบเป็นเฟอร์นิเจอร์ทดแทนไม้ได้

Xian และคณะ(1993 : 16) ได้ทำการศึกษาเส้นใยไผ่ (Bamboo) กาบมะพร้าว (Cocount husk และ Coir) และหญ้า March (Phragmites) โดยได้เสริมแรงกับโพลิเมอร์ เช่น Epoxy , Resorcinol Formaldehyde (RF) และ User Formaldehyde (UF) พบว่าความแข็งแรงในการเสริมแรงเรียงลำดับจากมากไปหาน้อยเป็นดังนี้ ไผ่เส้นยาว (Long Bamboo Fiber) ไผ่เส้นสั้น (Short Bamboo Fiber) ไผ่ชิ้น (Chipped Bamboo Fiber) กาบมะพร้าว (Coir Fiber) และหญ้า March ตามลำดับ

เฉลิมพล อิทธิวิวัฒน์ และสกุล บรรจงวุฒิ (2537 :17) ได้ทำการศึกษาเส้นใยเซลลูโลส ได้แก่ หญ้า สลาบหลวง (Typha Angustifolia) เป็นสารเสริมแรงในโพลิพรอพิลีน โดยผสมใยแก้วและสาร Silane เพื่อเป็นสารเชื่อมโยง (Coupling Agent) จากการทดสอบพบว่า เส้นใยที่ช่วยเพิ่มความแข็งแรงดึงและค่าความแข็งแรงกระแทกของโพลิเมอร์คอมโพสิต แต่มีแนวโน้มที่จะลดค่า

เปอร์เซ็นต์การดึงยืด ณ จุดขาด นอกจากนี้ยังทำการศึกษาปรับปรุงสมบัติและการใช้งานอื่นๆ เช่น ใช้ในการทำแผ่น MDF (Medium Density Fiber Board) และใช้เทอร์โมเซต เช่น UF MF เป็นตัวประสาน

Raj และคณะ (1989 : 24) ได้ศึกษาการใช้เส้นใยไม้เป็นตัวเติมในโพลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นปานกลาง (Medium Density Polylthylene;MDPE) โดยใช้เส้นใย 3 ชนิดคือ เยื่อเชิงกล (Mechanical Pulp) ผงไม้ (Wood Flour) และเยื่อเซลลูโลส (Cellulose Pulp) และได้มีการปรับปรุงเส้นใยก่อนด้วยสารไซเลน (Silane) และโพลิไอโวยาเนต (Polyisocyanate) เพื่อเป็นการปรับปรุงการยึดติดระหว่างเส้นใยกับโพลิเมอร์ พบว่าค่าความแข็งแรงดึงจะเพิ่มขึ้นในกรณีที่มีการปรับปรุงเส้นใยก่อนแต่จะไม่มีผลต่อค่ามอดุลัสยืดหยุ่น ค่ามอดุลัสจะเพิ่มขึ้นเมื่อมีปริมาณเส้นใยเพิ่มขึ้น ส่วนค่าเปอร์เซ็นต์การดึงยืด ณ จุดขาดและพลังงานการแตกหักจะลดลง สำหรับผสมถ้าผสมโดยเครื่องอัดรีด จะมีค่าความแข็งแรงดึงและค่ามอดุลัสสูงกว่าด้วยเครื่องผสมแบบลูกกลิ้งพบว่า MDPE ที่เติมด้วยเยื่อเชิงกลจะมีสมบัติที่ดีกว่าการเติมเยื่อเซลลูโลส และผงไม้

George และคณะ (1994 : 25) ได้ทำการศึกษาสมบัติเชิงกลของ LDPE ที่เสริมแรงด้วยเส้นใยสับปะรด โดยสามารถเติมเส้นใยได้สูงสุดถึงร้อยละ 30 มีการเปรียบเทียบการเติม 2 วิธี คือ โดยทำเป็นสารละลาย (Solution Mixing) และการผสมขณะหลอม (Melt Mixing) พบว่าการเตรียมทั้ง 2 วิธีนี้ค่าความแข็งแรงดึง และค่ามอดุลัสเพิ่มขึ้นตามปริมาณเส้นใย แต่การเตรียมแบบสารละลายจะให้ค่าที่สูงกว่า ส่วนเปอร์เซ็นต์การดึงยืด ณ จุดขาดจะลดลงอย่างรวดเร็วเมื่อเพิ่มปริมาณเส้นใย สำหรับความยาวของเส้นใยจะมีผลต่อสมบัติคอมโพสิตได้ โดยเส้นใยที่ยาวจะช่วยให้ค่าความแข็งแรงดึงและค่ามอดุลัสเพิ่มขึ้น นอกจากนี้การจัดเรียงตัวของเส้นใยจะมีผลต่อค่าความแข็งแรงได้และค่ามอดุลัสด้วย ถ้าเส้นใยจัดตัวในทิศทางเดียวกันตามแนวแรงคอมโพสิตที่ได้จะมีความแข็งแรงดึงและค่ามอดุลัสสูงกว่าที่จัดตัวตั้งฉากกับแนวแรง

Kokta และคณะ (1989 : 26) ได้ทำการศึกษา สมบัติเชิงกลของโพลิพรอพิลีนที่ใส่ผงไม้ ซึ่งเคลือบด้วยอีโพลีน เพื่อช่วยในการกระจายตัวโดยใช้ไซเลนและโพลิเมทิลีน โพลิฟีนิลไอโซไซยาเนต (Polyrthylene PolyphenylisoCyanate;PMPPIC) เป็นสารช่วยยึดติด ทำการผสมโดยใช้เครื่องผสมและลูกกลิ้งขึ้นรูปด้วยวิธีกดอัด พบว่ากรณีที่ใช้ PMPPIC ร่วมกับอีโพลีน ค่าความแข็งแรงดึงจะเพิ่มขึ้นตามปริมาณเส้นใย แต่การปรับปรุงเส้นใยจะไม่มีผลต่อมอดุลัส ค่ามอดุลัสจะขึ้นกับอัตราส่วนความยาวของเส้นผ่าศูนย์กลาง ถ้าเส้นใยยาวจะมีค่ามอดุลัสสูงและการเพิ่มปริมาณเส้นใยก็ทำให้ค่ามอดุลัสเพิ่มขึ้นด้วย แต่ค่าเปอร์เซ็นต์ดึงยืด ณ จุดขาดและความแข็งแรงกระแทกจะลดลง

ทรงกลด จารุสมบัติและวรธรรม อุ่นจิตติชัย (2541 : 10) ได้ทำวิจัยเรื่อง การนำกล่องนำ UHT กลับมาใช้ประโยชน์ในรูปแบบของแผ่นประกอบ ผลการวิจัยพบว่า กล่องนม UHT เป็นวัสดุเหลือใช้ที่สามารถนำมาผลิตเป็นแผ่นประกอบได้ มีความแข็งแรง และสามารถที่จะใช้เป็นวัสดุทดแทนได้

พรพิมล อมรโชติ และคณะ (2545 : 45) ได้ทำวิจัยเรื่อง การพัฒนาใช้ประโยชน์ไม้สักขนาดเล็กจากสวนป่า เพื่อการผลิตแผ่นวัสดุทดแทนไม้ ผลการวิจัยพบว่า ไม้สักที่ไม่มีเปลือกมีแนวโน้มจะมีสมบัติของแผ่นปาร์ติเคิลบอร์ดดีกว่าไม้สักที่มีเปลือก และการผลิตแผ่นจากการใช้สักที่ไม่มีเปลือก โดยใช้กาวไอโซยาเนต 5 % เป็นสภาวะที่เหมาะสมที่สุดในการศึกษา

จรัส ช่วยนะ และคณะ (2545 : 30) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การผลิตปาร์ติเคิลบอร์ดจากเศษไม้ไผ่ค้ำยันเหลือทิ้ง ผลการศึกษาพบว่า สมบัติความต้านแรงดัด (Dry MOR) มอดุลัสยืดหยุ่น (Dry MOE) และสมบัติการต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าหรือแรงดึงยึดเหนียวภายใน (Dry IB) แปรผันตามระดับกาวที่เพิ่มขึ้น ส่วนสมบัติการพองตัวเมื่อแช่น้ำ (TS) แปรผันตามระดับกาวที่เพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบคุณสมบัติแผ่นปาร์ติเคิลบอร์ดกับเกณฑ์กำหนดมาตรฐาน JIS A 5908 (1994) พบว่า แผ่นปาร์ติเคิลจากเศษไม้ไผ่เหลือทิ้งในสภาวะการผลิตที่ความแน่น 900 กก./ลบ.ม. โดยใช้กาวยูเรีย- ฟอร์มัลดีไฮด์ 13 % มีคุณสมบัติดีที่สุด

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

ในการวิจัยการศึกษาและพัฒนากระดาษเหลือใช้ เป็นแผ่นประกอบทดแทนไม้ ผู้วิจัยได้ศึกษาเรื่องเกี่ยวกับกระบวนการผลิตกระดาษ การนำกระดาษเหลือใช้มาทำการนำกลับมาใช้ใหม่ ซึ่งมีขั้นตอนการดำเนินการดังต่อไปนี้

3.1 การกำหนดผลิตภัณฑ์ที่พัฒนา

3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย

3.3 การพัฒนาแผ่นประกอบทดแทนไม้

3.4 สถานที่ดำเนินการวิจัย

3.5 การเก็บรวบรวมข้อมูล

3.6 การวิเคราะห์ข้อมูล

3.1 การกำหนดผลิตภัณฑ์ที่พัฒนา

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ทำการกำหนดผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาไว้ ให้ออกมาในลักษณะที่เป็นแผ่นประกอบทดแทนไม้คล้ายกับแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง โดยการใช้เยื่อที่แปรรูปจากกระดาษเหลือใช้ ในการนำมาอัดเป็นแผ่นประกอบทดแทนไม้ด้วยการใช้กาวยูเรีย-ฟอร์มัลดีไฮด์ผสมตามเปอร์เซ็นต์ต่างๆ คือ 7 % , 10% , 13% และ 16 % กระดาษที่ใช้ในการนำมาตีเป็นเยื่อประกอบไปด้วย

3.1.1 กระดาษหนังสือพิมพ์

3.1.2 กระดาษพิมพ์และเขียน

3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย

3.2.1 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการพัฒนาแผ่นประกอบ

1. เครื่องตีเยื่อกระดาษ
2. การยูเรีย – ฟอร์มัลดีไฮด์
3. เตาอบเยื่อ
4. เครื่องชั่งน้ำหนัก
5. เครื่องผสมกาว
6. ปั๊มลม

7. กล่องเตรียมแผ่นอัด
8. แผ่นโลหะรองอัดขนาด 350 x 350 มม.
9. แท่งโลหะวางอัดแผ่นขนาด 10 มม.
10. เครื่องอัดร้อนในแนวราบ
11. นาฬิกาจับเวลา
12. เครื่องตัดขอบวัสดุแผ่นประกอบ

3.2.2 เครื่องมือทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกลตามมาตรฐายผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง (มอก. 966-2533)

1. บรรทัดวัดขนาด
2. ไมโครมิเตอร์
3. เครื่องชั่ง
4. เตาอบ
5. เดซิกเคเตอร์
6. เครื่องดึง
7. ตะปูเกลียวหัวจมแบบผ่า
8. สว่างเจาะรูนำเส้นผ่าศูนย์กลาง 25 มม.
9. เครื่องทดสอบวัสดุ UTM (Universal Testting Machine)

3.3 การพัฒนาแผ่นประกอบทดแทนไม้

3.3.1 ขั้นตอนการผลิตแผ่นประกอบทดแทนไม้

3.3.1.1 สภาวะต่างๆ ที่กำหนดในการผลิต

ชนิดเยื่อ	แผ่นประกอบ	
ความหนาแน่นของแผ่น	750	กก./ม^3
ความหนาของแผ่น	10	มม.
ขนาดของแผ่น	30 x 30	ซม.
ความชื้นของเยื่อก่อนผสมกาว	4.74	%
ปริมาณกาวยูเรีย-ฟอร์มัลดีไฮด์	7 , 10 , 13 และ16	%
อุณหภูมิในการอัดร้อน	160	องศาเซลเซียส
แรงดันในการอัดร้อน	40 – 50	กก./ซม.^{2}
ระยะเวลาในการอัดร้อน	5	นาที

3.3.1.2 เปอร์เซ็นต์กาวที่ใช้ในการผลิตแผ่นประกอบทดแทนไม้

ตารางที่ 3.1 ตารางแสดงเปอร์เซ็นต์กาวที่ใช้ในการผลิตเป็นแผ่นประกอบทดแทนไม้

เปอร์เซ็นต์กาวที่ใช้ในการอัด*		กาวน้ำ (กรัม)	เยื่อกระดาษ (กรัม)
กาวน้ำ	เนื้อกาวแห้ง		
7 %	4.54 %	66.11	989.26
10 %	6.20 %	91.87	962.28
13 %	8.06 %	116.25	936.73
16 %	9.92 %	139.39	912.51

* หมายเหตุ เป็นน้ำหนักเทียบกับน้ำหนักแห้งของเยื่อกระดาษ

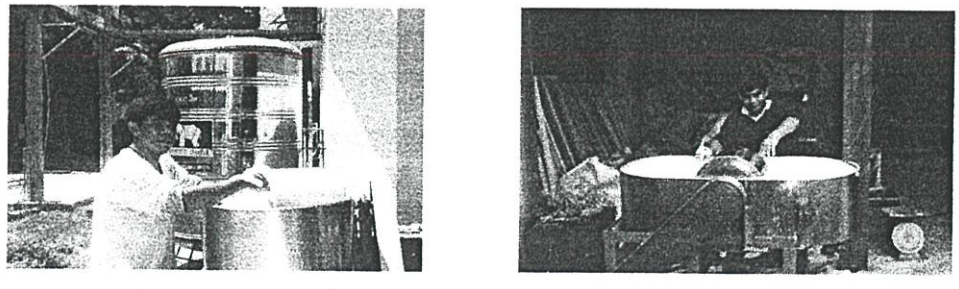
3.3.1.3 กระบวนการผลิตแผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจากกระดาษเหลือใช้

1. นำกระดาษเหลือใช้ประเภทกระดาษหนังสือพิมพ์และกระดาษพิมพ์และเขียน มาตัดให้เป็นฝอยขนาดประมาณ 1 x 1 นิ้ว แล้วนำไปแช่น้ำไว้ในภาชนะที่เตรียมไว้ในอัตราส่วนกระดาษ 8 กิโลกรัมต่อน้ำ 120 ลิตร ดังภาพที่ 3.1 เป็นเวลา 1 วัน

กระดาษหนังสือพิมพ์ กระดาษพิมพ์และเขียน

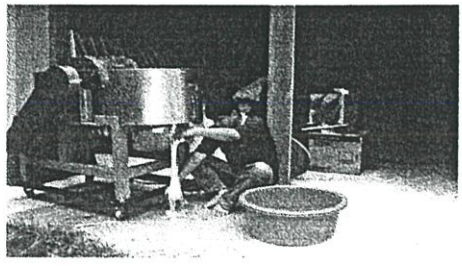
ภาพที่ 3.1 ภาพการแช่น้ำของกระดาษทั้ง 2 ชนิดในภาชนะที่เตรียมไว้

2. นำกระดาษที่แช่น้ำแล้วทั้ง 2 ชนิด มาเข้าเครื่องตีเยื่อกระดาษ โดยการแยกตีแต่ละชนิด ใช้ระยะเวลาในการตี 10 นาที ในการตีเยื่อจะต้องคอยใช้ไม้คนกระดาษไปมาเพื่อให้ได้เยื่อที่มีเส้นใยสม่ำเสมอ ดังภาพที่ 3.2 และในอัตราส่วนในการตีเท่ากับกระดาษ 8 กิโลกรัมต่อน้ำ 120 ลิตร



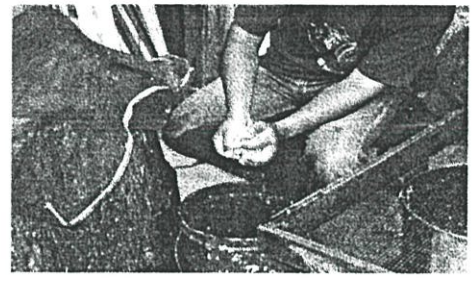
ภาพที่ 3.2 ภาพการตีเยื่อกระดาษด้วยเครื่องตีเยื่อกระดาษ

3. หลังจากตีกระดาษด้วยเครื่องตีเยื่อกระดาษเสร็จแล้วจึงนำกระดาษที่เป็นเยื่อออกดังภาพที่ 3.3 และนำมาบีบให้น้ำออกด้วยมือก่อนนำมาขยี้กับตระแกรงให้ได้เป็นชิ้นเล็กๆ แล้วนำมาผึ่งแดดให้แห้งพอประมาณดังภาพที่ 3.4

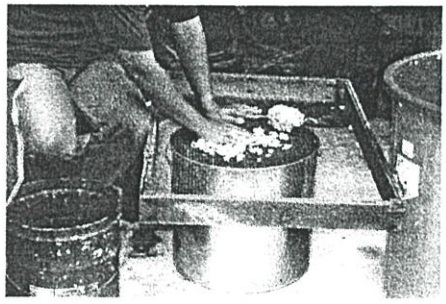


ภาพที่ 3.3 ภาพการนำเยื่อกระดาษออกจากเครื่องตีเยื่อกระดาษ

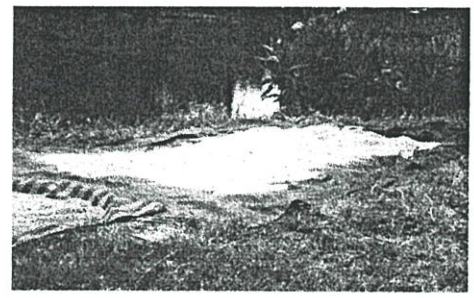
1. การบีบน้ำออกจากเยื่อกระดาษด้วยผ้าตระข่าย



2. การบีบน้ำออกจากเยื่อกระดาษด้วยมือ



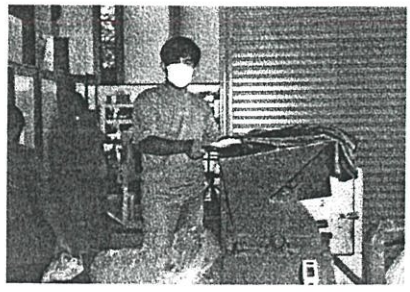
3. การขยี้เยื่อกระดาษกับตระแกรง



4. การนำเยื่อที่ขยี้แล้วออกผึ่งแดด

ภาพที่ 3.4 ภาพการบีบน้ำออกจากเยื่อกระดาษแล้วนำมาขยี้กับตระแกรงให้ได้เป็นชิ้นเล็กๆก่อนนำมาผึ่งแดด

4. หลังจากนำเยื่อกระดาษที่ผ่านการผึ่งแดดจนแห้งพอดีแล้ว ให้นำเยื่อกระดาษที่ได้มาเข้าเครื่องกระจายเพื่อทำการตีเยื่อให้กระจายออกจากก้อนเยื่อดังภาพที่ 3.5



ภาพที่ 3.5 ภาพการนำเยื่อที่ผ่านการผึ่งแดดแล้วมาเข้าเครื่องกระจายเยื่อ

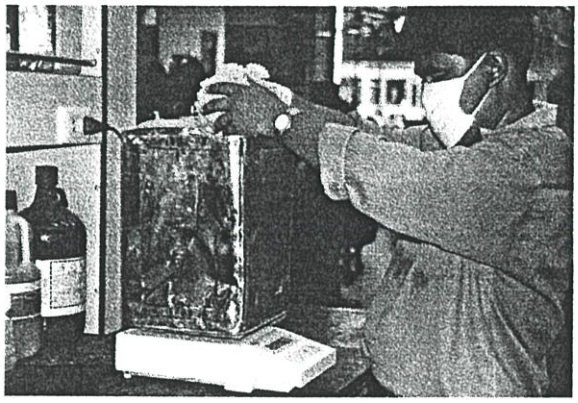
5. เมื่อทำการกระจายเยื่อเสร็จแล้วให้นำเยื่อที่ผ่านการกระจายแล้ว นำมาเข้าในตู้อบ เพื่อหาค่าความชื้นของเยื่อก่อนนำมาอัดร้อนในอุณหภูมิ 50 องศา อบจนกว่าจะได้ ค่าความชื้นที่ต้องการดังภาพที่ 3.6

การนำเยื้อเข้าตู้อบ

การเช็คค่าความชื้นของเยื้อ

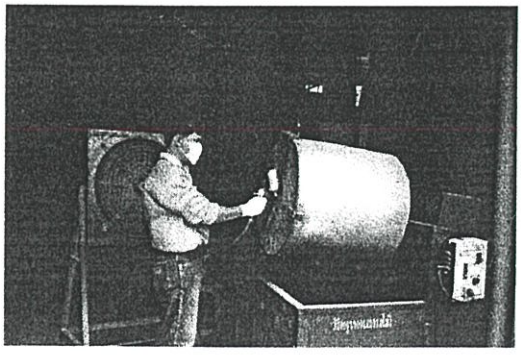
ภาพที่ 3.6 ภาพการนำเยื่อที่ผ่านการกระจายเข้าตู้อบ อบให้ได้ความชื้นที่ต้องการ

6. นำเยื่อที่ผ่านการอบแห้งแล้ว มาทำการชั่งเพื่อหาปริมาณของเยื่อและกาวก่อนการนำไปผ่านกระบวนการในการผสมกาวและอัดร้อน ดังภาพที่ 3.7



ภาพที่ 3.7 ภาพการนำเยื่อกระดาษและกาว ชั่งน้ำหนักเพื่อหาปริมาณของเยื่อและกาวก่อนการอัด

7. หลังจากนำเยื่อกระดาษและกาวมาชั่งตามอัตราส่วนต่างๆ เรียบร้อยแล้ว จึงนำเยื่อกระดาษและกาวมาผสมกันที่เครื่องผสมกาว โดยใช้กาวยูเรีย-ฟอร์มัลดีไฮด์ผสมตามเปอร์เซ็นต์ต่างๆ คือ 7 % , 10% , 13% และ 16 % ดังภาพที่ 3.8



ภาพที่ 3.8 ภาพการผสมกาวกับเยื่อกระดาษ ด้วยเครื่องผสม

8. นำเยื่อกระดาษที่ผ่านการผสมกาวเสร็จเรียบร้อย มาเข้ากับอุปกรณ์ที่ใช้โรยเยื่อ เนื่องจากเยื่อกระดาษที่ผ่านการผสมกาวแล้วจะมีลักษณะเป็นก้อน จึงจำเป็นต้องนำมาเข้ากับอุปกรณ์โรยเยื่อ เพื่อให้เยื่อกระดาษที่โรยไม่เป็นก้อนและมีความสม่ำเสมอกันทั่วทั้งแผ่น ก่อนการนำไปเข้ากับเครื่องอัดร้อน ดังภาพที่ 3.9

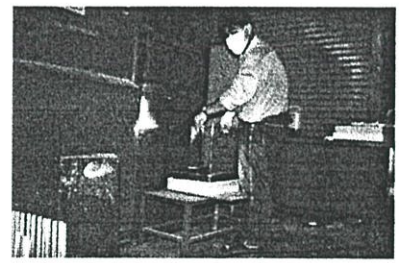
1. การนำเยื่อมาเข้าอุปกรณ์ที่ใช้ในการโรย

2. การนำเยื่อที่โรยเสร็จแล้วออกจากอุปกรณ์

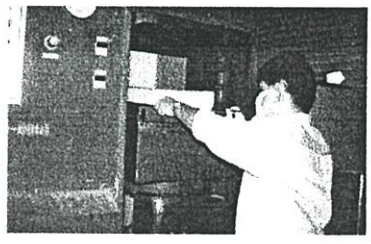
ภาพที่ 3.9 ภาพการนำเยื่อที่ผสมกาวแล้วมาเข้าอุปกรณ์ที่ใช้ในการโรยเยื่อ

9. นำเยื่อที่โรยเสร็จแล้วในกล่องแม่แบบขนาด 35 x 35 เซนติเมตร มาวางไว้บริเวณหน้าเครื่องอัดร้อน แล้วใช้ไม้แบบกดทับเยื่อที่อยู่ในกล่องแม่แบบ เพื่อให้เกิดการยึดเกาะกันระหว่างเยื่อกระดาษกับกาวก่อนแล้วจึงนำแม่แบบยกออก จากนั้นนำแผ่นเหล็กที่ทาน้ำมันแล้วมารองทั้ง 2 ด้าน ก่อนยกเข้าเครื่องทำการอัด ให้ปฏิบัติตามขั้นตอนนี้ตลอดจนครบทุกอัตราส่วน ดังภาพที่ 3.10

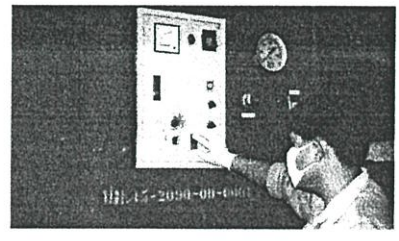
1. การใช้แบบกดเยื่อก่อนเข้าเครื่อง



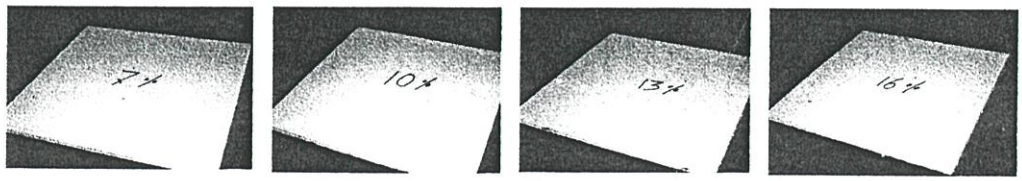
2. การดึงกล่องออกเมื่อกดเยื่อลงแล้ว



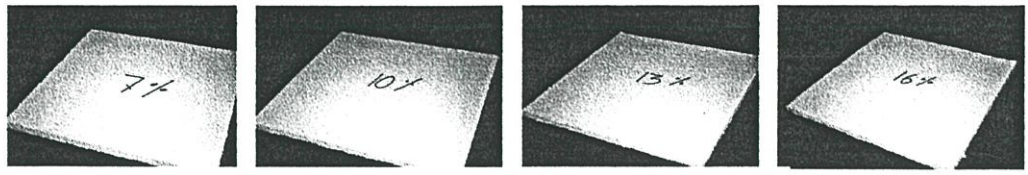
3. การยกเยื่อเข้าเครื่องอัดร้อน



4. การควบคุมเครื่องอัดร้อน



แผ่นประกอบทดแทนไม้ที่ผลิตจากกระดาษหนังสือพิมพ์

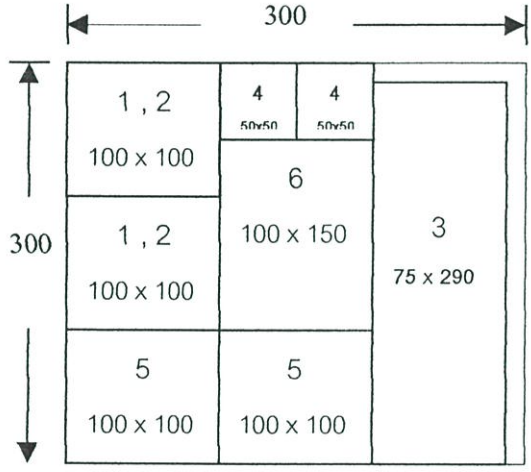


แผ่นประกอบทดแทนไม้ที่ผลิตจากกระดาษพิมพ์และเขียน

ภาพที่ 3.10 ขั้นตอนการนำเยื่อกระดาษเข้าเครื่องอัดร้อน

3.3.1.4 การตัดชิ้นตัวอย่างเพื่อใช้ในการทดสอบ

การตัดแผ่นประกอบเพื่อใช้ในการทดสอบหาคุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกล ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง (มอก. 966 – 2533) กำหนดขนาดเป็นมิลลิเมตร ดังนี้



ภาพที่ 3.11 แสดงสัดส่วนการตัดแผ่นประกอบเพื่อใช้ในการทดสอบหาคุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกล

แผ่นที่ 1 ใช้ทดสอบความหนาแน่น (Density)
แผ่นที่ 2 ใช้ทดสอบความชื้น (Moisture Content)
แผ่นที่ 3 ใช้ทดสอบความต้านแรงดัด (Bending Strength)
แผ่นที่ 4 ใช้ทดสอบความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า (Tension perpendicular to Surface)
แผ่นที่ 5 ใช้ทดสอบการดูดซึมน้ำและการขยายตัวตามความหนา (Water Absorption and Swelling)
แผ่นที่ 6 ใช้ทดสอบความยึดเหนี่ยวของตะปูเกลียว (Wood screw holding power)

3.3.1.5 ขั้นตอนการทดสอบหาคุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกลของแผ่นประกอบทดแทนไม้ (ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง มอก. 966 – 2533)

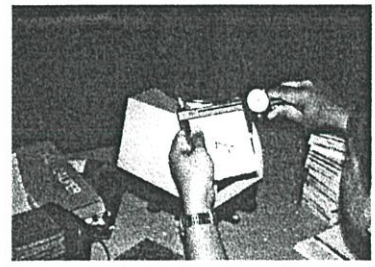
1. การทดสอบหาความหนาแน่น (Density)

การทดสอบความหนาแน่น เป็นการทดสอบเพื่อหาความหนาแน่นของชิ้นทดสอบด้วยวิธีการดังต่อไปนี้

1.1. นำแผ่นประกอบทดแทนไม้ที่ได้จากการอัด มาตัดให้ได้ขนาด 100 x 100 มิลลิเมตร

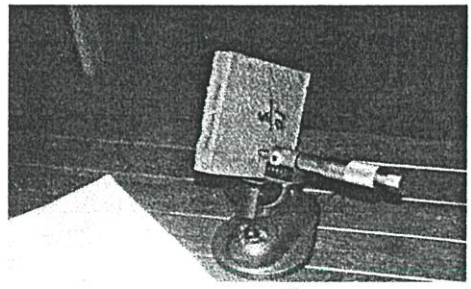
1.2. นำแผ่นที่ตัดเรียบร้อยแล้วมาชั่งน้ำหนักแล้วทำการวัดหาขนาดความกว้างและความยาวของชิ้นที่ใช้ทดสอบ ดังภาพที่ 3.12 จากนั้นนำมาวันความหนาทั้ง 4 ตำแหน่ง ดังภาพที่ 3.13 แล้วจึงนำค่าที่ได้มาหาค่าเฉลี่ย

การชั่งน้ำหนัก



การวัดขนาดความกว้างและความยาว

ภาพที่ 3.12 ภาพการชั่งน้ำหนักและการวัดขนาดความกว้างและความยาวของชิ้นทดสอบ



ภาพที่ 3.13 ภาพการวัดขนาดความหนาทั้ง 4 ตำแหน่ง ของชิ้นงาน

1.3. นำข้อมูลที่ได้จากการทดสอบมาหาค่าความหนาแน่นจากสูตร

$$\text{ความหนาแน่น (กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)} = \frac{\text{มวล (กรัม)}}{\text{ปริมาตร (กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)}} \times 10^{6}$$

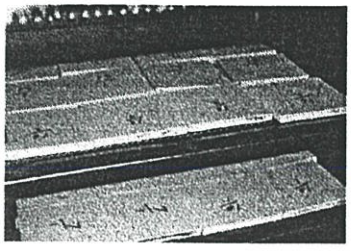
2. การทดสอบความชื้น (Moisture Content)

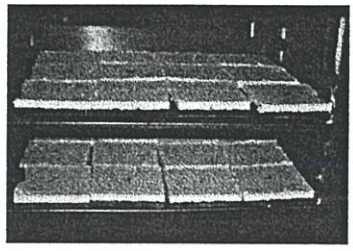
การทดสอบความชื้น เป็นการทดสอบเพื่อหาความชื้นของชิ้นทดสอบด้วยวิธีการดังต่อไปนี้

2.1. นำแผ่นประกอบทดแทนไม้ที่ได้จากการอัด มาตัดให้ได้ขนาด 100 x 100 มิลลิเมตร

2.2. นำแผ่นที่ตัดเรียบร้อยแล้วมาชั่งน้ำหนักแล้วนำเข้าเตาอบ ที่อุณหภูมิที่ 103 + 2 องศา

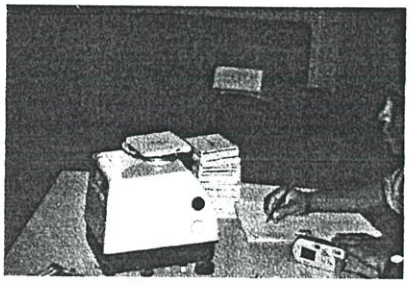
เซลเซียส ดังภาพที่ 3.14 จากนั้นนำมาใส่ใน Dasikcater เพื่อทำให้เย็น ดังภาพที่ 3.15 จากนั้นนำมาชั่งน้ำหนักอีกครั้งหนึ่งเพื่อหามวลที่อบแห้ง ดังภาพที่ 3.16





ภาพที่ 3.14 ภาพการนำชิ้นทดสอบเข้าเตาอบเพื่อหาค่าความชื้น

ภาพที่ 3.15 ภาพการนำชิ้นทดสอบใส่ใน Dasikcater เพื่อปล่อยให้เย็น



ภาพที่ 3.16 ภาพการนำชิ้นทดสอบมาชั่งหาน้ำหนักเมื่ออบแห้ง

2.3. นำข้อมูลที่ได้จากการทดสอบมาหาค่าความชื้นจากสูตร

$$\text{ความชื้น (ร้อยละ)} = \frac{\text{มวลก่อนอบ (กรัม) } - \text{ มวลเมื่ออบแห้ง (กรัม)}}{\text{มวลเมื่ออบแห้ง (กรัม)}} \times 100$$

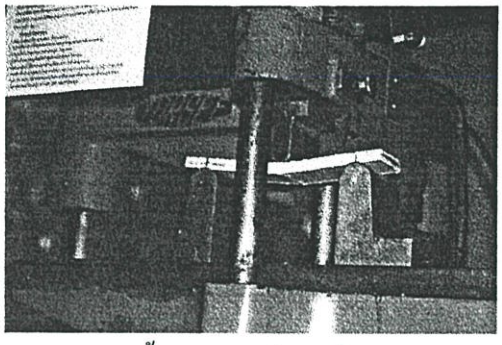
3. การทดสอบความต้านแรงดัด (Bending Strength)

การทดสอบความต้านแรงดัด เป็นการทดสอบเพื่อหาค่ามอดุลัสแตกร้าวของชิ้นทดสอบด้วยวิธีการดังต่อไปนี้

3.1. นำแผ่นประกอบทดแทนไม้ที่ได้จากการอัด มาตัดให้ได้ขนาด 75 x 290 มิลลิเมตร

3.2. นำชิ้นทดสอบที่ทำการตัดแล้วมาวัดจุดที่ต้องการดัด จากนั้นนำมาวางไว้บนแท่นรองรับที่มีระยะห่าง 240 มิลลิเมตร

3.3. ทำการกดบนจุดกึ่งกลางของชิ้นทดสอบ โดยมีอัตราแรงกดที่สม่ำเสมอจนกระทั้งชิ้นทดสอบหัก ดังภาพที่ 3.17



ภาพที่ 3.17 ภาพการกดชิ้นทดสอบด้วยเครื่องทดสอบ

3.4. นำข้อมูลที่ได้จากการทดสอบมาหาค่ามอดุลัสแตกร้าวจากสูตร

$$R = \frac{3\,Pl}{2\,bd^2}$$

R คือ มอดุลัสแตกร้าว เป็นเมกะพาสคัล

P คือ แรงกดสูงสุดที่ชิ้นทดสอบรับได้ เป็นนิวตัน

l คือ ระยะห่างของแท่นรองรับ เป็นมิลลิเมตร

b คือ ความกว้างของชิ้นทดสอบ เป็นมิลลิเมตร

d คือ ความหนาเฉลี่ยของชิ้นทดสอบ เป็นมิลลิเมตร

4. การทดสอบ ความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า (Tension Perpendicular to Surface)

การทดสอบความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า เป็นการทดสอบเพื่อหาค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าของชิ้นทดสอบ ด้วยวิธีการดังต่อไปนี้

4.1. นำแผ่นประกอบทดแทนไม้ที่ได้จากการอัด มาตัดให้ได้ขนาด 50 x 50 มิลลิเมตร

4.2. นำชิ้นทดสอบที่ตัดแล้วมาติดกับชิ้นไม้ทั้ง 2 ด้าน ที่จะทดสอบกับแรงดึงด้วยกาวสังเคราะห์ที่มีแรงยึดมากกว่าแรงยึดในตัวชิ้นทดสอบ

4.3. นำชิ้นทดสอบที่เตรียมแล้วไปเข้าเครื่องดึง ดึงด้วยแรงดึงที่สม่ำเสมอจนกว่าชิ้นทดสอบจะแยกออกจากกัน ดังภาพที่ 3.18

ภาพที่ 3.18 ภาพการดึงชิ้นทดสอบด้วยเครื่องดึง

4.4. นำข้อมูลที่ได้จากการทดสอบมาหาค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าจากสูตร

$$\text{ความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า (เมกะพาสคัล)} = \frac{\text{แรงดึงสูงสุด (นิวตัน)}}{\text{ความกว้าง (มิลลิเมตร) x ความยาว (มิลลิเมตร)}}$$

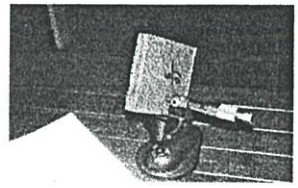
5. การทดสอบการดูดซึมน้ำและการขยายตัวตามความหนา (Water Absorption and Swelling)

การทดสอบการดูดซึมน้ำและการขยายตัวทางความหนา เป็นการทดสอบเพื่อหาค่าการดูดซึมน้ำและการขยายตัวตามความหนา ของชิ้นทดสอบ ด้วยวิธีการดังต่อไปนี้

5.1. นำแผ่นประกอบทดแทนไม้ที่ได้จากการอัด มาตัดให้ได้ขนาด 100 x 100 มิลลิเมตร

5.2. นำแผ่นที่ตัดเรียบร้อยแล้วมาชั่งน้ำหนักแล้ววัดความหนาของชิ้นทดสอบ ดังภาพที่ 3.19

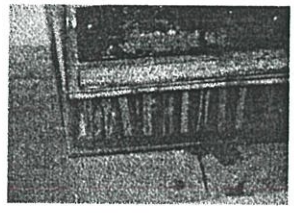
ชั่งชิ้นทดสอบก่อนแช่น้ำ



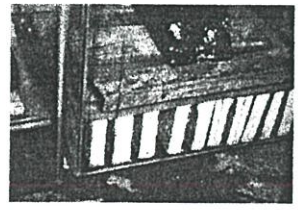
วัดความหนาก่อนแช่น้ำ

ภาพที่ 3.19 ภาพการชั่งน้ำหนักและวัดความหนาของชิ้นทดสอบ

5.3. แช่ชิ้นทดสอบในภาชนะที่บรรจุน้ำนิ่งและสะอาด โดยตั้งชิ้นทดสอบให้อยู่ในระดับผิวน้ำ ขอบบนอยู่ใต้ผิวน้ำ 20 มิลลิเมตร วางชิ้นทดสอบแต่ละชิ้นให้ห่างกัน ดังภาพที่ 3.20



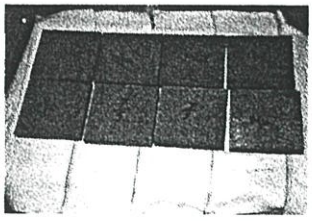
กระดาษหนังสือพิมพ์



กระดาษพิมพ์และเขียน

ภาพที่ 3.20 ภาพการแช่ชิ้นทดสอบในภาชนะบรรจุน้ำ

5.4. แช่ชิ้นทดสอบจนครบ 24 ชั่วโมง แล้วนำมาวางไว้บนผ้าซับหรือกระดาษซับ ทิ้งไว้ 30 วินาที นำชิ้นทดสอบออกจากผ้าซับ ดังภาพที่ 3.21

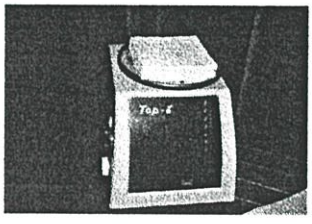


กระดาษหนังสือพิมพ์

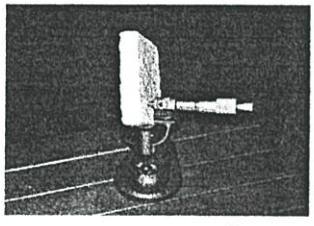
กระดาษพิมพ์และเขียน

ภาพที่ 3.21 ภาพการซับชิ้นทดสอบด้วยผ้าซับน้ำ

5.5. นำชิ้นทดสอบมาชั่งและวัดความหนา หลังจากแช่น้ำแล้ว ดังภาพที่ 3.22



ชั่งชิ้นทดสอบหลังแช่น้ำแล้ว



วัดความหนาหลังแช่น้ำ

ภาพที่ 3.22 ภาพการนำชิ้นทดสอบมาชั่งและวัดความหนาหลังจากแช่น้ำแล้ว

5.6. นำข้อมูลที่ได้จากการทดสอบมาหาค่าการดูดซึมน้ำและการขยายตัวทางความหนาจากสูตร

$$\text{ค่าการดูดซึมน้ำ (ร้อยละ)} = \frac{\text{มวลหลังแช่น้ำ กรัม - มวลก่อนแช่น้ำ กรัม}}{\text{มาลก่อนแช่น้ำ กรัม}} \times 100$$

$$\text{การขยายตัวตามความหนา (ร้อยละ)} = \frac{\text{ความหนาหลังแช่น้ำ มม. - ความหนาก่อนแช่น้ำ มม.}}{\text{ความหนาก่อนแช่น้ำ มม.}} \times 100$$

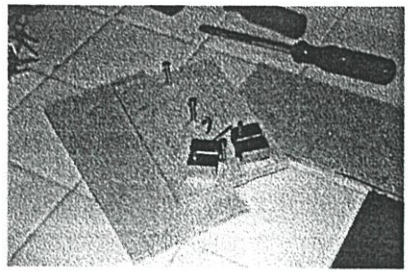
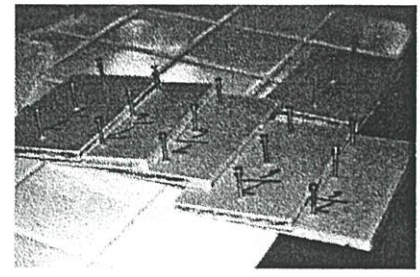
6. การทดสอบความยึดเหนี่ยวของตะปูเกลียว (Wood Screw Holding Power)

การทดสอบความยึดเหนี่ยวของตะปูเกลียว เป็นการทดสอบเพื่อหาค่าความยึดเหนี่ยวของตะปูเกลียวของชิ้นทดสอบ ด้วยวิธีการดังต่อไปนี้

6.1. นำแผ่นประกอบทดแทนไม้ที่ได้จากการอัด มาตัดให้ได้ขนาด 100 x 150 มิลลิเมตร

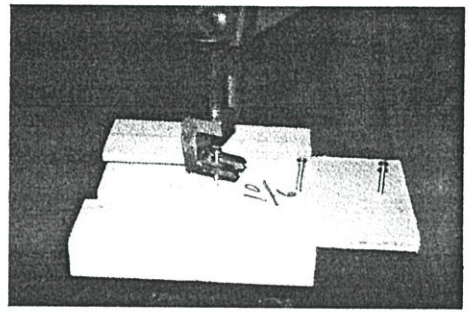
6.2. นำแผ่นประกอบทดแทนไม้ที่ทำการตัดแล้วมาวัดตำแหน่งที่จะทำการยึดตะปูเกลียวทั้งหมด 3 แห่ง คือ กึ่งกลางผิวหนา 1 แห่ง และกึ่งกลางของขอบ 2 ขอบที่ประชิดกัน

6.3. ขันตะปูเกลียวลงในชิ้นทดสอบทั้ง 3 แห่ง ที่ได้เจาะรูนำขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2.8 มิลลิเมตร ไว้แล้ว ดังภาพที่ 3.23

ภาพที่ 3.23 ภาพตะปูเกลียวที่ทำการขันลงบนชิ้นทดสอบทั้ง 3 จุด

6.4. นำชิ้นทดสอบที่ได้เตรียมนี้ไปเข้าเครื่องดึง ดึงจนกว่าตะปูเกลียวจะถอนจากชิ้นทดสอบ อัตราแรงดึงต้องเป็นไปอย่างสม่ำเสมอ ดังภาพที่ 3.24



ภาพที่ 3.24 ภาพการดึงตะปูเกลียวด้วยเครื่องดึงตะปู

6.5. นำข้อมูลที่ได้จากการทดสอบมาหาค่าเฉลี่ยของความยึดเหนียวของตะปูเกลียว

3.4 สถานที่ดำเนินการวิจัย

3.4.1 สถานที่ดำเนินการ

1. กลุ่มอุตสาหกรรมวัสดุทดแทนไม้ สำนักวิจัยเศรษฐกิจและผลผลิตป่าไม้ กรมป่าไม้ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ เป็นสถานที่สำหรับจัดเตรียมวัสดุ เครื่องมือและอุปกรณ์ต่างๆ ที่ใช้ในการดำเนินการวิจัยการพัฒนาแผ่นประกอบ

2. สำนักงานพัฒนาอุตสาหกรรมรายสาขา กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม ฝ่ายอุตสาหกรรมเครื่องเรือน เป็นสถานที่ในการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกลของแผ่นประกอบทดแทนไม้ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง (มอก. 966 – 2533)

3.4.2 ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย

ในการวิจัยเรื่องการศึกษาและพัฒนากระดาษเหลือใช้ เป็นแผ่นประกอบทดแทนไม้นี้ ผู้วิจัยใช้ระยะเวลาในการดำเนินการวิจัยตั้งแต่เดือนมีนาคม – พฤศจิกายน พ.ศ. 2546

3.5 การเก็บรวบรวมข้อมูล

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ขั้นตอนการดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลดังนี้

ขอหนังสือจากงานบัณฑิตศึกษา คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ถึงอธิบดีกรมป่าไม้ เรื่องขอข้อมูลเกี่ยวกับการอัดแผ่นไม้ประกอบทดแทนไม้และขอความอนุเคราะห์ใช้เครื่องจักรในกระบวนการผลิตแผ่นประกอบทดแทนไม้พร้อมทั้งขอใช้เครื่องมือในการทดสอบสมบัติทางกายภาพและเชิงกลต่างๆของแผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจากกระดาษเหลือใช้ โดยการบันทึกด้วยการถ่ายภาพและการจดบันทึก เพื่อนำผลที่ได้มาทำการเปรียบเทียบหาคุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกลของแผ่นประกอบทดแทนไม้ที่ใช้วัสดุในการอัดต่างกัน คือ แผ่นประกอบทดแทนไม้ที่ผลิตจากกระดาษหนังสือพิมพ์และแผ่นประกอบทดแทนไม้ที่ผลิตจากกระดาษพิมพ์และเขียน

3.6 การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลดังนี้

1. วิเคราะห์ข้อมูลจากแบบทดสอบด้วยเครื่องทดสอบตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง (มอก. 966 – 2533) เพื่อทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกลของแผ่นประกอบทดแทนไม้ ทั้ง 2 ประเภท คือ

1.1. แผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจากกระดาษหนังสือพิมพ์

1.2. แผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจากกระดาษพิมพ์และเขียน

การวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกลของแผ่นประกอบทดแทนไม้ ทั้ง 2 ประเภท ด้วยการใช้ค่าสถิติ ค่าเฉลี่ย (Mean , $\overline{X}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation , S.D)

2. เปรียบเทียบความแตกต่างของคุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกลของแผ่นประกอบทดแทนไม้ตามอัตราส่วนของกาว โดยใช้สถิติ Kruskal Wallis One- Way Analysis of Variance หรือ H Test (ยุทธพงษ์ กัยวรรณ์. 2543 : 158 – 160)

3. เปรียบเทียบความแตกต่างของคุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกลของแผ่นประกอบทดแทนไม้ ทั้ง 2 ประเภท โดยใช้สถิติ Mann – Whitney U Test (ชูศรี วงศ์รัตนะ. 2541 : 346)

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลในการวิจัยเรื่อง การศึกษาและการพัฒนากระดาษเหลือใช้ เป็นแผ่นประกอบทดแทนไม้ ผู้วิจัยได้นำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล โดยแบ่งเป็น ตอนๆ ดังนี้

ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของเยื่อกระดาษหนังสือพิมพ์และกระดาษพิมพ์และเขียน

ตอนที่ 2 ผลวิเคราะห์ข้อมูลจากการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกลของแผ่นประกอบทดแทนไม้ โดยการหาค่าเฉลี่ย (Mean, $\overline{X}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation , S.D) ของการทดสอบในแต่ละด้าน แล้วนำเสนอในรูปของตาราง

ตอนที่ 3 ผลวิเคราะห์ข้อมูลเปรียบเทียบความแตกต่างของคุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกลของแผ่นประกอบทดแทนไม้ ตามเปอร์เซ็นต์ของกาว โดยใช้สถิติ Kruskal Wallis One- Way Analysis of Variance หรือ H Test ของการทดสอบในแต่ละด้าน แล้วนำเสนอในรูปของตาราง

ตอนที่ 4 ผลวิเคราะห์ข้อมูลเปรียบเทียบความแตกต่างของคุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกลของแผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจากกระดาษหนังสือพิมพ์และกระดาษพิมพ์และเขียน โดยใช้สถิติ Mann – Whitney U Test

ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของเยื่อกระดาษหนังสือพิมพ์และกระดาษพิมพ์และเขียน

ตารางที่ 4.1 ตารางแสดงผลองค์ประกอบทางเคมีของเยื่อกระดาษหนังสือพิมพ์และกระดาษพิมพ์และเขียน

องค์ประกอบทางเคมี Chemical Composition	ผล Result		มาตรฐาน Standard	หน่วย Unit
	เยื่อกระดาษหนังสือพิมพ์	เยื่อกระดาษพิมพ์และเขียน		
1. การละลายในแอลกอฮอลล์ - เบนซิน (Alcohol-benzene Solubility)	1.17	0.35	TAPPI-T204-cm-97	% โดยน้ำหนักอบแห้ง (% by oven dry weight)
2. การละลายในแอลกอฮอลล์ (Alcohol Solubility)	0.83	0.39	TAPPI-T264-cm-97	% โดยน้ำหนักอบแห้ง (% by oven dry weight)
3. การละลายในน้ำร้อน (Hot Water Solubility)	2.75	11.17	TAPPI-T207-cm-93	% โดยน้ำหนักอบแห้ง (% by oven dry weight)
4. การละลายในสารละลายโซเดียม ไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้นร้อยละ 1 (1% NaOH Solubility)	5.19	20.75	TAPPI-T212-cm-98	% โดยน้ำหนักอบแห้ง (% by oven dry weight)
5. ปริมาณขี้เถ้า (Ash)	0.10	1.73	TAPPI-T211-cm-93	% โดยน้ำหนักอบแห้ง (% by oven dry weight)
6. ปริมาณโฮโลเซลลูโลส (Holocellulose)	73.54	98.22	Acid chlorite Method of Browing	% โดยน้ำหนักอบแห้ง (% by oven dry weight)
7. ปริมาณลิกนิน (Lignin)	26.46	1.78	TAPPI-T222-cm-98	% โดยน้ำหนักอบแห้ง (% by oven dry weight)
8. ปริมาณแอลฟาเซลลูโลส (Cellulose)	48.38	87.20	TAPPI-T203-cm-93	% โดยน้ำหนักอบแห้ง (% by oven dry weight)
9. ปริมาณแพนโตแซน (Pentosan)	18.43	8.77	TAPPI-T223-cm-84	% โดยน้ำหนักอบแห้ง (% by oven dry weight)

ที่มา ฝ่ายเทคโนโลยีเส้นใย สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตผลทางการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร

จากตารางที่ 4.1 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของเยื่อกระดาษหนังสือพิมพ์และเยื่อกระดาษพิมพ์และเขียน พบว่า มีลักษณะของเส้นใยและโครงสร้างที่แตกต่างกัน ดังนั้น เมื่อนำเยื่อกระดาษทั้ง 2 ชนิด มาอัดเป็นแผ่นประกอบทดแทนไม้ ตามเปอร์เซ็นต์กาวต่างๆ คือ 7% , 10% , 13% และ 16 % จึงให้ผลทางด้านคุณสมบัติทั้งทางกายภาพและเชิงกล ของทั้ง 2 ชนิด แตกต่างกัน

ตอนที่ 2 ผลวิเคราะห์ข้อมูลจากการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกลของแผ่นประกอบทดแทนไม้ โดยการหาค่าเฉลี่ย (Mean, $\overline{X}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation , S.D) ของการทดสอบในแต่ละด้าน แล้วนำเสนอในรูปของตาราง

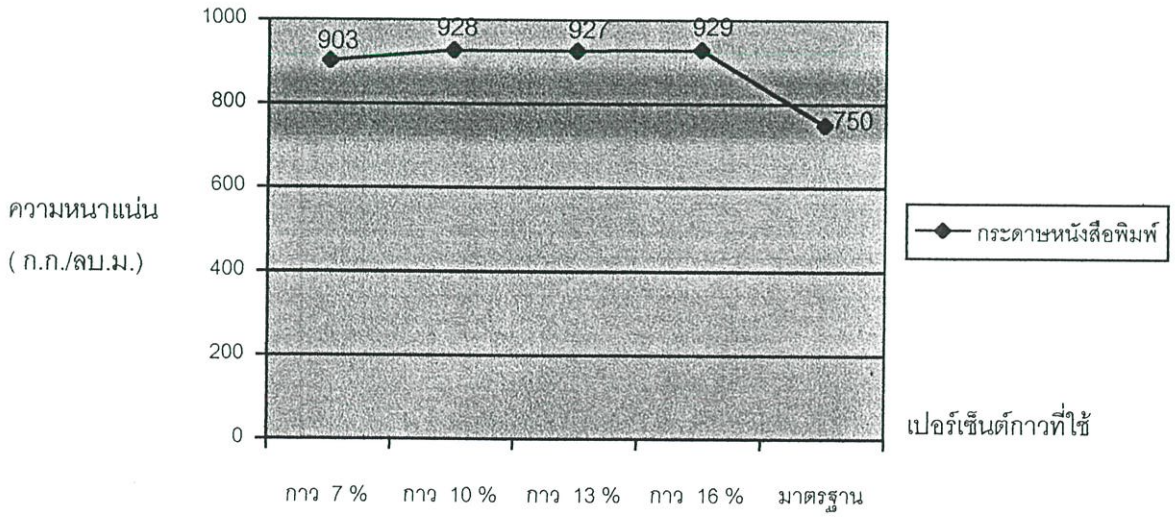
1. ความหนาแน่น (Density)

1.1 แผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจากกระดาษหนังสือพิมพ์

จากการทดสอบแผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจากกระดาษหนังสือพิมพ์ จำนวน 20 แผ่น โดยแบ่งตามเปอร์เซ็นต์กาวคือ 7% , 10% , 13% และ 16% เพื่อการหาค่าเฉลี่ย (Mean, $\overline{X}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation , S.D) ดังนี้

ตารางที่ 4.2 ตารางแสดงความหนาแน่นของแผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจากกระดาษหนังสือพิมพ์

เปอร์เซ็นต์ของกาวที่ใช้อัดแผ่นประกอบทดแทนไม้ (เปอร์เซ็นต์)	จำนวนแผ่นที่ทำการทดสอบ	ความหนาแน่น		มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง (มอก.966-2533) กก. / ลบ.ม.
		$\overline{X}$ กก. / ลบ.ม.	S.D	
7	5	903	15.55	750
10	5	928	16.97	
13	5	927	15.55	
16	5	929	12.77	



ภาพที่ 4.1 แสดงค่าเฉลี่ยของความหนาแน่นของแผ่นประกอบตามเปอร์เซ็นต์ทั้ง 4 เปอร์เซ็นต์ โดยที่เปอร์เซ็นต์ท้ายสุด คือ ค่าคุณสมบัติมาตรฐานเท่ากับ 750 ก.ก./ลบ.ม.

จากตารางที่ 4.2 และภาพที่ 4.1 พบว่า แผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจากกระดาษหนังสือพิมพ์ ตามเปอร์เซ็นต์กาวเท่ากับ 7% , 10% , 13% และ 16% ทุกเปอร์เซ็นต์อยู่ในเกณฑ์สูงกว่าค่าหนาแน่นของมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง (มอก.966-2533) ที่กำหนดไว้ที่ 750 ก.ก / ลบ.ม.

โดยแผ่นประกอบที่มีเปอร์เซ็นต์กาวที่ 7% มีค่าความหนาแน่นน้อยที่สุดคือ 903 กก. / ลบ. ม. และแผ่นประกอบที่มีเปอร์เซ็นต์กาวที่ 16% มีค่าความหนาแน่นมากที่สุดคือ 929 กก./ลบ.ม. ส่วนแผ่นประกอบที่มีเปอร์เซ็นต์กาวที่ 10%และ13% ที่ค่าความหนาแน่นที่ 928 , 927 กก./ลบ.ม. ตามลำดับ

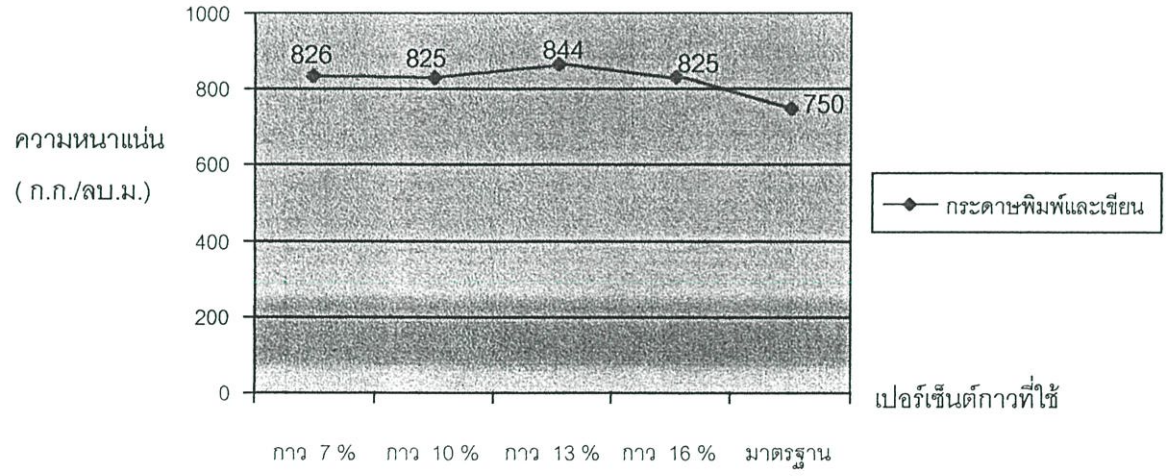
ซึ่งค่าความหนาแน่นของแผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจากกระดาษหนังสือพิมพ์ที่ได้สูงกว่าค่ามาตรฐานถือว่าเป็นผลดีต่อค่าคุณสมบัติทางกายภาพ ด้านความหนาแน่นของแผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจากกระดาษเหลือใช้

1.2 แผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจากกระดาษพิมพ์และเขียน

การทดสอบแผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจากกระดาษพิมพ์และเขียน จำนวน 20 แผ่น โดยแบ่งตามเปอร์เซ็นต์กาวคือ 7% , 10% , 13% และ 16% เพื่อการหาค่าเฉลี่ย (Mean, $\overline{X}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation , S.D) ดังนี้

ตารางที่ 4.3 ตารางแสดงความหนาแน่นของแผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจากกระดาษพิมพ์และเขียน

เปอร์เซ็นต์ของกาวที่ใช้อัดแผ่นประกอบทดแทนไม้ (เปอร์เซ็นต์)	จำนวนแผ่นที่ทำการทดสอบ	ความหนาแน่น		มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง (มอก.966-2533) กก. / ลบ.ม.
		$\overline{X}$ (กก. / ลบ.ม.)	S.D	
7	5	826	22.67	750
10	5	825	29.69	
13	5	844	19.79	
16	5	825	21.21	



ภาพที่ 4.2 แสดงค่าเฉลี่ยของความหนาแน่นของแผ่นประกอบตาวเปอร์เซ็นต์ทั้ง 4 เปอร์เซ็นต์ โดยเปอร์เซ็นต์สุดท้าย คือ ค่าคุณสมบัติของมาตรฐานเท่ากับ 750 ก.ก./ลบ.ม.

จากตารางที่ 4.3 และภาพที่ 4.2 พบว่า แผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจากกระดาษพิมพ์และเขียน ตามเปอร์เซ็นต์กาวเท่ากับ 7% , 10% , 13% และ 16% ทุกเปอร์เซ็นต์อยู่ในเกณฑ์สูงกว่าค่าความหนาแน่นของมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง (มอก.966-2533) ที่กำหนดไว้ที่ 750 ก.ก / ลบ.ม.

โดยแผ่นประกอบที่มีเปอร์เซ็นต์กาวที่ 10%, 16% มีค่าความหนาแน่นน้อยที่สุดคือ 825 กก. / ลบ.ม. และแผ่นประกอบที่มีเปอร์เซ็นต์กาวที่ 13% มีค่าความหนาแน่นมากที่สุดคือ 844 กก./ลบ. ม. ส่วนแผ่นประกอบที่มีเปอร์เซ็นต์กาวที่ 7%ที่ค่าความหนาแน่นที่ 826 กก./ลบ.ม.

ซึ่งค่าความหนาแน่นของแผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจากกระดาษพิมพ์และเขียนที่ได้สูง กว่าค่ามาตรฐานถือว่าเป็นผลดีต่อค่าคุณสมบัติทางกายภาพด้านความหนาแน่นของแผ่นประกอบทด แทนไม้ ที่ผลิตจากกระดาษเหลือใช้

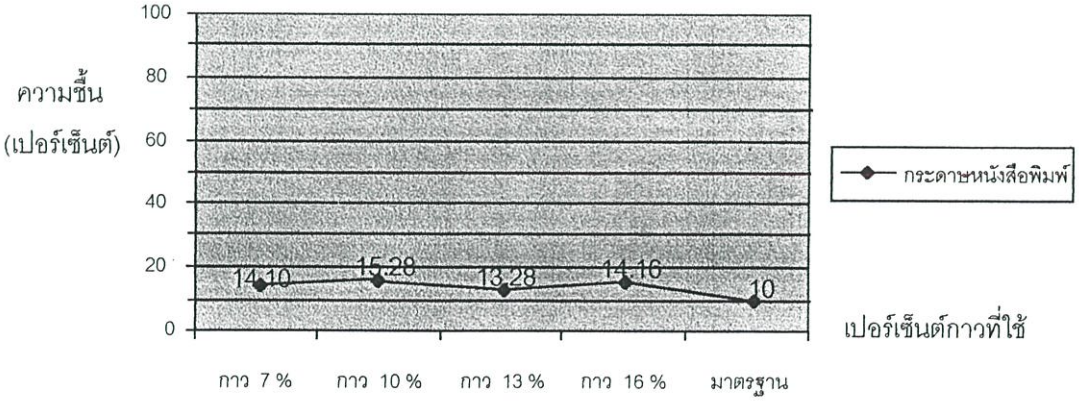
2. **ความชื้น (Moisture Content)**

2.1 แผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจากกระดาษหนังสือพิมพ์

จากการทดสอบแผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจากกระดาษหนังสือพิมพ์ จำนวน 20 แผ่น โดยแบ่งตามเปอร์เซ็นต์กาวคือ 7% , 10% , 13% และ 16% เพื่อการหาค่าเฉลี่ย (Mean, $\overline{X}$) ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน (Standard Deviation , S.D) ดังนี้

ตารางที่ 4.4 ตารางแสดงความชื้นของแผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจากกระดาษหนังสือพิมพ์

เปอร์เซ็นต์ของกาวที่ใช้อัดแผ่นประกอบทดแทนไม้ (เปอร์เซ็นต์)	จำนวนแผ่นที่ทำการทดสอบ	ความชื้น		มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง (มอก.966-2533) เปอร์เซ็นต์
		$\overline{X}$ (เปอร์เซ็นต์)	S.D	
7	5	14.10	.710	4-10
10	5	15.28	1.711	
13	5	13.28	1.880	
16	5	14.16	.438	



ภาพที่ 4.3 แสดงค่าเฉลี่ยของความชื้นของแผ่นประกอบตามเปอร์เซ็นต์ทั้ง 4 เปอร์เซ็นต์ โดยที่เปอร์เซ็นต์สุดท้าย คือ ค่าคุณสมบัติตามมาตรฐานเท่ากับ 4-10 เปอร์เซ็นต์

จากตารางที่ 4.4 และภาพที่ 4.3 พบว่า แผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจากกระดาษหนังสือพิมพ์ ตามเปอร์เซ็นต์กาวเท่ากับ 7% , 10% , 13% และ 16% ทุกเปอร์เซ็นต์ไม่อยู่ในเกณฑ์ค่าความชื้นของมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง (มอก.966-2533) กำหนดไว้ที่ 4-10 เปอร์เซ็นต์

โดยแผ่นประกอบที่มีเปอร์เซ็นต์กาวที่ 13% มีค่าความชื้นน้อยที่สุดคือ 13.28 เปอร์เซ็นต์ และแผ่นประกอบที่มีเปอร์เซ็นต์กาวที่ 10% มีค่าความชื้นมากที่สุดคือ 15.28 เปอร์เซ็นต์ ส่วนแผ่นประกอบที่มีเปอร์เซ็นต์กาวที่ 7%และ16% ที่ค่าความชื้นที่ 14.10 , 14.16 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

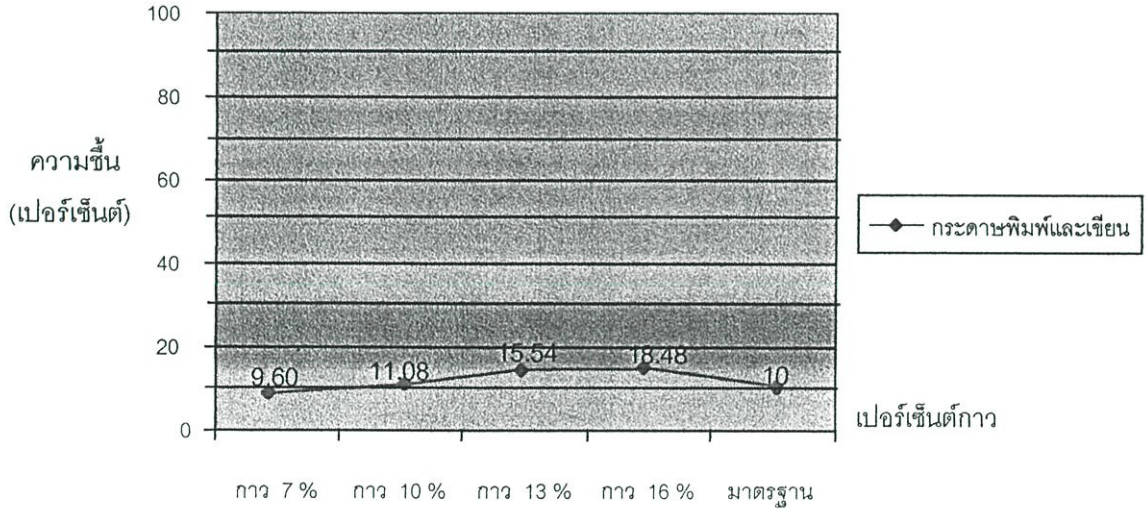
ซึ่งค่าความชื้นของแผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจากกระดาษหนังสือพิมพ์ที่ได้สูงกว่าค่ามาตรฐานถือว่าเป็นผลเสียต่อค่าคุณสมบัติทางกายภาพด้านความชื้นของแผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจากกระดาษเหลือใช้

2.2 แผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจากกระดาษพิมพ์และเขียน

การทดสอบแผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจากกระดาษพิมพ์และเขียน จำนวน 20 แผ่น โดยแบ่งตามเปอร์เซ็นต์กาวคือ 7% , 10% , 13% และ 16% เพื่อการหาค่าเฉลี่ย (Mean, $\overline{X}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation , S.D) ดังนี้

ตารางที่ 4.5 ตารางแสดงความชื้นของแผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจากกระดาษพิมพ์และเขียน

เปอร์เซ็นต์ของกาวที่ใช้อัดแผ่นประกอบทดแทนไม้ (เปอร์เซ็นต์)	จำนวนแผ่นที่ทำการทดสอบ	ความหนาแน่น		มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง (มอก.966-2533) เปอร์เซ็นต์
		$\overline{X}$ (เปอร์เซ็นต์)	S.D	
7	5	9.60	3.53	4-10
10	5	11.08	3.45	
13	5	15.54	2.22	
16	5	18.48	5.57	



ภาพที่ 4.4 แสดงค่าเฉลี่ยของความชื้นของแผ่นประกอบตามเปอร์เซ็นต์ทั้ง 4 เปอร์เซ็นต์ โดยที่เปอร์เซ็นต์ที่สุดท้าย คือ ค่าคุณสมบัติตามมาตรฐานเท่ากับ 4-10 เปอร์เซ็นต์

จากตารางที่ 4.5 และภาพที่ 4.4 พบว่า แผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจากกระดาษพิมพ์และเขียน ตามเปอร์เซ็นต์กาวเท่ากับ 7% , 10% , 13% และ 16% มีแผ่นประกอบที่มีเปอร์เซ็นต์ที่อยู่ในเกณฑ์ค่าความชื้นตามมาตรฐานคือแผ่นประกอบที่มีเปอร์เซ็นต์ที่ 7% ส่วนแผ่นประกอบที่มีเปอร์เซ็นต์ที่ 10%,13% และ 16% ไม่อยู่ในเกณฑ์ค่าความชื้นตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง (มอก.966-2533) ที่กำหนดไว้ที่ 4-10 เปอร์เซ็นต์

โดยแผ่นประกอบที่มีเปอร์เซ็นต์กาวที่ 7% มีค่าความชื้นน้อยที่สุดคือ 9.60 เปอร์เซ็นต์ และแผ่นประกอบที่มีเปอร์เซ็นต์กาวที่ 16% มีค่าความชื้นมากที่สุดคือ 18.48 ส่วนแผ่นประกอบที่มีเปอร์เซ็นต์กาวที่ 10%และ 13%ที่ค่าความชื้นที่ 11.08 , 15.54 เปอร์เซ็นต์

ซึ่งค่าความชื้นของแผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจากกระดาษพิมพ์และเขียนที่ได้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานถือเป็นผลดีต่อแผ่นประกอบทดแทนไม้ ส่วนแผ่นประกอบทดแทนไม้ที่มีค่าความชื้นสูงกว่าค่ามาตรฐานถือว่าเป็นผลเสียต่อค่าคุณสมบัติทางกายภาพด้านความชื้นของแผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจากกระดาษเหลือใช้

3. การดูดซึมน้ำและการขยายตัวทางความหนา (Water Absorption and Swelling)

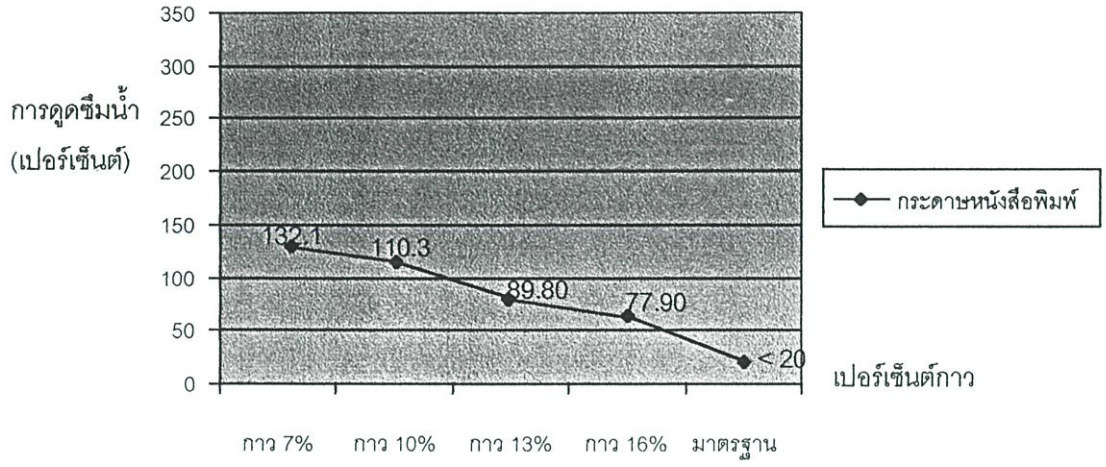
3.1 การดูดซึมน้ำ

3.1.1 แผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจากกระดาษหนังสือพิมพ์

จากการทดสอบแผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจากกระดาษหนังสือพิมพ์ จำนวน 20 แผ่น โดยแบ่งตามเปอร์เซ็นต์กาวคือ 7% , 10% , 13% และ 16% เพื่อการหาค่าเฉลี่ย (Mean, $\overline{X}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation , S.D) ดังนี้

ตารางที่ 4.6 ตารางแสดงการดูดซึมน้ำของแผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจากกระดาษหนังสือพิมพ์

เปอร์เซ็นต์ของกาวที่ใช้อัดแผ่นประกอบทดแทนไม้ (เปอร์เซ็นต์)	จำนวนแผ่นที่ทำการทดสอบ	การดูดซึมน้ำ		มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง (มอก.966-2533) เปอร์เซ็นต์
		$\overline{X}$ (เปอร์เซ็นต์)	S.D	
7	5	132.1	6.36	< 20
10	5	110.3	5.78	
13	5	89.80	6.78	
16	5	77.90	3.56	



ภาพที่ 4.5 แสดงค่าเฉลี่ยของการดูดซึมน้ำของแผ่นประกอบตามเปอร์เซ็นต์ทั้ง 4 เปอร์เซ็นต์ โดยที่เปอร์เซ็นต์สุดท้าย คือ ค่าคุณสมบัติตามมาตรฐานเท่ากับ < 20 เปอร์เซ็นต์

จากตารางที่ 4.6 และภาพที่ 4.5 พบว่า แผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจากกระดาษหนังสือพิมพ์ ตามเปอร์เซ็นต์กาวเท่ากับ 7% , 10% , 13% และ 16% ทุกเปอร์เซ็นต์ไม่อยู่ในเกณฑ์ค่าการดูดซึมน้ำของมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง (มอก.966-2533) ที่กำหนดไว้ที่ < 20 เปอร์เซ็นต์

โดยแผ่นประกอบที่มีเปอร์เซ็นต์กาวที่ 16% มีค่าการดูดซึมน้ำน้อยที่สุดคือ 77.90 เปอร์เซ็นต์ และแผ่นประกอบที่มีเปอร์เซ็นต์กาวที่ 7% มีค่าการดูดซึมน้ำมากที่สุดคือ 132.1 เปอร์เซ็นต์ ส่วนแผ่นประกอบที่มีเปอร์เซ็นต์กาวที่ 10%และ13% ที่ค่าการดูดซึมน้ำที่ 110.3 , 89.80 ตามลำดับ

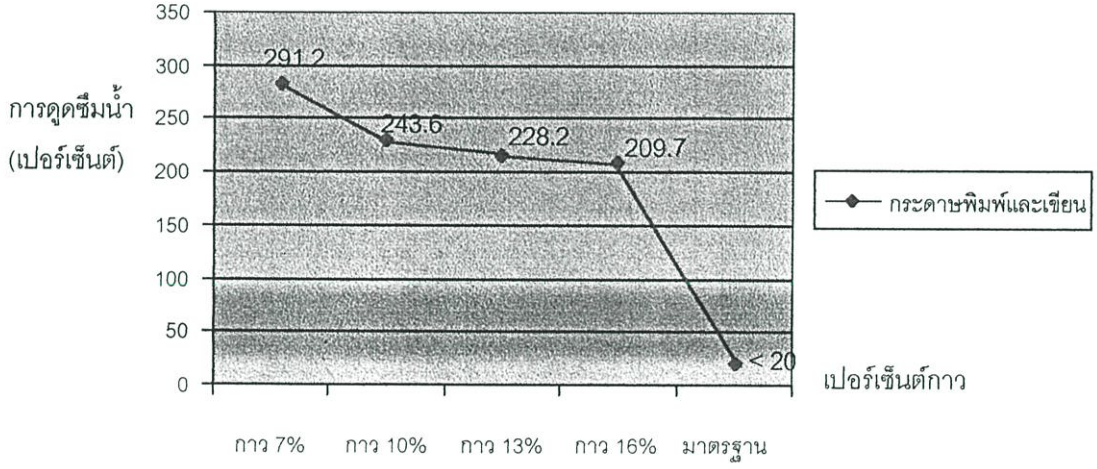
ซึ่งค่าการดูดซึมน้ำของแผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจากกระดาษหนังสือพิมพ์ที่ได้สูงกว่ามาตรฐานถือว่าเป็นผลเสียต่อค่าคุณสมบัติทางกายภาพ ด้านการดูดซึมน้ำของแผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจากกระดาษเหลือใช้

3.2.2 แผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจากกระดาษพิมพ์และเขียน

การทดสอบแผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจากกระดาษพิมพ์และเขียน จำนวน 20 แผ่น โดยแบ่งตามเปอร์เซ็นต์กาวคือ 7% , 10% , 13% และ 16% เพื่อการหาค่าเฉลี่ย (Mean, $\overline{X}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation , S.D) ดังนี้

ตารางที่ 4.7 ตารางแสดงการดูดซึมน้ำของแผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจากกระดาษพิมพ์และเขียน

เปอร์เซ็นต์ของกาวที่ใช้อัดแผ่นประกอบทดแทนไม้ (เปอร์เซ็นต์)	จำนวนแผ่นที่ทำการทดสอบ	การดูดซึมน้ำ		มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง (มอก.966-2533) เปอร์เซ็นต์
		$\overline{X}$ (เปอร์เซ็นต์)	S.D	
7	5	291.2	10.74	< 20
10	5	243.6	13.86	
13	5	228.2	13.29	
16	5	209.7	8.95	



ภาพที่ 4.6 แสดงค่าเฉลี่ยของการดูดซึมน้ำของแผ่นประกอบตามเปอร์เซ็นต์ทั้ง 4 เปอร์เซ็นต์ โดยที่เปอร์เซ็นต์สุดท้าย คือ ค่าคุณสมบัติตามมาตรฐานเท่ากับ < 20 เปอร์เซ็นต์

จากตารางที่ 4.7 และภาพที่ 4.6 พบว่า แผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจากกระดาษพิมพ์และเขียน ตามเปอร์เซ็นต์กาวเท่ากับ 7% , 10% , 13% และ 16% ทุกเปอร์เซ็นต์ไม่อยู่ในเกณฑ์ค่าการดูดซึมน้ำตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง (มอก.966-2533) ที่กำหนดไว้ที่ < 20 เปอร์เซ็นต์

โดยแผ่นประกอบที่มีเปอร์เซ็นต์กาวที่ 16% มีค่าการดูดซึมน้ำน้อยที่สุดคือ 209.7 เปอร์เซ็นต์ และแผ่นประกอบที่มีเปอร์เซ็นต์กาวที่ 7% มีค่าการดูดซึมน้ำมากที่สุดคือ 291.2 เปอร์เซ็นต์ ส่วนแผ่นประกอบที่มีเปอร์เซ็นต์กาวที่ 10%และ 13%ที่ค่าการดูดซึมน้ำที่ 243.6 ,228.2 เปอร์เซ็นต์

ซึ่งค่าการดูดซึมน้ำของแผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจากกระดาษพิมพ์และเขียนที่ได้ไม่อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานถือว่าเป็นผลเสียต่อค่าคุณสมบัติทางกายภาพ ด้านการดูดซึมน้ำของแผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจากกระดาษเหลือใช้

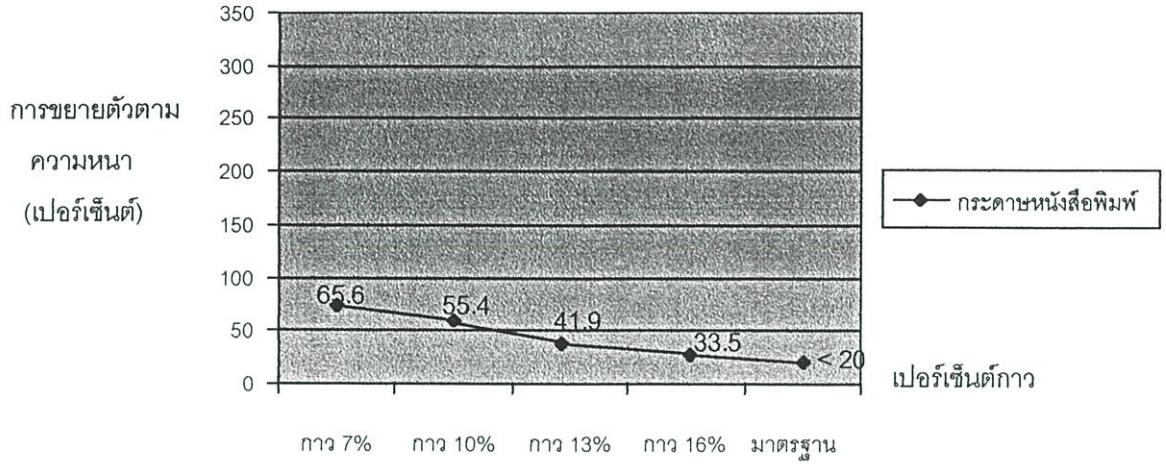
3.2. การขยายตัวตามความหนา

3.2.1 แผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจากกระดาษหนังสือพิมพ์

จากการทดสอบแผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจากกระดาษหนังสือพิมพ์ จำนวน 20 แผ่น โดยแบ่งตามเปอร์เซ็นต์กาวคือ 7% , 10% , 13% และ 16% เพื่อการหาค่าเฉลี่ย (Mean, $\overline{X}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation , S.D) ดังนี้

ตารางที่ 4.8 ตารางแสดงการขยายตัวตามความหนาของแผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจากกระดาษหนังสือพิมพ์

เปอร์เซ็นต์ของกาวที่ใช้อัดแผ่นประกอบทดแทนไม้ (เปอร์เซ็นต์)	จำนวนแผ่นที่ทำการทดสอบ	การขยายตัวตามความหนา		มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง (มอก.966-2533) เปอร์เซ็นต์
		$\overline{X}$ (เปอร์เซ็นต์)	S.D	
7	5	65.6	1.69	< 20
10	5	55.4	1.69	
13	5	41.9	5.51	
16	5	33.5	2.40	



ภาพที่ 4.7 แสดงค่าเฉลี่ยของการขยายตัวตามความหนาของแผ่นประกอบตามเปอร์เซ็นต์ทั้ง 4 เปอร์เซ็นต์ โดยที่เปอร์เซ็นต์สุดท้าย คือ ค่าคุณสมบัติตามมาตรฐานเท่ากับ < 20 เปอร์เซ็นต์

จากตารางที่ 4.8 และภาพที่ 4.7 พบว่า แผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจากกระดาษหนังสือพิมพ์ ตามเปอร์เซ็นต์กาวเท่ากับ 7% , 10% , 13% และ 16% ทุกเปอร์เซ็นต์ไม่อยู่ในเกณฑ์ค่าการขยายตัวตามความหนาของมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง (มอก.966-2533) ที่กำหนดไว้ที่ < 20 เปอร์เซ็นต์

โดยแผ่นประกอบที่มีเปอร์เซ็นต์กาวที่ 16% มีค่าการขยายตัวตามความหนาน้อยที่สุดคือ 33.5 เปอร์เซ็นต์ และแผ่นประกอบที่มีเปอร์เซ็นต์กาวที่ 7% มีค่าการขยายตัวตามความหนามากที่สุดคือ 65.6 เปอร์เซ็นต์ ส่วนแผ่นประกอบที่มีเปอร์เซ็นต์กาวที่ 10%และ13% ที่ค่าการขยายตัวตามความหนาที่ 55.4 , 41.9 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

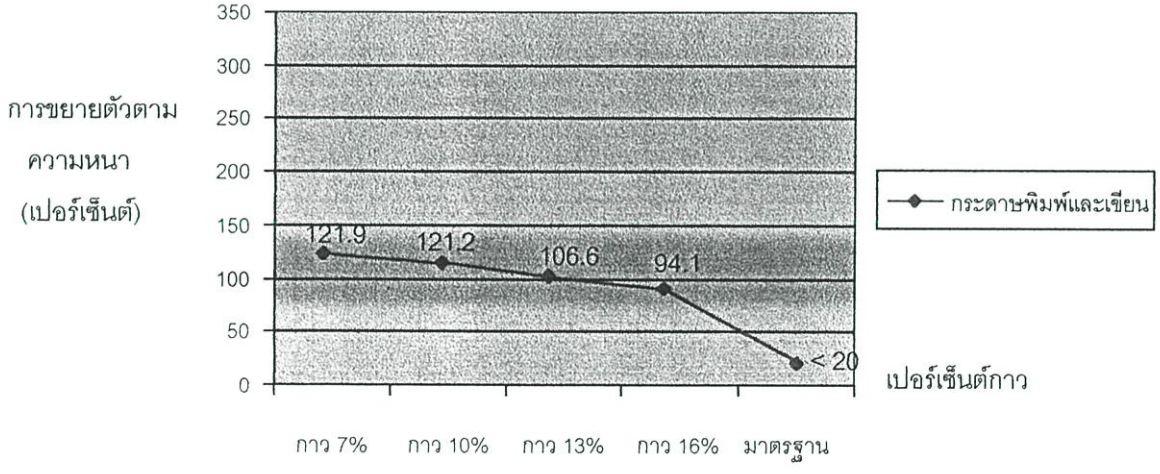
ซึ่งค่าการขยายตัวตามความหนาของแผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจากกระดาษหนังสือพิมพ์ที่ได้สูงกว่ามาตรฐานถือว่าเป็นผลเสียต่อค่าคุณสมบัติทางกายภาพ ด้านการขยายตัวตามความหนาของแผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจากกระดาษเหลือใช้

3.2.2 แผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจากกระดาษพิมพ์และเขียน

การทดสอบแผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจากกระดาษพิมพ์และเขียน จำนวน 20 แผ่น โดยแบ่งตามเปอร์เซ็นต์กาวคือ 7% , 10% , 13% และ 16% เพื่อการหาค่าเฉลี่ย (Mean, $\overline{X}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation , S.D) ดังนี้

ตารางที่ 4.9 ตารางแสดงการขยายตัวตามความหนาของแผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจากกระดาษพิมพ์และเขียน

เปอร์เซ็นต์ของกาวที่ใช้อัดแผ่นประกอบทดแทนไม้ (เปอร์เซ็นต์)	จำนวนแผ่นที่ทำการทดสอบ	การขยายตัวตามความหนา		มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง (มอก.966-2533) เปอร์เซ็นต์
		$\overline{X}$ (เปอร์เซ็นต์)	S.D	
7	5	121.9	4.95	< 20
10	5	121.2	7.35	
13	5	106.6	9.05	
16	5	94.1	16.55	



ภาพที่ 4.8 แสดงค่าเฉลี่ยของการขยายตัวตามความหนาของแผ่นประกอบตามเปอร์เซ็นต์ทั้ง 4 เปอร์เซ็นต์ โดยที่เปอร์เซ็นต์สุดท้าย คือ ค่าคุณสมบัติตามมาตรฐานเท่ากับ < 20 เปอร์เซ็นต์

จากตารางที่ 4.9 และภาพที่ 4.8 พบว่า แผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจากกระดาษพิมพ์และเขียน ตามเปอร์เซ็นต์กาวเท่ากับ 7% , 10% , 13% และ 16% ทุกเปอร์เซ็นต์ไม่อยู่ในเกณฑ์ค่าการขยายตัวตามความหนาตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง (มอก.966-2533) ที่กำหนดไว้ที่ < 20 เปอร์เซ็นต์

โดยแผ่นประกอบที่มีเปอร์เซ็นต์กาวที่ 16% มีค่าการขยายตัวตามความหนาน้อยที่สุดคือ 94.1 เปอร์เซ็นต์ และแผ่นประกอบที่มีเปอร์เซ็นต์กาวที่ 7% มีค่าการขยายตัวตามความหนามากที่สุดคือ 121.9 เปอร์เซ็นต์ ส่วนแผ่นประกอบที่มีเปอร์เซ็นต์กาวที่ 10%และ 13%ที่ค่าการขยายตัวตามความหนาที่ 121.2 , 106.6 เปอร์เซ็นต์

ซึ่งค่าการขยายตัวตามความหนาของแผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจากกระดาษพิมพ์และเขียนที่ได้ไม่อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานถือว่าเป็นผลเสียต่อค่าคุณสมบัติทางกายภาพ ด้านการขยายตัวตามความหนาของแผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจากกระดาษเหลือใช้

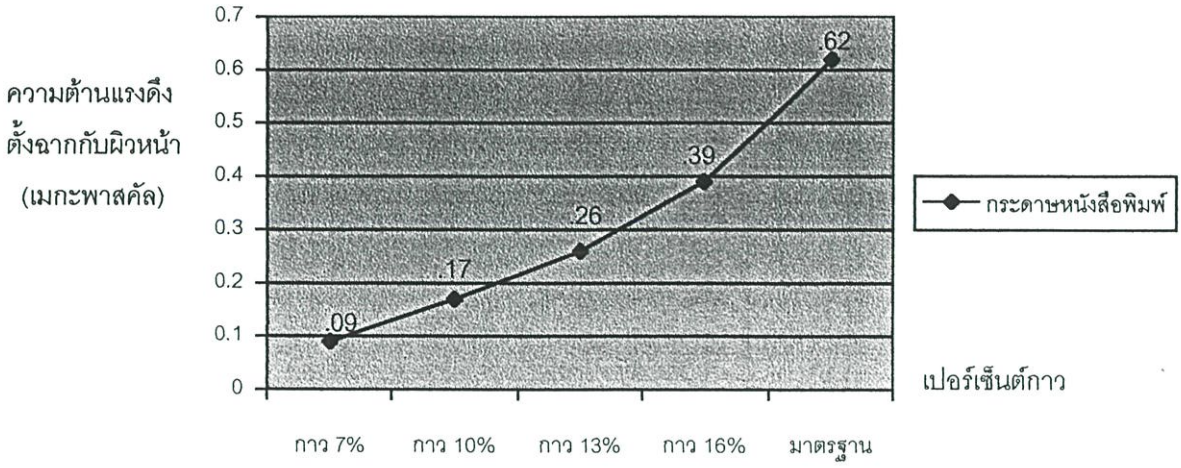
4. ความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า (Tension Perpendicular to Surface)

4.1 แผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจากกระดาษหนังสือพิมพ์

จากการทดสอบแผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจากกระดาษหนังสือพิมพ์ จำนวน 20 แผ่น โดยแบ่งตามเปอร์เซ็นต์กาวคือ 7% , 10% , 13% และ 16% เพื่อการหาค่าเฉลี่ย (Mean, $\overline{X}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation , S.D) ดังนี้

ตารางที่ 4.10 ตารางแสดงความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าของแผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจากกระดาษหนังสือพิมพ์

เปอร์เซ็นต์ของกาวที่ใช้อัดแผ่นประกอบทดแทนไม้ (เปอร์เซ็นต์)	จำนวนแผ่นที่ทำการทดสอบ	ความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า		มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง (มอก.966-2533) เมกะพาสคัล
		$\overline{X}$ (เมกะพาสคัล)	S.D	
7	5	.09	4.45	0.62
10	5	.17	4.44	
13	5	.26	3.53	
16	5	.39	3.23	



ภาพที่ 4.9 แสดงค่าเฉลี่ยของความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าของแผ่นประกอบตามเปอร์เซ็นต์ทั้ง 4 เปอร์เซ็นต์ โดยที่เปอร์เซ็นต์สุดท้าย คือ ค่าคุณสมบัติตามมาตรฐานเท่ากับ 0.62 เมกะพาสคัล

จากตารางที่ 4.10 และ ภาพที่ 4.9 พบว่าแผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจากกระดาษหนังสือพิมพ์ ตามเปอร์เซ็นต์กาวเท่ากับ 7% , 10% , 13% และ 16% ทุกเปอร์เซ็นต์ไม่อยู่ในเกณฑ์ความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง (มอก.966-2533) ที่กำหนดไว้ที่ 0.62 เมกะพาสคัล

โดยแผ่นประกอบที่มีเปอร์เซ็นต์กาวที่ 7% มีค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าน้อยที่สุด คือ .09 เมกะพาสคัล และแผ่นประกอบที่มีเปอร์เซ็นต์กาวที่ 16% มีค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้ามากที่สุดคือ .39 เมกะพาสคัด ส่วนแผ่นประกอบที่มีเปอร์เซ็นต์กาวที่ 10%และ13% ที่ค่าความต้านแรงดัดที่ .17 , .26 เมกะพาสคัล ตามลำดับ

ซึ่งค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าของแผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจากกระดาษหนังสือพิมพ์ที่ได้ต่ำกว่ามาตรฐานถือว่าเป็นผลเสียต่อค่าคุณสมบัติเชิงกล ด้านความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าของแผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจากกระดาษเหลือใช้

4.2 แผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจากกระดาษพิมพ์และเขียน

แผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจากกระดาษพิมพ์และเขียน ผลจากการทดสอบ พบว่าไม่มีผลต่อความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า เนื่องจากเป็นวัสดุเหลือใช้ที่ไม่มีความยึดเหนียวติดกัน ทำให้เมื่อนำไปเข้าเครื่องทดสอบเกิดการแตดหักและบางชิ้นเมื่อนำเข้าเครื่องทดสอบแล้วทำการเปิดเครื่องทำงานผลปรากฏว่าเข็มไม่กระดิกในขณะที่ชิ้นทดสอบแตกหักแล้ว นั้นก็แสดงให้เห็นว่าแผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจากกระดาษพิมพ์และเขียนไม่มีผลต่อความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า

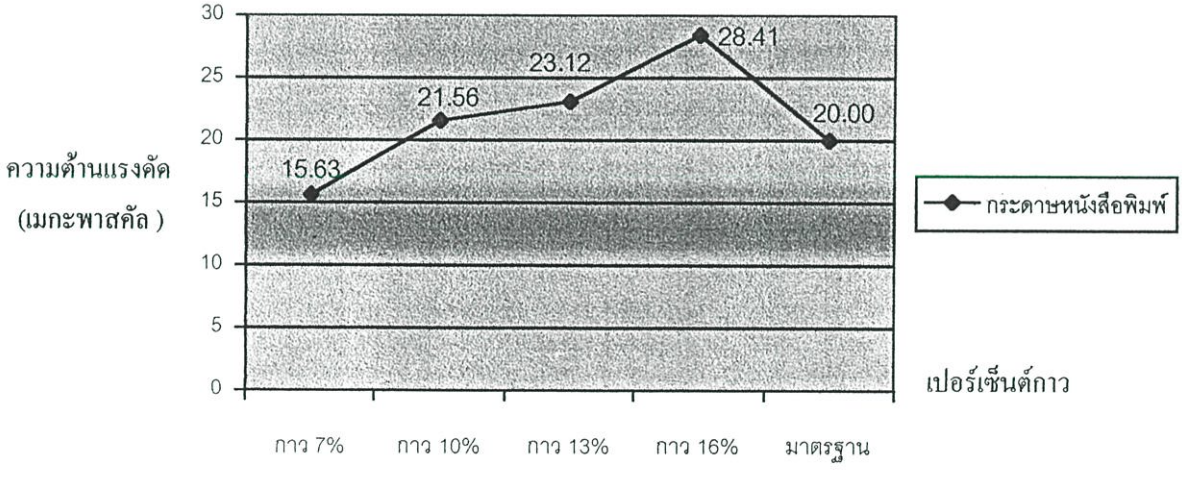
5.. ความต้านแรงดัด (Bending Strength)

5.1 แผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจากกระดาษหนังสือพิมพ์

จากการทดสอบแผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจากกระดาษหนังสือพิมพ์ จำนวน 20 แผ่น โดยแบ่งตามเปอร์เซ็นต์กาวคือ 7% , 10% , 13% และ 16% เพื่อการหาค่าเฉลี่ย (Mean, $\overline{X}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation , S.D) ดังนี้

ตารางที่ 4.11 ตารางแสดงความต้านแรงดัดของแผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจากกระดาษหนังสือพิมพ์

เปอร์เซ็นต์ของกาวที่ใช้อัดแผ่นประกอบทดแทนไม้ (เปอร์เซ็นต์)	จำนวนแผ่นที่ทำการทดสอบ	ความต้านแรงดัด		มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง (มอก.966-2533) เมกะพาสคัล
		$\overline{X}$ (เมกะพาสคัล)	S.D	
7	5	15.63	-	20
10	5	21.56	-	
13	5	23.12	-	
16	5	28.41	-	



ภาพที่ 4.10 แสดงค่าเฉลี่ยของความต้านแรงดัดของแผ่นประกอบตามเปอร์เซ็นต์ทั้ง 4 เปอร์เซ็นต์ โดยที่เปอร์เซ็นต์สุดท้าย คือ ค่าความต้านแรงดัดตามมาตรฐานเท่ากับเท่ากับ 20 เมกะพาสคัล

จากตารางที่ 4.11 และภาพที่ 4.10 พบว่า แผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจากกระดาษหนังสือพิมพ์ ตามเปอร์เซ็นต์กาวเท่ากับ 7% , 10% , 13% และ 16% มีเปอร์เซ็นต์ไม่อยู่ในเกณฑ์ค่าความต้านแรงดัดคือ 7 % ส่วนเปอร์เซ็นต์ที่ 10% , 13% และ 16% อยู่ในเกณฑ์ของมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง (มอก.966-2533) ที่กำหนดไว้ที่ 20 เมกะพาสคัล

โดยแผ่นประกอบที่มีเปอร์เซ็นต์กาวที่ 7% มีค่าความต้านแรงดัดน้อยที่สุดคือ 15.63 เมกะพาสคัล และแผ่นประกอบที่มีเปอร์เซ็นต์กาวที่ 16% มีค่าความต้านแรงดัดมากที่สุดคือ 28.41 เมกะพาสคัด ส่วนแผ่นประกอบที่มีเปอร์เซ็นต์กาวที่ 10%และ13% ที่ค่าความต้านแรงดัดที่ 21.56 , 23.12 เมกะพาสคัล ตามลำดับ

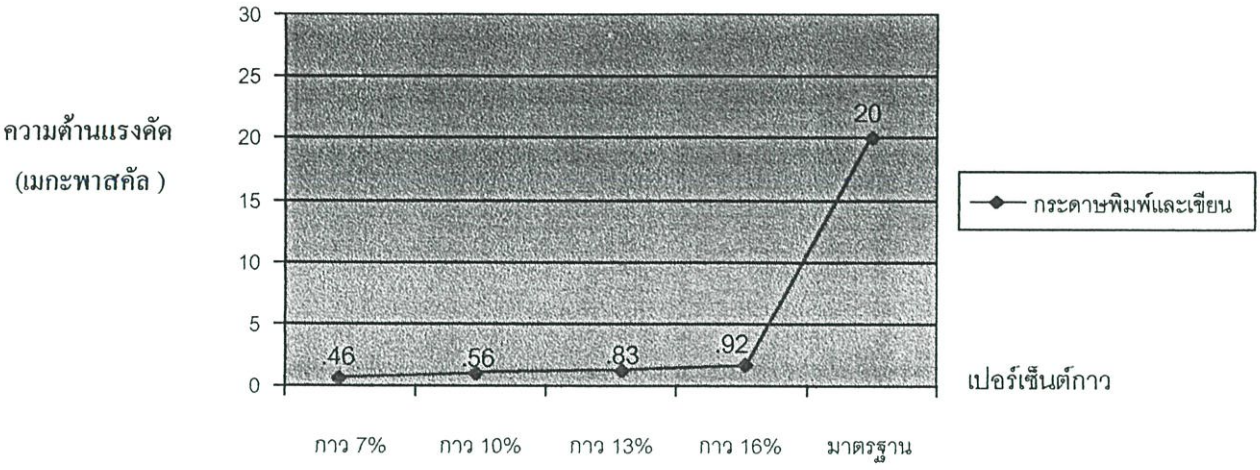
ซึ่งค่าความต้านแรงดัดของแผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจากกระดาษหนังสือพิมพ์ที่ได้ต่ำกว่ามาตรฐานถือว่าเป็นผลเสียต่อแผ่นประกอบทดแทนไม้ ส่วนแผ่นประกอบทดแทนไม้ที่มีค่าความต้านแรงดัดสูงกว่าค่ามาตรฐานถือว่าเป็นผลดีต่อค่าคุณสมบัติเชิงกล ด้านความต้านแรงดัดของแผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจากกระดาษเหลือใช้

5.2 แผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจากกระดาษพิมพ์และเขียน

การทดสอบแผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจากกระดาษพิมพ์และเขียน จำนวน 20 แผ่น โดยแบ่งตามเปอร์เซ็นต์กาวคือ 7% , 10% , 13% และ 16% เพื่อการหาค่าเฉลี่ย (Mean, $\overline{X}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation , S.D) ดังนี้

ตารางที่ 4.12 ตารางแสดงความต้านแรงดัดของแผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจากกระดาษพิมพ์และเขียน

เปอร์เซ็นต์ของกาวที่ใช้อัดแผ่นประกอบทดแทนไม้ (เปอร์เซ็นต์)	จำนวนแผ่นที่ทำการทดสอบ	ความต้านแรงดัด		มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง (มอก.966-2533) เมกะพาสคัล
		$\overline{X}$ (เมกะพาสคัล)	S.D	
7	5	.46	-	20
10	5	.56	-	
13	5	.83	-	
16	5	.92	-	



ภาพที่ 4.11 แสดงค่าเฉลี่ยของความต้านแรงดัดของแผ่นประกอบตามเปอร์เซ็นต์ทั้ง 4 เปอร์เซ็นต์ โดยที่เปอร์เซ็นต์สุดท้าย คือ ค่าความต้านแรงดัดตามมาตรฐานเท่ากับเท่ากับ 20 เมกะพาสคัล

จากตารางที่ 4.12 และภาพที่ 4.11 พบว่า แผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจากกระดาษพิมพ์และเขียน ตามเปอร์เซ็นต์กาวเท่ากับ 7% , 10% , 13% และ 16% ทุกเปอร์เซ็นต์ไม่อยู่ในเกณฑ์ค่าความต้านแรงดัดตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง (มอก.966-2533) ที่กำหนดไว้ที่ 20 เมกะพาสคัล

โดยแผ่นประกอบที่มีเปอร์เซ็นต์กาวที่ 7% มีค่าความต้านแรงดัดน้อยที่สุดคือ .46 เมกะพาสคัล และแผ่นประกอบที่มีเปอร์เซ็นต์กาวที่ 16% มีค่าความต้านแรงดัดมากที่สุดคือ .92 เมกะพาสคัล ส่วนแผ่นประกอบที่มีเปอร์เซ็นต์กาวที่ 10%และ 13%ที่ค่าความต้านแรงดัดที่ .56 , .83 เมกะพาสคัล

ซึ่งค่าความต้านแรงดัดของแผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจากกระดาษพิมพ์และเขียนที่ได้ไม่อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานถือว่าเป็นผลเสียต่อค่าคุณสมบัติเชิงกล ด้านความต้านแรงดัดของแผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจากกระดาษเหลือใช้

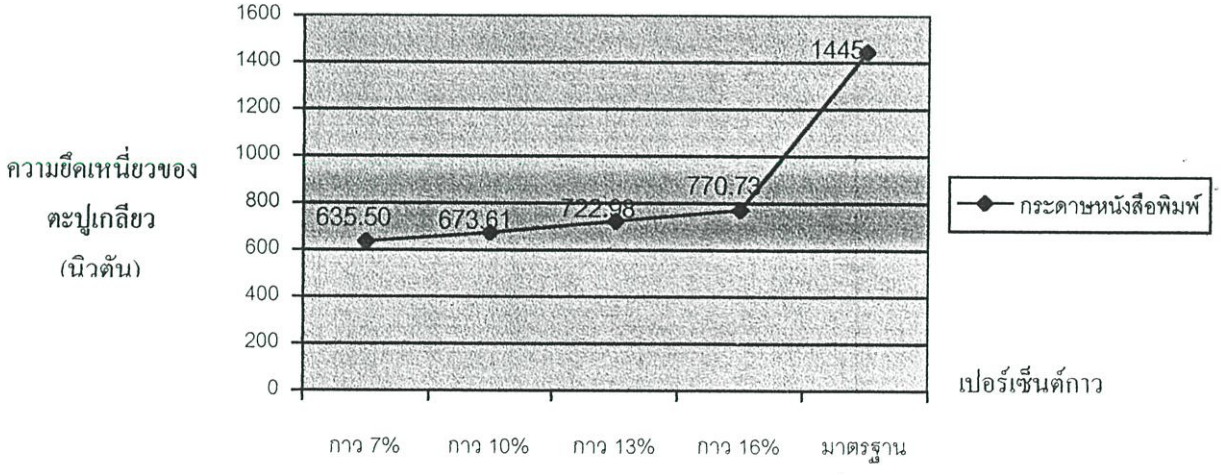
6. ความยึดเหนี่ยวของตะปูเกลียว (Wood Screw Holding Power)

6.1 แผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจากกระดาษหนังสือพิมพ์

จากการทดสอบแผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจากกระดาษหนังสือพิมพ์ จำนวน 20 แผ่น โดยแบ่งตามเปอร์เซ็นต์กาวคือ 7% , 10% , 13% และ 16% เพื่อการหาค่าเฉลี่ย (Mean, $\overline{X}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation , S.D) ดังนี้

ตารางที่ 4.13 ตารางแสดงความยึดเหนี่ยวของตะปูเกลียวของแผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจากกระดาษหนังสือพิมพ์

เปอร์เซ็นต์ของกาวที่ใช้อัดแผ่นประกอบทดแทนไม้ (เปอร์เซ็นต์)	จำนวนแผ่นที่ทำการทดสอบ	ความยึดเหนี่ยวของตะปูเกลียว		มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง (มอก.966-2533) นิวตัน
		$\overline{X}$ (นิวตัน)	S.D	
7	5	635.50	20.93	1445
10	5	673.61	13.34	
13	5	722.98	22.49	
16	5	770.73	21.89	



ภาพที่ 4.12 แสดงค่าเฉลี่ยของความยึดเหนี่ยวของตะปูเกลียวของแผ่นประกอบตามเปอร์เซ็นต์ทั้ง 4 เปอร์เซ็นต์ โดยที่เปอร์เซ็นต์ท้ายสุด คือ ค่าความยึดเหนี่ยวของตะปูเกลียวที่กำหนดเท่ากับ 1445 นิวตัน

จากตารางที่ 4.13 และ ภาพที่ 4.12 พบว่า แผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจากกระดาษหนังสือพิมพ์ ตามเปอร์เซ็นต์กาวเท่ากับ 7% , 10% , 13% และ 16% ทุกเปอร์เซ็นต์ไม่อยู่ในเกณฑ์ค่าความยึดเหนี่ยวของตะปูเกลียวตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง (มอก.966-2533) ที่กำหนดไว้ที่ 1445 นิวตัน

โดยแผ่นประกอบที่มีเปอร์เซ็นต์กาวที่ 7% มีค่าความยึดเหนียวของตะปูเกลียวน้อยที่สุดคือ 635.50 นิวตัน และแผ่นประกอบที่มีเปอร์เซ็นต์กาวที่ 16% มีค่าความยึดเหนี่ยวของตะปูเกลียวมากที่สุดคือ 770.73 นิวตัน ส่วนแผ่นประกอบที่มีเปอร์เซ็นต์กาวที่ 10%และ13% ที่ค่าความยึดเหนี่ยวของตะปูเกลียวน้ำที่ 673.61 , 722.98 นิวตัน

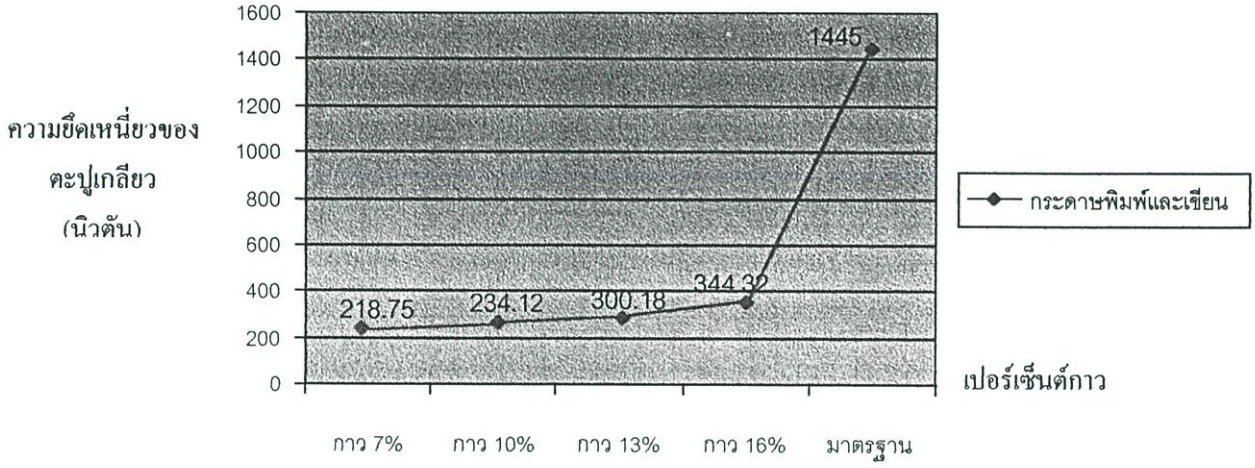
ซึ่งค่าความยึดเหนี่ยวของตะปูเกลียวของแผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจากกระดาษหนังสือพิมพ์ที่ได้น้อยกว่ามาตรฐานถือว่าเป็นผลเสียต่อค่าคุณสมบัติเชิงกล ด้านความยึดเหนี่ยวของตะปูเกลียวของแผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจากกระดาษเหลือใช้

6.2 แผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจากกระดาษพิมพ์และเขียน

การทดสอบแผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจากกระดาษพิมพ์และเขียน จำนวน 20 แผ่น โดยแบ่งตามเปอร์เซ็นต์กาวคือ 7% , 10% , 13% และ 16% เพื่อการหาค่าเฉลี่ย (Mean, $\overline{X}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation , S.D) ดังนี้

ตารางที่ 4.14 ตารางแสดงความยึดเหนี่ยวของตะปูเกลียวของแผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจากกระดาษพิมพ์และเขียน

เปอร์เซ็นต์ของกาวที่ใช้อัดแผ่นประกอบทดแทนไม้ (เปอร์เซ็นต์)	จำนวนแผ่นที่ทำการทดสอบ	ความยึดเหนี่ยวของตะปูเกลียว		มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง (มอก.966-2533) นิวตัน
		$\overline{X}$ (นิวตัน)	S.D	
7	5	218.75	7.60	1445
10	5	234.12	6.78	
13	5	300.18	10.96	
16	5	344.32	13.07	



ภาพที่ 4.13 แสดงค่าเฉลี่ยของความยึดเหนี่ยวของตะปูเกลียวของแผ่นประกอบตามเปอร์เซ็นต์ทั้ง 4 เปอร์เซ็นต์ โดยที่เปอร์เซ็นต์ท้ายสุด คือ ค่าความยึดเหนี่ยวของตะปูเกลียวที่กำหนดเท่ากับ 1445 นิวตัน

จากตารางที่ 4.14 และ ภาพที่ 4.13 พบว่า แผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจากกระดาษพิมพ์และเขียน ตามเปอร์เซ็นต์กาวเท่ากับ 7% , 10% , 13% และ 16% ทุกเปอร์เซ็นต์ไม่อยู่ในเกณฑ์ค่าความยึดเหนี่ยวของตะปูเกลียวตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง(มอก.966-2533) ที่กำหนดไว้ที่ 1445 นิวตัน

โดยแผ่นประกอบที่มีเปอร์เซ็นต์กาวที่ 7% มีค่าความยึดเหนี่ยวของตะปูเกลียวน้อยที่สุด คือ 218.75 นิวตัน และแผ่นประกอบที่มีเปอร์เซ็นต์กาวที่ 16% มีค่าความยึดเหนี่ยวของตะปูเกลียวมากที่สุดคือ 344.32 นิวตัน ส่วนแผ่นประกอบที่มีเปอร์เซ็นต์กาวที่ 10%และ 13%ที่ค่าความยึดเหนี่ยวของตะปูเกลียวที่ 234.12 , 300.18 นิวตัน

ซึ่งค่าความยึดเหนี่ยวของตะปูเกลียวของแผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจากกระดาษพิมพ์และเขียนที่ได้ไม่อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานถือว่าเป็นผลเสียต่อค่าคุณสมบัติเชิงกล ด้านความยึดเหนี่ยวของตะปูเกลียวของแผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจากกระดาษเหลือใช้

ตอนที่ 3 ผลวิเคราะห์ข้อมูลเปรียบเทียบความแตกต่างของคุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกล ของแผ่นประกอบ ตามเปอร์เซ็นต์ของกาว โดยใช้สถิติ Kruskal Wallis One- Way Analysis of Variance หรือ H Test ของการทดสอบในแต่ละด้าน แล้วนำเสนอในรูปของตาราง ดังนี้

1. ความหนาแน่น (Density)

ตารางที่ 4.15 ตารางแสดงการเปรียบเทียบความแตกต่างของคุณสมบัติทางกายภาพ ตามเปอร์เซ็นต์ของกาว ด้านความหนาแน่นของแผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจากกระดาษหนังสือพิมพ์

เปอร์เซ็นต์กาว (%)	จำนวน (n)	ค่าเฉลี่ยของลำดับ (Mean Rank)	Chi-square	df	Sig.
7	5	5.5	4.929	3	.177
10	5	12.1			
13	5	11.9			
16	5	12.5			

จากตารางที่ 4.15 พบว่าจากการเปรียบเทียบความแตกต่างของคุณสมบัติทางกายภาพของแผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจากกระดาษหนังสือพิมพ์ ในเปอร์เซ็นต์ของกาวที่ต่างกัน มีความหนาแน่น**ไม่แตกต่าง**กันที่ระดับนัยสำคัญที่ .05

ตารางที่ 4.16 ตารางแสดงการเปรียบเทียบความแตกต่างของคุณสมบัติทางกายภาพตามเปอร์เซ็นต์ของกาว ด้านความหนาแน่นของแผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจากกระดาษพิมพ์และเขียน

เปอร์เซ็นต์กาว (%)	จำนวน (n)	ค่าเฉลี่ยของอันดับ (Mean Rank)	Chi-square	df	Sig.
7	5	9.7	2.059	3	.560
10	5	10.2			
13	5	13.6			
16	5	8.5			

จากตารางที่ 4.16 พบว่าจากการเปรียบเทียบความแตกต่างของคุณสมบัติทางกายภาพของแผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจากกระดาษพิมพ์และเขียน ในเปอร์เซ็นต์ของกาวที่ต่างกัน มีความหนาแน่น**ไม่แตกต่าง**กันที่ระดับนัยสำคัญที่ .05

2. ความชื้น (Moisture Content)

ตารางที่ 4.17 ตารางแสดงการเปรียบเทียบความแตกต่างของคุณสมบัติทางกายภาพ ตามเปอร์เซ็นต์ของกาว ด้านความชื้น ของแผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจากกระดาษหนังสือพิมพ์

เปอร์เซ็นต์กาว (%)	จำนวน (n)	ค่าเฉลี่ยของอันดับ (Mean Rank)	Chi-square	df	Sig.
7	5	9.9	4.553	3	.208
10	5	14.6			
13	5	6.7			
16	5	10.8			

จากตารางที่ 4.17 พบว่าจากการเปรียบเทียบความแตกต่างของคุณสมบัติทางกายภาพของแผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจากกระดาษหนังสือพิมพ์ ในเปอร์เซ็นต์ของกาวที่ต่างกัน มีความชื้นไม่แตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญที่ .05

ตารางที่ 4.18 ตารางแสดงการเปรียบเทียบความแตกต่างของคุณสมบัติทางกายภาพตามเปอร์เซ็นต์ของกาว ด้านความชื้นของแผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจากกระดาษพิมพ์และเขียน

เปอร์เซ็นต์กาว (%)	จำนวน (n)	ค่าเฉลี่ยของอันดับ (Mean Rank)	Chi-square	df	Sig.
7	5	4.5	14.819	3	.002
10	5	6.7			
13	5	13.8			
16	5	17.0			

จากตารางที่ 4.18 พบว่าจากการเปรียบเทียบความแตกต่างของคุณสมบัติทางกายภาพของแผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจากกระดาษพิมพ์และเขียน ในเปอร์เซ็นต์ของกาวที่ต่างกัน มีความชื้นแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญที่ .05

ตารางที่ 4.19 ตารางแสดงผลการเปรียบเทียบผลต่างค่าเฉลี่ยของอันดับของแผ่นประกอบทดแทนไม้ที่ผลิตจากกระดาษพิมพ์และเขียน ด้านความชื้น

เปอร์เซ็นต์กาว (%)	ค่าเฉลี่ยของอันดับ (Mean Rank)			
	กาว 7 %	กาว 10 %	กาว 13 %	กาว 16 %
7	-	2.2	9.3*	12.5*
10	-	-	7.1*	10.3*
13	-	-	-	3.2
16	-	-	-	-

ค่าวิกฤต 4.97

จากตารางที่ 4.19 แสดงว่า ความชื้นของแผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจากกระดาษพิมพ์และเขียน มีความแตกต่างกัน 4 คู่ คือ แผ่นประกอบที่มีเปอร์เซ็นต์กาว 7% กับ 13% , 7% กับ 16 % , 10% กับ13% และ 10% กับ 16 % นอกนั้นไม่แตกต่างกัน

3. การดูดซึมน้ำและการขยายตัวตามความหนา (Water Absorption and Swelling)

3.1 การดูดซึมน้ำ

ตารางที่ 4.20 ตารางแสดงการเปรียบเทียบความแตกต่างของคุณสมบัติทางกายภาพ ตามเปอร์เซ็นต์ของกาว ด้านการดูดซึมน้ำของแผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจากกระดาษหนังสือพิมพ์

เปอร์เซ็นต์กาว (%)	จำนวน (n)	ค่าเฉลี่ยของอันดับ (Mean Rank)	Chi-square	df	Sig.
7	5	17.3	17.010	3	.001
10	5	13.7			
13	5	8.0			
16	5	3.0			

จากตารางที่ 4.20 พบว่าจากการเปรียบเทียบความแตกต่างของคุณสมบัติทางกายภาพของแผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจากกระดาษหนังสือพิมพ์ ในเปอร์เซ็นต์ของกาวที่ต่างกัน มีการดูดซึมน้ำแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญที่ .05

ตารางที่ 4.21 ตารางแสดงผลการเปรียบเทียบผลต่างค่าเฉลี่ยของอันดับของแผ่นประกอบทดแทนไม้ที่ผลิตจากกระดาษหนังสือพิมพ์ ด้านการดูดซึมน้ำ

เปอร์เซ็นต์กาว(%)	ค่าเฉลี่ยของอันดับ (Mean Rank)			
	กาว 7 %	กาว 10 %	กาว 13 %	กาว 16 %
7	-	3.6	9.3*	14.3*
10	-	-	5.7*	10.7*
13	-	-	-	5
16	-	-	-	-

ค่าวิกฤต 4.52

จากตารางที่ 4.21 แสดงว่า การดูดซึมน้ำของแผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจากกระดาษหนังสือพิมพ์ มีความแตกต่างกัน 4 คู่ คือ แผ่นประกอบที่มีเปอร์เซ็นต์กาว 7% กับ 13% ,7% กับ16 %, 10% กับ 13% และ 10% กับ 16 % นอกนั้นไม่แตกต่างกัน

ตารางที่ 4.22 ตารางแสดงการเปรียบเทียบความแตกต่างของคุณสมบัติทางกายภาพตามเปอร์เซ็นต์ของกาว ด้านการดูดซึมน้ำของแผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจากกระดาษพิมพ์และเขียน

เปอร์เซ็นต์กาว (%)	จำนวน (n)	ค่าเฉลี่ยของอันดับ (Mean Rank)	Chi-square	df	Sig.
7	5	18.0	14.966	3	.002
10	5	10.8			
13	5	9.6			
16	5	3.6			

จากตารางที่ 4.22 พบว่าจากการเปรียบเทียบความแตกต่างของคุณสมบัติทางกายภาพของแผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจากกระดาษพิมพ์และเขียน ในเปอร์เซ็นต์ของกาวที่ต่างกัน มีการดูดซึมน้ำแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญที่ .05

ตารางที่ 4.23 ตารางแสดงผลการเปรียบเทียบผลต่างค่าเฉลี่ยของอันดับของแผ่นประกอบทดแทนไม้ที่ผลิตจากกระดาษพิมพ์และเขียน ด้านการดูดซึมน้ำ

เปอร์เซ็นต์กาว (%)	ค่าเฉลี่ยของอันดับ (Mean Rank)			
	กาว 7%	กาว 10%	กาว 13%	กาว 16%
7	-	7.2*	8.4*	14.4*
10	-	-	1.2	7.2*
13	-	-	-	6*
16	-	-	-	-

ค่าวิกฤต 3.93

จากตารางที่ 4.23 แสดงว่า การดูดซึมน้ำของแผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจากกระดาษพิมพ์และเขียน มีความไม่แตกต่างกัน 1 คู่ คือ แผ่นประกอบที่มีเปอร์เซ็นต์กาว 10% กับ 13 % นอกนั้นไม่แตกต่างกันทั้งหมด

3.2 การขยายตัวตามความหนา

ตารางที่ 4.24 ตารางแสดงการเปรียบเทียบความแตกต่างของคุณสมบัติทางกายภาพ ตามเปอร์เซ็นต์ของกาว ด้านการขยายตัวตามความหนา ของแผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจากกระดาษหนังสือพิมพ์

เปอร์เซ็นต์กาว (%)	จำนวน (n)	ค่าเฉลี่ยของอันดับ (Mean Rank)	Chi-square	df	Sig.
7	5	17.0	15.824	3	.001
10	5	13.4			
13	5	8.6			
16	5	3.0			

จากตารางที่ 4.24 พบว่าจากการเปรียบเทียบความแตกต่างของคุณสมบัติทางกายภาพของแผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจากกระดาษหนังสือพิมพ์ ในเปอร์เซ็นต์ของกาวที่ต่างกัน มีการขยายตัวตามความหนาแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญที่ .05

ตารางที่ 4.25 ตารางแสดงผลการเปรียบเทียบผลต่างค่าเฉลี่ยของอันดับของแผ่นประกอบทดแทนไม้ที่ผลิตจากกระดาษหนังสือพิมพ์ ด้านการขยายตัวตามความหนา

เปอร์เซ็นต์กาว (%)	ค่าเฉลี่ยของอันดับ (Mean Rank)			
	กาว 7%	กาว 10%	กาว 13%	กาว 16%
7	-	3.6*	8.4*	14*
10	-	-	4.8*	10.4*
13	-	-	-	5.6*
16	-	-	-	-

ค่าวิกฤต 1.33

จากตารางที่ 4.25 แสดงว่า การขยายตัวตามความหนาของแผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจากกระดาษหนังสือพิมพ์ ทุกเปอร์เซ็นต์กาวมีความแตกต่างกันทั้งหมด

ตารางที่ 4.26 ตารางแสดงการเปรียบเทียบความแตกต่างของคุณสมบัติทางกายภาพตามเปอร์เซ็นต์ของกาว ด้านการขยายตัวตามความหนา ของแผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจากกระดาษพิมพ์และเขียน

เปอร์เซ็นต์กาว (%)	จำนวน (n)	ลำดับของค่าเฉลี่ย (Mean Rank)	Chi-square	df	Sig.
7	5	14.4	8.017	3	.046
10	5	14.0			
13	5	7.6			
16	5	6.0			

จากตารางที่ 4.26 พบว่าจากการเปรียบเทียบความแตกต่างของคุณสมบัติทางกายภาพของแผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจากกระดาษพิมพ์และเขียน ในเปอร์เซ็นต์ของกาวที่ต่างกัน มีการขยายตัวตามความหนา**แตกต่าง**กันที่ระดับนัยสำคัญที่ .05

ตารางที่ 4.27 ตารางแสดงผลการเปรียบเทียบผลต่างค่าเฉลี่ยของอันดับของแผ่นประกอบทดแทนไม้ที่ผลิตจากกระดาษพิมพ์และเขียน ด้านการขยายตัวตามความหนา

เปอร์เซ็นต์กาว (%)	ค่าเฉลี่ยของอันดับ (Mean Rank)			
	กาว 7%	กาว 10%	กาว 13%	กาว 16%
7	-	0.4	6.8*	8.4*
10	-	-	6.4	8*
13	-	-	-	1.6
16	-	-	-	-

ค่าวิกฤต 6.48

จากตารางที่ 4.27 แสดงว่า การขยายตัวตามความหนาของแผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจากกระดาษพิมพ์และเขียน มีความแตกต่างกัน 3 คู่ คือ แผ่นประกอบที่มีเปอร์เซ็นต์กาว 7% กับ 13% , 7% กับ 16 % และ 10% กับ 16 % นอกนั้นไม่แตกต่างกัน

4. ความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า (Tension Perpendicular to Surface)

ตารางที่ 4.28 ตารางแสดงการเปรียบเทียบความแตกต่างของคุณสมบัติเชิงกล ตามเปอร์เซ็นต์ของกาว ด้านความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า ของแผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจากกระดาษหนังสือพิมพ์

เปอร์เซ็นต์กาว (%)	จำนวน (n)	ค่าเฉลี่ยของอันดับ	Chi-square	df	Sig.
7	5	3.0	17.952	3	.000
10	5	8.0			
13	5	13.0			
16	5	18.0			

จากตารางที่ 4.28 พบว่าจากการเปรียบเทียบความแตกต่างของคุณสมบัติเชิงกลของแผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจากกระดาษหนังสือพิมพ์ ในเปอร์เซ็นต์ของกาวที่ต่างกัน มีความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญที่ .05

ตารางที่ 4.29 ตารางแสดงผลการเปรียบเทียบผลต่างค่าเฉลี่ยของอันดับของแผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจากกระดาษหนังสือพิมพ์ ด้านความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า

เปอร์เซ็นต์กาว (%)	ค่าเฉลี่ยของอันดับ (Mean Rank)			
	กาว 7%	กาว 10%	กาว 13%	กาว 16%
7	-	5	10*	15*
10	-	-	5	10*
13	-	-	-	5
16	-	-	-	-

ค่าวิกฤต 8.44

จากตารางที่ 4.29 แสดงว่า ความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าของแผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจากกระดาษหนังสือพิมพ์ มีความแตกต่างกัน 3 คู่ คือ แผ่นประกอบที่มีเปอร์เซ็นต์กาว 7% กับ 13% , 7% กับ 16 % และ 10% กับ 16 % นอกนั้นไม่แตกต่างกัน

- **หมายเหตุ**

แผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจากกระดาษพิมพ์และเขียน ผลจากการทดสอบ พบว่าไม่มีผลต่อความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า เนื่องจากเป็นวัสดุเหลือใช้ที่ไม่มีความยึดเหนียวติดกัน ทำให้เมื่อนำไปเข้าเครื่องทดสอบเกิดการแตดหักและบางชิ้นเมื่อนำเข้าเครื่องทดสอบแล้วทำการเปิดเครื่องทำงานผลปรากฏว่าเข็มไม่กระดิกในขณะที่ชิ้นทดสอบแตกหักแล้ว นั้นก็แสดงให้เห็นว่าแผ่นประกอบที่ผลิจจากกระดาษพิมพ์และเขียนไม่มีผลต่อความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า

5. ความต้านแรงดัด (Bending Strength)

ตารางที่ 4.30 ตารางแสดงการเปรียบเทียบความแตกต่างของคุณสมบัติเชิงกล ตามเปอร์เซ็นต์ของกาว ด้านความต้านแรงดัดของแผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจากกระดาษหนังสือพิมพ์

เปอร์เซ็นต์กาว (%)	จำนวน (n)	ค่าเฉลี่ยของอันดับ (Mean Rank)	Chi-square	df	Sig.
7	5	3.0	17.344	3	.001
10	5	8.4			
13	5	12.6			
16	5	18.0			

จากตารางที่ 4.30 พบว่าจากการเปรียบเทียบความแตกต่างของคุณสมบัติเชิงกลของแผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจากกระดาษหนังสือพิมพ์ ในเปอร์เซ็นต์ของกาวที่ต่างกัน มีความต้านแรงดัดแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญที่ .05

ตารางที่ 4.31 ตารางแสดงผลการเปรียบเทียบผลต่างค่าเฉลี่ยของอันดับของแผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจากกระดาษหนังสือพิมพ์ ด้านความต้านแรงดัด

เปอร์เซ็นต์กาว (%)	ค่าเฉลี่ยของอันดับ (Mean Rank)			
	กาว 7 %	กาว 10 %	กาว 13 %	กาว 16 %
7	-	5.4*	9.6*	15*
10	-	-	4.2	9.6*
13	-	-	-	5.4*
16	-	-	-	-

ค่าวิกฤต 4.47

จากตารางที่ 4.31 แสดงว่า ความต้านแรงดัดของแผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจากกระดาษหนังสือพิมพ์ มีความไม่แตกต่างกัน 1 คู่ คือ แผ่นประกอบที่มีเปอร์เซ็นต์กาว 10% กับ 13 % นอกนั้นแตกต่างกันทั้งหมด

ตารางที่ 4.32 ตารางแสดงการเปรียบเทียบความแตกต่างของคุณสมบัติเชิงกล ตามเปอร์เซ็นต์ของกาว ด้านความต้านแรงดัดของแผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจากกระดาษพิมพ์และเขียน

เปอร์เซ็นต์กาว (%)	จำนวน (n)	ค่าเฉลี่ยของอันดับ (Mean Rank)	Chi-square	df	Sig.
7	5	4.6	10.812	3	.013
10	5	8.2			
13	5	13.7			
16	5	15.5			

จากตารางที่ 4.32 พบว่าจากการเปรียบเทียบความแตกต่างของคุณสมบัติเชิงกลของแผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจากกระดาษพิมพ์และเขียน ในเปอร์เซ็นต์ของกาว ที่ต่างกัน มีความต้านแรงดัดแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญที่ .05

ตารางที่ 4.33 ตารางแสดงผลการเปรียบเทียบผลต่างค่าเฉลี่ยของอันดับของแผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจากกระดาษพิมพ์และเขียน ด้านความต้านแรงดัด

เปอร์เซ็นต์กาว (%)	ค่าเฉลี่ยของอันดับ (Mean Rank)			
	กาว 7%	กาว 10%	กาว 13%	กาว 16%
7	-	3.6*	9.1*	10.9*
10	-	-	5.5*	7.3*
13	-	-	-	1.8
16	-	-	-	-

ค่าวิกฤต 2.78

จากตารางที่ 4.33 แสดงว่า ความต้านแรงดัดของแผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจากกระดาษพิมพ์และเขียน มีความไม่แตกต่างกัน 1 คู่ คือ แผ่นประกอบที่มีเปอร์เซ็นต์กาว 13% กับ 16 % นอกนั้นแตกต่างกันทั้งหมด

6. ความยึดเหนี่ยวของตะปูเกลียว (Wood Screw Holding Power)

ตารางที่ 4.34 ตารางแสดงการเปรียบเทียบความแตกต่างของคุณสมบัติเชิงกล ตามเปอร์เซ็นต์ของกาว ด้านความยึดเหนี่ยวของตะปูเกลียวของแผ่นประกอบทดแทนไม้ที่ผลิตจากกระดาษหนังสือพิมพ์

เปอร์เซ็นต์กาว (%)	จำนวน (n)	ลำดับของค่าเฉลี่ย (Mean Rank)	Chi-square	df	Sig.
7	5	5.3	11.351	3	.010
10	5	7.5			
13	5	12.4			
16	5	16.8			

จากตารางที่ 4.34 พบว่าจากการเปรียบเทียบความแตกต่างของคุณสมบัติเชิงกล ของแผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจากกระดาษหนังสือพิมพ์ ในเปอร์เซ็นต์ของกาวที่ต่างกัน มีความยึดเหนียวของตะปูเกลียวแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญที่ .05

ตารางที่ 4.35 ตารางแสดงผลการเปรียบเทียบผลต่างค่าเฉลี่ยของอันดับของแผ่นประกอบทดแทนไม้ที่ผลิตจากกระดาษหนังสือพิมพ์ ด้านความยึดเหนี่ยวของตะปูเกลียว

เปอร์เซ็นต์กาว (%)	ค่าเฉลี่ยของอันดับ (Mean Rank)			
	กาว 7%	กาว 10%	กาว 13%	กาว 16%
7	-	2.2*	7.1*	11.5*
10	-	-	4.9*	9.3*
13	-	-	-	4.4*
16	-	-	-	-

ค่าวิกฤต 1.10

จากตารางที่ 4.35 แสดงว่า ความยึดเหนี่ยวของตะปูเกลียวของแผ่นประกอบทดแทนไม้ที่ผลิตจากกระดาษหนังสือพิมพ์ ทุกเปอร์เซ็นต์กาวมีความแตกต่างกันทั้งหมด

ตารางที่ 4.36 ตารางแสดงการเปรียบเทียบความแตกต่างของคุณสมบัติเชิงกล ตามเปอร์เซ็นต์ของกาว ด้านความยืดเหนี่ยวของตะปูเกลียวของแผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจากกระดาษพิมพ์และเขียน

เปอร์เซ็นต์กาว (%)	จำนวน (n)	ลำดับของค่าเฉลี่ย (Mean Rank)	Chi-square	df	Sig.
7	5	3.0	17.344	3	.001
10	5	8.0			
13	5	13.4			
16	5	17.6			

จากตารางที่ 4.36 พบว่าจากการเปรียบเทียบความแตกต่างของคุณสมบัติเชิงกล ของแผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจากกระดาษพิมพ์และเขียน ในเปอร์เซ็นต์ของกาวที่ต่างกัน มีความยืดเหนียวของตะปูเกลียว**แตกต่าง**กันที่ระดับนัยสำคัญที่ .05

ตารางที่ 4.37 ตารางแสดงผลการเปรียบเทียบผลต่างค่าเฉลี่ยของอันดับของแผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจากกระดาษพิมพ์และเขียน ด้านความยืดเหนี่ยวของตะปูเกลียว

เปอร์เซ็นต์กาว (%)	ค่าเฉลี่ยของอันดับ (Mean Rank)			
	กาว 7%	กาว 10%	กาว 13%	กาว 16%
7	-	5*	10.4*	14.6*
10	-	-	5.4*	9.6*
13	-	-	-	4.2*
16	-	-	-	-

ค่าวิกฤต 3.89

จากตารางที่ 4.37 แสดงว่า ความยืดเหนี่ยวของตะปูเกลียวของแผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจากกระดาษพิมพ์และเขียน ทุกเปอร์เซ็นต์กาวมีความแตกต่างกันทั้งหมด

ตอนที่ 4 ผลวิเคราะห์ข้อมูลเปรียบเทียบความแตกต่างของคุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกลของแผ่นประกอบ ที่ผลิตจากกระดาษหนังสือพิมพ์และกระดาษพิมพ์และเขียน โดยใช้สถิติ Mann – Whitney U Test ของการทดสอบในแต่ละด้าน แล้วนำเสนอในรูปของตาราง ดังนี้

1. ความหนาแน่น (Density)

ตารางที่ 4.38 ตารางแสดงการเปรียบเทียบความแตกต่างของคุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกลด้านความหนาแน่นของแผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจากกระดาษหนังสือพิมพ์และกระดาษพิมพ์และเขียน

เปอร์เซ็นต์กาว (%)	ประเภทของกระดาษ	จำนวน (n)	ค่าเฉลี่ยของอันดับ	ผลรวมของลำดับ	U	Sig.
7	กระดาษหนังสือพิมพ์	5	7.6	38.0	2.000	.03
	กระดาษพิมพ์และเขียน	5	3.4	17.0		
10	กระดาษหนังสือพิมพ์	5	8.0	40.0	.000	.00
	กระดาษพิมพ์และเขียน	5	3.0	15.0		
13	กระดาษหนังสือพิมพ์	5	8.0	40.0	.000	.00
	กระดาษพิมพ์และเขียน	5	3.0	15.0		
16	กระดาษหนังสือพิมพ์	5	8.0	40.0	.000	.00
	กระดาษพิมพ์และเขียน	5	3.0	15.0		

จากตารางที่ 4.38 พบว่าแผ่นประกอบทดแทนไม้ที่ผลิตจากกระดาษหนังสือพิมพ์และกระดาษพิมพ์และเขียน ในด้านความหนาแน่นมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05

2. ความชื้น (Moisture Content)

ตารางที่ 4.39 ตารางแสดงการเปรียบเทียบความแตกต่างของคุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกลด้านความชื้นของแผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจากกระดาษหนังสือพิมพ์และกระดาษพิมพ์และเขียน

เปอร์เซ็นต์กาว (%)	ประเภทของกระดาษ	จำนวน (n)	ค่าเฉลี่ยของอันดับ	ผลรวมของลำดับ	U	Sig.
7	กระดาษหนังสือพิมพ์	5	8.0	40.0	.000	.00
	กระดาษพิมพ์และเขียน	5	3.0	15.0		
10	กระดาษหนังสือพิมพ์	5	8.0	40.0	.000	.00
	กระดาษพิมพ์และเขียน	5	3.0	15.0		
13	กระดาษหนังสือพิมพ์	5	3.8	19.0	4.000	.08
	กระดาษพิมพ์และเขียน	5	7.2	36.0		
16	กระดาษหนังสือพิมพ์	5	3.4	17.0	2.000	.03
	กระดาษพิมพ์และเขียน	5	7.6	38.0		

จากตารางที่ 4.39 พบว่าแผ่นประกอบทดแทนไม้ที่ผลิตจากกระดาษหนังสือพิมพ์และกระดาษพิมพ์และเขียน มีความชื้นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05

3. การดูดซึมน้ำและการขยายตัวทางความหนา (Water Absorption and Swelling)

3.1 การดูดซึมน้ำ

ตารางที่ 4.40 ตารางแสดงการเปรียบเทียบความแตกต่างของคุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกลด้านการดูดซึมน้ำของแผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจากกระดาษหนังสือพิมพ์และกระดาษพิมพ์และเขียน

เปอร์เซ็นต์กาว (%)	ประเภทของกระดาษ	จำนวน (n)	ค่าเฉลี่ยของอันดับ	ผลรวมของลำดับ	U	Sig.
7	กระดาษหนังสือพิมพ์	5	3.0	15.0	.000	.00
	กระดาษพิมพ์และเขียน	5	8.0	40.0		
10	กระดาษหนังสือพิมพ์	5	3.0	15.0	.000	.00
	กระดาษพิมพ์และเขียน	5	8.0	40.0		
13	กระดาษหนังสือพิมพ์	5	3.0	15.0	.000	.00
	กระดาษพิมพ์และเขียน	5	8.0	40.0		
16	กระดาษหนังสือพิมพ์	5	3.0	15.0	.000	.00
	กระดาษพิมพ์และเขียน	5	8.0	40.0		

จากตารางที่ 4.40 พบว่าแผ่นประกอบทดแทนไม้ที่ผลิตจากกระดาษหนังสือพิมพ์และกระดาษพิมพ์และเขียน ในด้านการดูดซึมน้ำมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05

3.2 การขยายตัวทางความหนา

ตารางที่ 4.41 ตารางแสดงการเปรียบเทียบความแตกต่างของคุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกลด้านการขยายตัวตามความหนา ของแผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจากกระดาษหนังสือพิมพ์และกระดาษพิมพ์และเขียน

เปอร์เซ็นต์กาว (%)	ประเภทของกระดาษ	จำนวน (n)	ค่าเฉลี่ยของอันดับ	ผลรวมของลำดับ	U	Sig.
7	กระดาษหนังสือพิมพ์	5	3.0	15.0	.000	.00
	กระดาษพิมพ์และเขียน	5	8.0	40.0		
10	กระดาษหนังสือพิมพ์	5	3.0	15.0	.000	.00
	กระดาษพิมพ์และเขียน	5	8.0	40.0		
13	กระดาษหนังสือพิมพ์	5	3.0	15.0	.000	.00
	กระดาษพิมพ์และเขียน	5	8.0	40.0		
16	กระดาษหนังสือพิมพ์	5	3.0	15.0	.000	.00
	กระดาษพิมพ์และเขียน	5	8.0	40.0		

จากตารางที่ 4.41 พบว่าแผ่นประกอบทดแทนไม้ที่ผลิตจากกระดาษหนังสือพิมพ์และกระดาษพิมพ์และเขียน ในด้านการขยายตัวตามความหนามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05

4. ความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า (Tension Perpendicular to Surface)

ตารางที่ 4.42 ตารางแสดงคุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกลด้านความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า ของแผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจากกระดาษหนังสือพิมพ์

เปอร์เซ็นต์กาว (%)	ประเภทของกระดาษ	จำนวน (n)	ค่าเฉลี่ยของอันดับ	ผลรวมของลำดับ	U	Sig.
7	กระดาษหนังสือพิมพ์	5	3.0	15.0	-	-
10	กระดาษหนังสือพิมพ์	5	3.0	15.0	-	-
13	กระดาษหนังสือพิมพ์	5	3.0	15.0	-	-
16	กระดาษหนังสือพิมพ์	5	3.0	15.0	-	-

จากตารางที่ 4.42 พบว่า แผ่นประกอบที่ผลิตจากกระดาษพิมพ์และเขียนไม่สามารถที่จะนำข้อมูลมาเปรียบเทียบได้ เนื่องจากเป็นวัสดุเหลือใช้ที่ไม่มีความยึดเหนียวติดกันทำให้เมื่อนำไปเข้าเครื่องทดสอบเกิดการแตดหักและบางชิ้นเมื่อนำเข้าเครื่องทดสอบแล้วทำการเปิดเครื่องทำงานผลปรากฏว่าเข็มไม่กระดิกในขณะที่ชิ้นทดสอบแตกหักแล้ว จึงเป็นสาเหตุที่ทำให้สามารถนำผลการทดสอบมาทำการเปรียบเทียบได้

5. ความต้านแรงดัด (Bending Strength)

ตารางที่ 4.43 ตารางแสดงการเปรียบเทียบความแตกต่างของคุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกลด้านความต้านแรงดัด ของแผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจากกระดาษหนังสือพิมพ์และกระดาษพิมพ์และเขียน

เปอร์เซ็นต์กาว (%)	ประเภทของกระดาษ	จำนวน (n)	ค่าเฉลี่ยของอันดับ	ผลรวมของลำดับ	U	Sig.
7	กระดาษหนังสือพิมพ์	5	8.0	40.0	.000	.00
	กระดาษพิมพ์และเขียน	5	3.0	15.0		
10	กระดาษหนังสือพิมพ์	5	8.0	40.0	.000	.00
	กระดาษพิมพ์และเขียน	5	3.0	15.0		
13	กระดาษหนังสือพิมพ์	5	8.0	40.0	.000	.00
	กระดาษพิมพ์และเขียน	5	3.0	15.0		
16	กระดาษหนังสือพิมพ์	5	8.0	40.0	.000	.00
	กระดาษพิมพ์และเขียน	5	3.0	15.0		

จากตารางที่ 4.43 พบว่าแผ่นประกอบทดแทนไม้ที่ผลิตจากกระดาษหนังสือพิมพ์และกระดาษพิมพ์และเขียน ในด้านความต้านแรงดัดมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05

6. ความยึดเหนี่ยวของตะปูเกลียว (Wood Screw Holding Power)

ตารางที่ 4.44 ตารางแสดงการเปรียบเทียบความแตกต่างของคุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกลด้านความยึดเหนี่ยวของตะปูเกลียว ของแผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจากกระดาษหนังสือพิมพ์และกระดาษพิมพ์และเขียน

เปอร์เซ็นต์กาว (%)	ประเภทของกระดาษ	จำนวน (n)	ค่าเฉลี่ยของอันดับ	ผลรวมของลำดับ	U	Sig.
7	กระดาษหนังสือพิมพ์	5	8.0	40.0	.000	.00
	กระดาษพิมพ์และเขียน	5	3.0	15.0		
10	กระดาษหนังสือพิมพ์	5	8.0	40.0	.000	.00
	กระดาษพิมพ์และเขียน	5	3.0	15.0		
13	กระดาษหนังสือพิมพ์	5	8.0	40.0	.000	.00
	กระดาษพิมพ์และเขียน	5	3.0	15.0		
16	กระดาษหนังสือพิมพ์	5	8.0	40.0	.000	.00
	กระดาษพิมพ์และเขียน	5	3.0	15.0		

จากตารางที่ 4.44 พบว่าแผ่นประกอบทดแทนไม้ที่ผลิตจากกระดาษหนังสือพิมพ์และกระดาษพิมพ์และเขียน ในด้านความยึดเหนียวของตะปูเกลียวมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัย ได้ทำการศึกษาขั้นตอนกระบวนการผลิต ตลอดจนขั้นตอนและกระบวนการในการทดสอบแผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจากกระดาษเหลือใช้ และได้ทำการสรุปกระบวนการต่างๆ ดังนี้

5.1 สรุปผลการวิจัย

5.1.1 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาแผ่นประกอบทดแทนไม้ โดยใช้กระดาษหนังสือพิมพ์และกระดาษพิมพ์และเขียน

2. เพื่อทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกลของแผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจากกระดาษหนังสือพิมพ์และกระดาษพิมพ์ และเขียน ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง (มอก. 966 – 2533)

3. เพื่อเปรียบเทียบคุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกลของแผ่นประกอบทดแทนไม้ระหว่างแผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจากกระดาษหนังสือพิมพ์และแผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจากกระดาษพิมพ์และเขียน

5.1.2 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

5.1.2.1. การกำหนดพัฒนาผลิตภัณฑ์

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ทำการกำหนดผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาไว้ ให้ออกมาในลักษณะที่เป็นแผ่น โดยการใช้เยื่อกระดาษจากกระดาษที่เหลือใช้ที่ได้จากการตัดขอบกระดาษจากโรงพิมพ์ทำการอัด ซึ่งใช้กาวยูเรีย-ฟอร์มัลดีไฮด์ผสมตามเปอร์เซ็นต์ต่างๆ คือ 7 % , 10% , 13% และ 16 % ทำการอัดและกำหนดขนาดของแผ่นประกอบทดแทนไม้ ทั้ง 2 ประเภทดังนี้

1. กระดาษหนังสือพิมพ์ อัดเป็นแผ่นขนาดกว้าง 30 เซนติเมตร ยาว 30 เซนติเมตร หนา 10 มิลลิเมตร

2. กระดาษพิมพ์และเขียน อัดเป็นแผ่นขนาดกว้าง 30 เซนติเมตร ยาว 30 เซนติเมตร หนา 10 มิลลิเมตร

5.1.2.2 ตัวแปรที่จะทำการศึกษา

ตัวแปรต้น คือ ประเภทของกระดาษที่นำมาพัฒนาเป็นแผ่นประกอบทดแทนไม้ ซึ่ง

แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ กระดาษหนังสือพิมพ์ และกระดาษพิมพ์และเขียน โดยใช้กาวยูเรีย-ฟอร์มัลดีไฮด์ผสมตามเปอร์เซ็นต์ต่างๆ คือ 7 % , 10% , 13% และ 16 %

ตัวแปรตาม คือ คุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกลของแผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจากกระดาษเหลือใช้

5.1.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

5.1.3.1 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการพัฒนาแผ่นประกอบ

1. เครื่องตีเยื่อกระดาษ
2. การยูเรีย – ฟอร์มัลดีไฮด์
3. เตาอบเยื่อ
4. เครื่องชั่งน้ำหนัก
5. เครื่องผสมกาว
6. ปั๊มลม
7. กล่องเตรียมแผ่นอัด
8. แผ่นโลหะรองอัดขนาด 350 x 350 มม.
9. แท่งโลหะวางอัดแผ่นขนาด 10 มม.
10. เครื่องอัดร้อนในแนวราบ
11. นาฬิกาจับเวลา
12. เครื่องตัดขอบวัสดุแผ่นประกอบ

5.1.3.2 เครื่องมือทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกลตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง (มอก. 966-2533)

1. บรรทัดวัดขนาด
2. ไมโครมิเตอร์
3. เครื่องชั่ง
4. เตาอบ
5. เดซิกเคเตอร์
6. เครื่องดึง
7. ตะปูเกลียวหัวจมแบบผ่า
8. สว่านเจาะรูนำเส้นผ่าศูนย์กลาง 25 มม.
9. เครื่องทดสอบวัสดุ UTM (Universal Testting Machine)

5.1.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล

ขั้นตอนการดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลดังนี้

ขอหนังสือจากงานบัณฑิตศึกษา คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ถึงอธิบดีกรมป่าไม้ เรื่องขอข้อมูลเกี่ยวกับการอัดแผ่นไม้ประกอบทดแทนไม้และขอความอนุเคราะห์ใช้เครื่องจักรในกระบวนการผลิตแผ่นไม้ประกอบทดแทนไม้ พร้อมทั้งขอใช้เครื่องมือในการทดสอบสมบัติทางกายภาพและเชิงกลต่างๆของแผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจากกระดาษเหลือใช้ โดยการบันทึกด้วยการถ่ายภาพและการจดบันทึก เพื่อนำผลที่ได้มาทำการเปรียบเทียบหาคุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกลของแผ่นประกอบทดแทนไม้ที่ใช้วัสดุในการอัดต่างกัน คือ แผ่นประกอบทดแทนไม้ที่ผลิตจากกระดาษหนังสือพิมพ์และแผ่นประกอบทดแทนไม้ที่ผลิตจากกระดาษพิมพ์และเขียน

5.1.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลดังนี้

1. วิเคราะห์ข้อมูลจากแบบทดสอบด้วยเครื่องทดสอบตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง (มอก. 966 – 2533) เพื่อทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกลของแผ่นประกอบทั้ง 2 ประเภท คือ

1.1. แผ่นประกอบที่ผลิตจากกระดาษหนังสือพิมพ์

1.2. แผ่นประกอบที่ผลิตจากกระดาษพิมพ์และเขียน

การวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกลของแผ่นประกอบทั้ง 2 ประเภท ด้วยการใช้ค่าสถิติ ค่าเฉลี่ย (Mean, $\overline{X}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation , S.D)

2. เปรียบเทียบความแตกต่างของคุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกลของแผ่นประกอบทดแทนไม้ ตามเปอร์เซ็นต์ของกาว โดยใช้สถิติ Kruskal Wallis One- Way Analysis of Variance หรือ H Test (ยุทธพงษ์ กัยวรรณ์. 2543 : 158 – 160)

3. เปรียบเทียบความแตกต่างของคุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกลของแผ่นประกอบทั้ง 2 ประเภท โดยใช้สถิติ Mann – Whitney U Test (ชูศรี วงศ์รัตนะ. 2541 : 346)

5.1.6 ผลการวิจัย

จากการนำกระดาษหนังสือพิมพ์และกระดาษพิมพ์และเขียน นำทั้ง 2 ชนิดมาแยกตีจนเป็นเยื่อกระดาษและจึงนำแต่ละชนิดมาเข้าเครื่องอัด เป็นแผ่นประกอบทดแทนไม้ และนำมาตัดให้ได้ขนาดตามขนาดที่ใช้ในการทดสอบทั้งหมด 6 ด้าน โดยใช้เกณฑ์การทดสอบของมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง ซึ่งผู้วิจัยได้แบ่งไว้เป็นตอนๆ ดังนี้

ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของเยื่อกระดาษหนังสือพิมพ์และกระดาษพิมพ์และเขียน

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของเยื่อกระดาษหนังสือพิมพ์และเยื่อกระดาษพิมพ์และเขียน พบว่า มีลักษณะของเส้นใยและโครงสร้างที่แตกต่างกัน ดังนั้น เมื่อนำเยื่อกระดาษทั้ง 2 ชนิด มาอัดเป็นแผ่นประกอบทดแทนไม้ ตามเปอร์เซ็นต์กาวต่างๆ คือ 7% , 10% , 13% และ 16 % จึงให้ผลทางด้านคุณสมบัติทั้งทางกายภาพและเชิงกล ของทั้ง 2 ชนิด แตกต่างกัน

ตอนที่ 2 ผลวิเคราะห์ข้อมูลจากการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกลของแผ่นประกอบทดแทนไม้ โดยการหาค่าเฉลี่ย (Mean, $\overline{X}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation, S.D) ของการทดสอบในแต่ละด้าน มีผลการวิจัยดังนี้

1. ความหนาแน่น (Density)

1.1. จากการทดสอบด้านความหนาแน่นแผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจากกระดาษหนังสือพิมพ์ ตามเปอร์เซ็นต์กาวเท่ากับ 7% , 10% , 13% และ 16% พบว่า มีค่าความหนาแน่นสูงกว่าที่กำหนดไว้ในขั้นตอนการวางแผนการทดลองที่กำหนดไว้คือ 750 กก. / ลบ.ม. ซึ่งค่าความหนาแน่นที่ได้ถือว่าอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดของมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง (มอก.966-2533)

โดยแผ่นประกอบที่มีเปอร์เซ็นต์กาวที่ 7% มีค่าความหนาแน่นน้อยที่สุดคือ 903 กก. / ลบ.ม. และแผ่นประกอบที่มีเปอร์เซ็นต์กาวที่ 16% มีค่าความหนาแน่นมากที่สุดคือ 929 กก./ลบ.ม. ส่วนแผ่นประกอบเปอร์เซ็นต์กาวที่ 10%และ13% ที่ค่าความหนาแน่นที่ 928 , 927 กก./ลบ.ม. ตามลำดับ

1.2. จากการทดสอบด้านความหนาแน่นแผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจากกระดาษพิมพ์และเขียน ตามเปอร์เซ็นต์กาวเท่ากับ 7% , 10% , 13% และ 16% พบว่า มีค่าความหนาแน่นสูงกว่าที่กำหนดไว้ในขั้นตอนการวางแผนการทดลองที่กำหนดไว้คือ 750 กก. / ลบ.ม. ซึ่งค่าความหนาแน่นที่ได้ถือว่าอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดของมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง (มอก.966-2533)

โดยแผ่นประกอบที่มีเปอร์เซ็นต์กาวที่ 10%, 16% มีค่าความหนาแน่นน้อยที่สุดคือ 825 กก. / ลบ.ม. และแผ่นประกอบที่มีเปอร์เซ็นต์กาวที่ 13% มีค่าความหนาแน่นมากที่สุดคือ 844 กก./ลบ.ม. ส่วนแผ่นประกอบที่มีเปอร์เซ็นต์กาวที่ 7%ที่ค่าความหนาแน่นที่ 826 กก./ลบ.ม.

2. ความชื้น (Moisture Content)

2.1. จากการทดสอบด้านความชื้นแผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจากกระดาษหนังสือพิมพ์ ตามเปอร์เซ็นต์กาวเท่ากับ 7% , 10% , 13% และ 16% พบว่า มีค่าความชื้นสูงกว่าที่

กำหนดไว้ในขั้นตอนการวางแผนการทดลองที่กำหนดไว้คือ 4-10 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งค่าความชื้นที่ได้ถือว่าไม่อยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดของมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง
(มอก.966-2533)

โดยแผ่นประกอบที่มีเปอร์เซ็นต์กาวที่ 13% มีค่าความชื้นน้อยที่สุดคือ 13.28 เปอร์เซ็นต์ และแผ่นประกอบที่มีเปอร์เซ็นต์กาวที่ 10% มีค่าความชื้นมากที่สุดคือ 15.28 เปอร์เซ็นต์ ส่วนแผ่นประกอบที่มีเปอร์เซ็นต์กาวที่ 7%และ16% ที่ค่าความชื้นที่ 14.10 , 14.16 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

2.2. จากการทดสอบด้านความชื้นแผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจากกระดาษพิมพ์และเขียน ตามเปอร์เซ็นต์กาวเท่ากับ 7% , 10% , 13% และ 16% พบว่า มีเปอร์เซ็นต์กาวที่มีค่าความชื้นอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดคือ 7 % ส่วนเปอร์เซ็นต์กาวที่มีค่าความชื้นสูงกว่าที่กำหนดคือ 10% ,13% และ 16% ที่กำหนดไว้คือ 4-10 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งค่าความชื้นที่ได้ถือว่าไม่อยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดของมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง (มอก.966-2533)

โดยแผ่นประกอบที่มีเปอร์เซ็นต์กาวที่ 7% มีค่าความชื้นน้อยที่สุดคือ 9.60 เปอร์เซ็นต์ และแผ่นประกอบที่มีเปอร์เซ็นต์กาวที่ 16% มีค่าความชื้นมากที่สุดคือ 18.48 ส่วนแผ่นประกอบที่มีเปอร์เซ็นต์กาวที่ 10%และ 13%ที่ค่าความชื้นที่ 11.08 , 15.54 เปอร์เซ็นต์

3. การดูดซึมน้ำและการขยายตัวตามความหนา (Water Absorption and Swelling)

3.1. การดูดซึมน้ำ

3.1.1. การทดสอบด้านการดูดซึมน้ำแผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจากกระดาษหนังสือพิมพ์ ตามเปอร์เซ็นต์กาวเท่ากับ 7% , 10% , 13% และ 16% พบว่า มีค่าการดูดซึมน้ำสูงกว่าที่กำหนดไว้ในขั้นตอนการวางแผนการทดลองที่กำหนดไว้คือ <20 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งค่าการดูดซึมน้ำที่ได้ถือว่าไม่อยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดของมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง (มอก.966-2533)

โดยแผ่นประกอบที่มีเปอร์เซ็นต์กาวที่ 16% มีค่าการดูดซึมน้ำน้อยที่สุดคือ 77.90 เปอร์เซ็นต์ และแผ่นประกอบที่มีเปอร์เซ็นต์กาวที่ 7% มีค่าการดูดซึมน้ำมากที่สุดคือ 132.1 เปอร์เซ็นต์ ส่วนแผ่นประกอบที่มีเปอร์เซ็นต์กาวที่ 10%และ13% ที่ค่าการดูดซึมน้ำที่ 110.3 , 89.80 ตามลำดับ

3.1.2. การทดสอบด้านการดูดซึมน้ำของแผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจากกระดาษพิมพ์และเขียน ตามเปอร์เซ็นต์กาวเท่ากับ 7% , 10% , 13% และ 16% พบว่า มีค่าการดูดซึมน้ำมากกว่าที่กำหนดไว้ตามขั้นตอนการวางแผนการผลิตคือ <20 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งค่าการดูดซึมน้ำ

ที่ได้ถือว่าไม่อยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง (มอก.966-2533)

โดยแผ่นประกอบที่มีเปอร์เซ็นต์กาวที่ 16% มีค่าการดูดซึมน้ำน้อยที่สุดคือ 209.7 เปอร์เซ็นต์ และแผ่นประกอบที่มีเปอร์เซ็นต์กาวที่ 7% มีค่าการดูดซึมน้ำมากที่สุดคือ 291.2 เปอร์เซ็นต์ ส่วนแผ่นประกอบที่มีเปอร์เซ็นต์กาวที่ 10%และ 13%ที่ค่าการดูดซึมน้ำที่ 243.6 ,228.2 เปอร์เซ็นต์

3.2. การขยายตัวตามความหนา

3.2.1. การทดสอบด้านการดูดซึมน้ำแผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจากกระดาษหนังสือพิมพ์ ตามเปอร์เซ็นต์กาวเท่ากับ 7% , 10% , 13% และ 16% พบว่า มีค่าการขยายตัวตามความหนาสูงกว่าที่กำหนดไว้ในขั้นตอนการวางแผนการทดลองที่กำหนดไว้คือ <20 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งค่าการขยายตัวตามความหนาที่ได้ถือว่าไม่อยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดของมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง (มอก.966-2533)

โดยแผ่นประกอบที่มีเปอร์เซ็นต์กาวที่ 16% มีค่าการขยายตัวตามความหนาน้อยที่สุดคือ 33.5 เปอร์เซ็นต์ และแผ่นประกอบที่มีเปอร์เซ็นต์กาวที่ 7% มีค่าการขยายตัวตามความหนามากที่สุดคือ 65.6 เปอร์เซ็นต์ ส่วนแผ่นประกอบที่มีเปอร์เซ็นต์กาวที่ 10%และ13% ที่ค่าการขยายตัวตามความหนาที่ 55.4 , 41.9 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

3.2.2. การทดสอบด้านการขยายตัวตามความหนาของแผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจาก กระดาษพิมพ์และเขียน ตามเปอร์เซ็นต์กาวเท่ากับ 7% , 10% , 13% และ 16% พบว่า มีค่าการขยายตัวตามความหนามากกว่าที่กำหนดไว้ตามขั้นตอนการวางแผนการผลิตคือ <20 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งค่าการขยายตัวตามความหนาที่ได้ถือว่าไม่อยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง (มอก.966-2533)

โดยแผ่นประกอบที่มีเปอร์เซ็นต์กาวที่ 16% มีค่าการขยายตัวตามความหนาน้อยที่สุดคือ 94.1 เปอร์เซ็นต์ และแผ่นประกอบที่มีเปอร์เซ็นต์กาวที่ 7% มีค่าการขยายตัวตามความหนามากที่สุดคือ 121.9 เปอร์เซ็นต์ ส่วนแผ่นประกอบที่มีเปอร์เซ็นต์กาวที่ 10%และ 13%ที่ค่าการขยายตัวตามความหนาที่ 121.2 , 106.6 เปอร์เซ็นต์

4. ความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า (Tension perpendicular to Surface)

4.1. จากการทดสอบด้านความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าแผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจากกระดาษหนังสือพิมพ์ ตามเปอร์เซ็นต์กาวเท่ากับ 7% , 10% , 13% และ 16% พบว่า มีค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าน้อยกว่าที่กำหนดไว้ในขั้นตอนการวางแผนการทดลองที่กำหนดไว้คือ 0.62 เมกะพาสคัล ซึ่งค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าที่ได้ถือว่าไม่อยู่ในเกณฑ์ที่

กำหนดของมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง (มอก.966-2533)

โดยแผ่นประกอบที่มีเปอร์เซ็นต์กาวที่ 7% มีค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าน้อยที่สุดคือ .09 เมกะพาสคัล และแผ่นประกอบที่มีเปอร์เซ็นต์กาวที่ 16% มีค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้ามากที่สุดคือ .39 เมกะพาสคัด ส่วนแผ่นประกอบที่มีเปอร์เซ็นต์กาวที่ 10%และ 13% ที่ค่าความต้านแรงดัดที่ .17 , .26 เมกะพาสคัล

4.2. จากการทดสอบด้านความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าแผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจากกระดาษพิมพ์และเขียน ผลจากการทดสอบ พบว่า ไม่มีผลต่อความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า เนื่องจากเป็นวัสดุเหลือใช้ที่ไม่มีความยึดเหนียวติดกันทำให้เมื่อนำไปเข้าเครื่องทดสอบเกิดการแตดหักและบางชิ้นเมื่อนำเข้าเครื่องทดสอบแล้วทำการเปิดเครื่องทำงานผลปรากฏว่าเข็มไม่กระดิกในขณะที่ชิ้นทดสอบแตกหักแล้ว นั้นก็แสดงให้เห็นว่าแผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจากกระดาษพิมพ์และเขียนไม่มีผลต่อความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า

5. ความต้านแรงดัด (Bending Strength)

5.1. จากการทดสอบด้านความต้านแรงดัดแผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจากกระดาษหนังสือพิมพ์ ตามเปอร์เซ็นต์กาวเท่ากับ 7% , 10% , 13% และ 16% พบว่า มีค่าความต้านแรงดัดน้อยกว่าที่กำหนดอยู่ 1 เปอร์เซ็นต์คือเปอร์เซ็นต์ที่ 7 % ส่วนเปอร์เซ็นต์ที่ 10% ,13% และ 16% มีความต้านแรงดัดสูงกว่าที่กำหนดไว้ในขั้นตอนการวางแผนการทดลองที่กำหนดไว้คือ 20 เมกะพาสคัล ซึ่งค่าความต้านแรงดัดที่ได้ถือว่าอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดของมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง (มอก.966-2533)

โดยแผ่นประกอบที่มีเปอร์เซ็นต์กาวที่ 7% มีค่าความต้านแรงดัดน้อยที่สุดคือ 15.63 เมกะพาสคัล และแผ่นประกอบที่มีเปอร์เซ็นต์กาวที่ 16% มีค่าความต้านแรงดัดมากที่สุดคือ 28.41 เมกะพาสคัด ส่วนแผ่นประกอบที่มีเปอร์เซ็นต์กาวที่ 10%และ13% ที่ค่าความต้านแรงดัดที่ 21.56 , 23.12 เมกะพาสคัล

5.2. จากการทดสอบด้านความต้านแรงดัดแผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจากกระดาษพิมพ์และเขียน ตามเปอร์เซ็นต์กาวเท่ากับ 7% , 10% , 13% และ 16% พบว่า มีค่าความต้านแรงดัดน้อยกว่าที่กำหนดไว้ตามขั้นตอนการวางแผนการผลิตคือ 20 เมกะพาสคัล ซึ่งค่าความต้านแรงดัดที่ได้ถือว่าไม่อยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง (มอก.966-2533)

โดยแผ่นประกอบที่มีเปอร์เซ็นต์กาวที่ 7% มีค่าความต้านแรงดัดน้อยที่สุดคือ .46 เมกะพาสคัล และแผ่นประกอบที่มีเปอร์เซ็นต์กาวที่ 16% มีค่าความต้านแรงดัดมากที่สุดคือ .92 เม

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

หนังสือราชการ

ประกาศบัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง ผลการพิจารณาหัวข้อและเค้าโครงวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย โดยความเห็นชอบของคณะกรรมการพิจารณาหัวข้อและเค้าโครงวิทยานิพนธ์ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม ขอประกาศรายชื่อหัวข้อและเค้าโครงวิทยานิพนธ์ หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการสอนอาชีวศึกษา ที่ได้รับอนุมัติให้ดำเนินการดังนี้

นางสาวเสาวภาคย์ แก้วนพคุณ รหัสประจำตัว 45063407 ให้ทำวิทยานิพนธ์เรื่อง "การประเมินหลักสูตรวิทยาลัยชุมชน สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โปรแกรมคอมพิวเตอร์ธุรกิจ (THE COMMUNITY COLLEGE CURRICULUM EVALUATION ON BUSINESS COMPUTER PROGRAM OF DEPARTMENT OF SCIENCE AND TECHNOLOGY)" โดยมี รศ.ดร.สมพร ไชยะ เป็นอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ ดร.ทิวัตถ์ มณีโชติ เป็นอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ร่วม

ซึ่งได้รับอนุมัติเมื่อวันที่ 17 พฤศจิกายน 2546

ทั้งนี้ให้นักศึกษาค้นคว้าและเขียนวิทยานิพนธ์ โดยปรึกษากับอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ให้เสร็จสิ้นภายในเวลาที่กำหนดในระเบียบของบัณฑิตวิทยาลัย

ประกาศ ณ วันที่ 19 พฤศจิกายน พ.ศ. 2546

(รองศาสตราจารย์บุญวัฒน์ อัตชู)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

คำสั่งคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ที่ ๒๖๒ /2546
เรื่อง แต่งตั้งคณะกรรมการควบคุมและคณะกรรมการพิจารณาหัวข้อและ
เค้าโครงวิทยานิพนธ์ ของ นางสาวเสาวภาคย์ แก้วนพคุณ

เพื่อให้การเรียบเรียงวิทยานิพนธ์ของ นางสาวเสาวภาคย์ แก้วนพคุณ รหัสประจำตัว 45063407 เป็นไปด้วยความเรียบร้อยและมีประสิทธิภาพจึงแต่งตั้งคณะกรรมการเพื่อควบคุมและพิจารณาหัวข้อและเค้าโครงวิทยานิพนธ์ ดังต่อไปนี้

1. คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์

รศ.ดร.สมพร	ไชยะ	ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์
ดร.ทิวัตถ์	มณีโชติ	ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ร่วม

2. คณะกรรมการพิจารณาหัวข้อและเค้าโครงวิทยานิพนธ์

ดร.ผดุงชัย	ภู่พัฒน์	ประธานกรรมการ
รศ.ดร.สมพร	ไชยะ	กรรมการ
ดร.ทิวัตถ์	มณีโชติ	กรรมการ
ผศ.ดร.เลิศลักษณ์	กลิ่นหอม	กรรมการ
ผศ.ดร.อำนาจ	ตั้งเจริญชัย	กรรมการ

ทั้งนี้ ตั้งแต่บัดนี้เป็นต้นไป

สั่ง ณ วันที่ ๒๙ สิงหาคม พ.ศ. 2546

(รองศาสตราจารย์ รวีวรรณ ชินะตระกูล)
คณบดี

ที่ ศธ 0524.04/1602

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

12 พฤศจิกายน 2546

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจเครื่องมือการวิจัย

เรียน

สิ่งที่ส่งมาด้วย แบบสอบถาม เพื่อการวิจัย จำนวน 1 ชุด

ด้วย นางสาวเสาวภาคย์ แก้วนพคุณ นักศึกษาระดับปริญญาโท สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน อาชีวศึกษา จะทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "การประเมินหลักสูตรวิทยาลัยชุมชน สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โปรแกรมคอมพิวเตอร์ธุรกิจ"

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมพิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดียิ่ง จึงขอเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจเครื่องมือการวิจัยดังที่แนบมาพร้อมนี้ว่ามีเนื้อหาถูกต้องและเหมาะสมมากน้อยเพียงใด ซึ่งผลการตรวจของท่านจะช่วยให้การเก็บรวบรวมข้อมูลของนางสาวเสาวภาคย์ แก้วนพคุณ มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(นายณรงค์ พิมสาร)
รองคณบดีฝ่ายบัณฑิตศึกษา
ปฏิบัติราชการแทนคณบดี

หน่วยบัณฑิตศึกษา
โทร. 737-3000 ต่อ 3692
โทรสาร. 3264325

ที่ ศธ 0524.04 / 0629

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

19 กุมภาพันธ์ 2547

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ให้นักศึกษาเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อการวิจัย

เรียน

สิ่งที่ส่งมาด้วย 1. ประกาศผลการพิจารณาหัวข้อและเค้าโครงวิทยานิพนธ์ จำนวน 1 ฉบับ
2. แบบสอบถามเพื่อการวิจัย จำนวน 1 ชุด

ด้วย นางสาวเสาวภาคย์ แก้วนพคุณ นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรม สาขาวิชาหลักสูตรและการสอนอาชีวศึกษา สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง จะทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "การประเมินหลักสูตรวิทยาลัยชุมชน สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โปรแกรมวิชาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ" และได้รับอนุมัติหัวข้อและเค้าโครงวิทยานิพนธ์แล้วเมื่อวันที่ 17 พฤศจิกายน 2546 คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม จึงขอความอนุเคราะห์จากท่านโปรดอนุญาตให้ นางสาวเสาวภาคย์ แก้วนพคุณ เก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อการวิจัยภายในหน่วยงานของท่านได้

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาอนุญาตและขอขอบคุณในความอนุเคราะห์ของท่านมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์เลิศลักษณ์ กลิ่นหอม)
รองคณบดี
กำกับดูแลงานด้านบัณฑิตศึกษา
ปฏิบัติราชการแทนคณบดี

หน่วยบัณฑิตศึกษา
โทร. 737-3000 ต่อ 3692
โทรสาร. 3264325

ภาคผนวก ข

แบบสอบถามสำหรับอาจารย์ผู้สอน

แบบสอบถามเพื่อการวิจัย

เรื่อง

การประเมินหลักสูตรวิทยาลัยชุมชน สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โปรแกรมวิชาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ

คำชี้แจง

1. แบบสอบถามนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความคิดเห็นของผู้เกี่ยวข้องกับหลักสูตรวิทยาลัยชุมชน สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โปรแกรมวิชาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ ในวิทยาลัยชุมชนจังหวัดและเครือข่าย สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา เพื่อนำผลการสำรวจเป็นข้อมูลสนับสนุนและเป็นประโยชน์สำหรับสถาบัน เพื่อการนำผลข้อมูลที่ได้จากท่าน ไปพัฒนาปรับปรุงการบริหารหลักสูตร การจัดกิจกรรมการเรียนการสอน ให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น และเป็นสารสนเทศอันเป็นประโยชน์สำหรับการวิจัยในโอกาสต่อไป

ผู้วิจัยได้แบ่งแบบสอบถามเป็น 5 ตอน คือ

ตอนที่ 1 สถานภาพทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

ตอนที่ 2 การประเมินด้านบริบท

ตอนที่ 3 การประเมินด้านปัจจัยเบื้องต้น

ตอนที่ 4 การประเมินด้านกระบวนการ

ตอนที่ 5 การประเมินด้านผลผลิต

2. ผู้ตอบแบบสอบถาม **อาจารย์ผู้สอน** ข้อมูลที่ได้จากท่านมีความสำคัญและเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการวิจัยในครั้งนี้ จึงขอความอนุเคราะห์ท่านกรุณาให้ข้อมูลตามความเป็นจริงและครบถ้วน ทั้งนี้การนำผลเสนอเป็นภาพรวม ซึ่งไม่มีผลกระทบใด ๆ ต่อผู้ให้ข้อมูล และขอขอบพระคุณท่านเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

เสาวภาคย์ แก้วนพคุณ
นักศึกษาปริญญาโท สาขาวิชาหลักสูตรและการสอนอาชีวศึกษา
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ผู้วิจัย

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปสำหรับผู้ตอบแบบสอบถาม

.....

คำชี้แจง กรุณาใส่เครื่องหมาย ✓ หน้าข้อความที่เป็นความจริง

1. อายุ

☐ ระหว่าง 20-30 ปี ☐ ระหว่าง 31-40 ปี

☐ ระหว่าง 41-50 ปี ☐ มากกว่า 51 ปีขึ้นไป

2. ประสบการณ์ในการทำงาน

☐ ระหว่าง 1 - 5 ปี ☐ ระหว่าง 6 - 10 ปี

☐ ระหว่าง 11 - 15 ปี ☐ มากกว่า 15 ปีขึ้นไป

3. วุฒิทางการศึกษาสูงสุด

☐ ต่ำกว่าปริญญาตรี ☐ ปริญญาตรี

☐ ปริญญาโท ☐ ปริญญาเอก

4. ภูมิลำเนา

☐ ภาคเหนือ ☐ ภาคกลาง

☐ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ☐ ภาคใต้

ตอนที่ 2 ข้อคำถามเกี่ยวกับการประเมินด้านบริบท : จุดประสงค์ของโปรแกรมวิชา

.....

คำชี้แจง การประเมินหลักสูตรวิทยาลัยชุมชน สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โปรแกรมวิชาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ ในด้านต่าง ๆ โดยพิจารณาตามเกณฑ์การประเมินว่าอยู่ในระดับมากน้อยเพียงใด โดยการทำเครื่องหมาย ✓ ลงในหมายเลขระดับความคิดเห็น ให้ตรงกับความเป็นจริงตามความคิดเห็นของท่าน ซึ่งมีหลักในการพิจารณาดังนี้

5 หมายถึง ท่านคิดว่ามีความเหมาะสม และมีความสอดคล้องมากที่สุด

4 หมายถึง ท่านคิดว่ามีความเหมาะสม และมีความสอดคล้องมาก

3 หมายถึง ท่านคิดว่ามีความเหมาะสม และมีความสอดคล้องปานกลาง

2 หมายถึง ท่านคิดว่ามีความเหมาะสม และมีความสอดคล้องน้อย

1 หมายถึง ท่านคิดว่ามีความเหมาะสม และมีความสอดคล้องน้อยที่สุด

ข้อความ	ความเหมาะสมของจุดประสงค์ของโปรแกรมวิชา					ความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของหลักสูตร				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
จุดประสงค์ของโปรแกรมวิชา										
1. หลักการของวิทยาลัยชุมชนด้านเทคนิคในการปฏิบัติงานด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์มีความทันสมัย	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
2. การใช้ประโยชน์จากโปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการพัฒนางานและธุรกิจด้านต่าง ๆ	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
3. ความสามารถพัฒนา ความรู้ด้านคอมพิวเตอร์ตามความต้องการของชุมชน และตลาดแรงงานในท้องถิ่น	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
4. นักศึกษาสามารถศึกษา ต่อใน ระดับปริญญาตรีได้	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
5. ด้านการพัฒนาทักษะการปฏิบัติการใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ผู้เรียนสามารถปฏิบัติงานได้จริง	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
6. ด้านผลการเรียนรู้ทางการประกอบอาชีพ ด้านคอมพิวเตอร์สามารถประกอบอาชีพในฐานะผู้ช่วยโปรแกรมเมอร์หรือเจ้าหน้าที่ควบคุมคอมพิวเตอร์	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..

ข้อความ	ความเหมาะสมของจุดประสงค์ของโปรแกรมวิชา					ความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของหลักสูตร				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
7. ด้านการพัฒนาเจตคติที่ดี มีคุณธรรม มีระเบียบวินัย ค่านิยมที่ถูกต้อง ซื่อสัตย์ สุจริต และมีความรับผิดชอบต่อหน้าที่ และสังคม	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...

กรุณาแสดงความคิดเห็นหรือข้อเสนอแนะอื่น ๆ ที่เกี่ยวกับจุดประสงค์ของโปรแกรมวิชาที่ควรปรับปรุงหรือเพิ่มเติม (โปรดระบุเป็นข้อ ๆ) .....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ตอนที่ 2 ข้อคำถามเกี่ยวกับการประเมินด้านบริบท : โครงสร้างของหลักสูตร

.....

คำชี้แจง ขอความกรุณาพิจารณาโครงสร้างของหลักสูตรเป็นรายวิชาที่เกี่ยวกับจำนวนหน่วยกิตว่ามีความไม่เหมาะสม หรือเหมาะสม ถ้าไม่เหมาะสมจำนวนหน่วยกิตมากไป พอดี หรือน้อยไป โดยการทำเครื่องหมาย ✓ลงในช่องที่ไม่เหมาะสม โดยเติมในช่องระดับความคิดเห็นตามความเป็นจริง

ข้อความ	หน่วยกิต	ระดับความคิดเห็น	
	น(ท-ป)	มากไป	น้อยไป
1. จำนวนหน่วยกิตตลอดหลักสูตร	85	.....	.....
2. หมวดวิชาศึกษาทั่วไป	18	.....	.....
2.1 กลุ่มวิชาภาษาและการสื่อสาร	6	.....	.....
รหัส ชื่อวิชา			
มศ 041001 ภาษาไทยเพื่อการสื่อสารและการสืบค้น	3(2-2)	.....	.....
มศ 051001 ภาษาอังกฤษเพื่อการสื่อสารและการสืบค้น	3(2-2)	.....	.....
มศ 051002 การอ่านภาษาอังกฤษทั่วไป	3(3-0)	.....	.....
2.2 กลุ่มวิชามนุษย์ศาสตร์	3	.....	.....
รหัส ชื่อวิชา			
มศ 011001 ความจริงของชีวิต	3(3-0)	.....	.....
มศ 021001 จริยธรรมกับชีวิต	3(2-2)	.....	.....
2.3 กลุ่มวิชาสังคมศาสตร์	3	.....	.....
รหัส ชื่อวิชา			
สศ 021001 วิถีไทย	3(3-0)	.....	.....
สศ 031001 มนุษย์กับโลกาภิวัฒน์	3(3-0)	.....	.....
2.4 กลุ่มวิชาคณิตศาสตร์-วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี	6	.....	.....
รหัส ชื่อวิชา			
วท 051001 วิทยาศาสตร์เพื่อคุณภาพชีวิต	3(2-2)	.....	.....
วท 111001 เทคโนโลยีสารสนเทศกับชีวิต	3(2-2)	.....	.....
วท 091002 คณิตศาสตร์เพื่อชีวิต	3(2-2)	.....	.....
วท 082077 การออกกำลังกายและกีฬา	3(1-4)	.....	.....

ข้อความ	หน่วยกิต	ระดับความคิดเห็น	
	น(ท-ป)	มากไป	น้อยไป
3. หมวดวิชาเฉพาะ	**61**	.....	.....
3.1 กลุ่มวิชาพื้นฐานวิชาชีพ	**21**	.....	.....
รหัส ชื่อวิชา			
บธ 014001 หลักการตลาด	3(3-0)	.....	.....
บธ 061008 หลักการจัดการ	3(3-0)	.....	.....
บธ 091001 หลักเศรษฐศาสตร์	3(3-0)	.....	.....
บธ 062009 กฎหมายธุรกิจ	3(3-0)	.....	.....
วท 111113 การประมวลผลแฟ้มข้อมูล	3(2-2)	.....	.....
วท 111114 คณิตศาสตร์คอมพิวเตอร์	2(2-0)	.....	.....
วท 111115 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับอินเตอร์เน็ต	2(1-2)	.....	.....
วท 111004 โปรแกรมระบบปฏิบัติการและอรรถประโยชน์	3(2-2)	.....	.....
บธ 061001 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับการประกอบธุรกิจ	3(3-0)	.....	.....
บธ 091006 เศรษฐศาสตร์ทั่วไป	3(3-0)	.....	.....
3.2 กลุ่มวิชาชีพบังคับ	19		
รหัส ชื่อวิชา			
วท 111116 การใช้โปรแกรมประมวลผลคำ	2(1-2)	.....	.....
วท 111117 การใช้โปรแกรมตารางคำนวณ	2(1-2)	.....	.....
วท 111118 การใช้โปรแกรมนำเสนองาน	2(1-2)	.....	.....
วท 111122 การเขียนโปรแกรมฐานข้อมูล 1	3(2-2)	.....	.....
วท 112123 การเขียนโปรแกรมฐานข้อมูล 2	3(2-3)	....	....
วท 112135 การวิเคราะห์และออกแบบระบบ	3(2-2)	.....	.....
วท 112128 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับเครือข่ายคอมพิวเตอร์	2(1-2)	.....	.....
วท 112130 ระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการ	3(3-0)	.....	.....
3.3 กลุ่มวิชาชีพเลือก	17		
รหัส ชื่อวิชา			
วท 112119 การสร้างเว็บเพจ	2(1-2)	.....	.....
วท 112120 การใช้คอมพิวเตอร์ในงานธุรกิจการเงินและบัญชี	2(1-2)	.....	.....
วท 112121 การใช้คอมพิวเตอร์ในงานบุคคลและเงินเดือน	2(1-2)	.....	.....
วท 112124 การเขียนโปรแกรมฐานข้อมูล 3	3(1-4)	.....	.....

ข้อความ	หน่วยกิต	ระดับความคิดเห็น	
	น(ท-ป)	มากไป	น้อยไป
วท 112125 การใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์กราฟฟิก	3(1-4)	.....	.....
วท 112237 การเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ 3	3(1-4)	.....	.....
วท 112238 การเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ 4	3(1-4)	.....	.....
วท 112239 การประยุกต์ใช้อินเตอร์เน็ต	3(2-2)	.....	.....
วท 112008 เครือข่ายคอมพิวเตอร์	3(2-2)	.....	.....
3.4 วิชาการฝึกงาน	4(320)	.....	.....
4. หมวดวิชาเลือกเสรี	6		

กรุณาแสดงความคิดเห็นหรือข้อเสนอแนะอื่น ๆ ที่เกี่ยวกับโครงสร้างของหลักสูตร ที่ควรปรับปรุงหรือเพิ่มเติม (โปรดระบุเป็นข้อ ๆ)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ตอนที่ 2 ข้อคำถามเกี่ยวกับการประเมินด้านบริบท : เนื้อหาสาระรายวิชาในหลักสูตร

.....

คำชี้แจง การประเมินหลักสูตรวิทยาลัยชุมชน สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โปรแกรมวิชาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ ในด้านต่าง ๆ โดยพิจารณาตามเกณฑ์การประเมินว่าอยู่ในระดับมากน้อยเพียงใด โดยการทำเครื่องหมาย ✓ ลงในหมายเลขระดับความคิดเห็น ให้ตรงกับความเป็นจริงตามความคิดเห็นของท่าน ซึ่งมีหลักในการพิจารณาดังนี้

5 หมายถึง ท่านคิดว่ามีความเหมาะสมมากที่สุด

4 หมายถึง ท่านคิดว่ามีความเหมาะสมมาก

3 หมายถึง ท่านคิดว่ามีความเหมาะสม ปานกลาง

2 หมายถึง ท่านคิดว่ามีความเหมาะสมน้อย

1 หมายถึง ท่านคิดว่ามีความเหมาะสมน้อยที่สุด

ข้อที่	ข้อความ	ระดับความคิดเห็น				
		1	2	3	4	5
1.	ความทันสมัยของเนื้อหาสาระ รายวิชาในหลักสูตร	.....	.....	.....	.....	.....
	หมวดวิชาศึกษาทั่วไป	.....	.....	.....	.....	.....
	หมวดวิชาเฉพาะ	.....	.....	.....	.....	.....
	หมวดวิชาเลือก	.....	.....	.....	.....	.....
	หมวดวิชาเลือกเสรี	.....	.....	.....	.....	.....
2.	ความน่าสนใจของเนื้อหาสาระรายวิชาในหลักสูตร	.....	.....	.....	.....	.....
	หมวดวิชาศึกษาทั่วไป	.....	.....	.....	.....	.....
	หมวดวิชาเฉพาะ	.....	.....	.....	.....	.....
	หมวดวิชาเลือก	.....	.....	.....	.....	.....
	หมวดวิชาเลือกเสรี	.....	.....	.....	.....	.....
3.	ความสอดคล้องกับความต้องการของสังคม และตลาดแรงงาน	.....	.....	.....	.....	.....
	ในท้องถิ่น	.....	.....	.....	.....	.....
	หมวดวิชาศึกษาทั่วไป	.....	.....	.....	.....	.....
	หมวดวิชาเฉพาะ	.....	.....	.....	.....	.....
	หมวดวิชาเลือก	.....	.....	.....	.....	.....
	หมวดวิชาเลือกเสรี	.....	.....	.....	.....	.....

ข้อที่	ข้อความ	ระดับความคิดเห็น				
		1	2	3	4	5
4	มีความสอดคล้องกับจุดประสงค์ของโปรแกรมวิชา	.....	....	.....	.....	.....
	หมวดวิชาศึกษาทั่วไป	.....	....	.....	.....	.....
	หมวดวิชาเฉพาะ	.....	.....	.....	.....	.....
	หมวดวิชาเลือก	.....	.....	.....	.....	.....
	หมวดวิชาเลือกเสรี	.....	.....	.....	.....	.....

กรุณาแสดงความคิดเห็นหรือข้อเสนอแนะอื่น ๆ ที่เกี่ยวกับเนื้อหาสาระรายวิชาของหลักสูตรที่ควรปรับปรุงหรือเพิ่มเติม (โปรดระบุเป็นข้อ ๆ) .....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ตอนที่ 3 **ข้อคำถามเกี่ยวกับการประเมินด้านปัจจัยเบื้องต้น :** ทรัพยากรที่ใช้ในการดำเนินการตามหลักสูตร

.....

คำชี้แจง การประเมินหลักสูตรวิทยาลัยชุมชน สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โปรแกรมวิชาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ ในด้านต่าง ๆ โดยพิจารณาตามเกณฑ์การประเมินว่าอยู่ในระดับมากน้อยเพียงใด โดยการทำเครื่องหมาย ✓ ลงในหมายเลขระดับความคิดเห็น ให้ตรงกับความเป็นจริงตามความคิดเห็นของท่าน ซึ่งมีหลักในการพิจารณาดังนี้

5 หมายถึง ท่านคิดว่ามีความเหมาะสมมากที่สุด

4 หมายถึง ท่านคิดว่ามีความเหมาะสมมาก

3 หมายถึง ท่านคิดว่ามีความเหมาะสม ปานกลาง

2 หมายถึง ท่านคิดว่ามีความเหมาะสมน้อย

1 หมายถึง ท่านคิดว่ามีความเหมาะสมน้อยที่สุด

ข้อที่	ข้อความ	ระดับความคิดเห็น				
		1	2	3	4	5
	ด้านอาจารย์ผู้สอน					
1.	ปริมาณอาจารย์มีมากเพียงพอกับรายวิชาที่เปิดสอน	.....	.....	.....	.....	.....
2.	ความรู้ความสามารถและชำนาญการในโปรแกรมวิชาที่สอน	.....	.....	.....	.....	.....
3.	เทคนิคในการถ่ายทอดวิชาความรู้	.....	.....	.....	.....	.....
4.	ความตั้งใจในการสอน	.....	.....	.....	.....	.....
5.	วิสัยทัศน์กว้างไกล	.....	.....	.....	.....	.....
6.	คุณธรรมและจริยธรรมที่เหมาะสม	.....	.....	.....	.....	.....
7.	การร่วมมือและประสานงานระหว่างอาจารย์ผู้สอนในรายวิชา	.....	.....	.....	.....	.....
8.	การพัฒนาเพิ่มพูนความรู้ ความสามารถให้ทันสมัย	.....	.....	.....	.....	.....
9.	การยอมรับฟังความคิดเห็นของนักศึกษา	.....	.....	.....	.....	.....
10.	การเอาใจใส่และให้ความช่วยเหลือ	.....	.....	.....	.....	.....
	ด้านนักศึกษา					
11.	ความรู้พื้นฐานด้านคอมพิวเตอร์เพียงพอกับการเรียนรู้ตามหลักสูตรนี้	.....	.....	.....	.....	.....
12.	ความสนใจในการเรียนรู้คอมพิวเตอร์ธุรกิจ	.....	.....	.....	.....	.....
13.	ความรับผิดชอบต่อตนเองและงานที่ได้รับมอบหมาย	.....	.....	.....	.....	.....
14.	ความตรงต่อเวลาในการเข้าเรียน	.....	.....	.....	.....	.....
15.	ความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ค้นคว้าหาความรู้เพิ่มเติม	.....	.....	.....	.....	.....
16.	มีเจตคติที่ดีต่ออาชีพในด้านคอมพิวเตอร์ธุรกิจ	.....	.....	.....	.....	.....

ข้อที่	ข้อความ	ระดับความคิดเห็น				
		1	2	3	4	5
	งบประมาณมีความเพียงพอ					
17.	สำหรับการซื้อเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ อุปกรณ์ต่อพ่วง ตลอดจนอุปกรณ์การเรียนการสอนอื่น ๆ	.....	.....	.....	.....	.....
18.	สำหรับการส่งเสริมสนับสนุน การฝึกอบรมการใช้อินเตอร์เน็ตทางวิชาการ	.....	.....	.....	.....	.....
19.	สำหรับจัดซื้อวัสดุฝึกของนักศึกษา	.....	.....	.....	.....	.....
	เอกสารตำรา					
20.	เอกสารและตำราประกอบการเรียนแต่ละรายวิชามีความทันสมัยและเหมาะสมกับสภาพการเรียนการสอน	.....	.....	.....	.....	.....
21.	วารสารและนิตยสารเกี่ยวกับคอมพิวเตอร์ที่ทันสมัยและเพียงพอกับความต้องการของนักศึกษา	.....	.....	.....	.....	.....
22.	จำนวนหนังสือและตำราเกี่ยวกับคอมพิวเตอร์ในห้องสมุดเพียงพอกับความต้องการของนักศึกษา	.....	.....	.....	.....	.....
	สื่อและอุปกรณ์					
23.	โปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยสอน (CAI)	.....	.....	.....	.....	.....
24.	สื่อและอุปกรณ์การเรียนการสอนในภาคทฤษฎีมีความสอดคล้องกับเนื้อหาสาระรายวิชา	.....	.....	.....	.....	.....
25.	สื่อและอุปกรณ์การเรียนการสอนในภาคปฏิบัติมีความสอดคล้องกับเนื้อหาสาระรายวิชา	.....	.....	.....	.....	.....
	อาคารสถานที่					
26.	การจัดห้องเรียนที่ใช้ในการเรียนภาคทฤษฎีมีความเหมาะสมกับเนื้อหาสาระรายวิชา	.....	.....	.....	.....	.....
27.	การจัดห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์มีความเหมาะสมกับเนื้อหาสาระรายวิชา	.....	.....	.....	.....	.....
28.	ห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์มีคอมพิวเตอร์ที่ทันสมัยและเพียงพอกับความต้องการของนักศึกษา	.....	.....	.....	.....	.....
29.	แหล่งศึกษาค้นคว้า ได้แก่ ห้องสมุด ห้องอินเตอร์เน็ต เปิดให้บริการและอำนวยความสะดวกต่อนักศึกษาอย่างเหมาะสม	.....	.....	.....	.....	.....
30.	สถานที่อำนวยความสะดวกอื่นๆ มีความเหมาะสม เช่น ห้องอาหาร ห้องสุขา มุมพักผ่อน ห้องธุรการ มุมวิชาการ เป็นต้น	.....	.....	.....	.....	.....

กรุณาแสดงความคิดเห็นหรือข้อเสนอแนะอื่น ๆ ที่เกี่ยวกับทรัพยากรที่ใช้กับการดำเนินงานตามหลักสูตร ที่ควรปรับปรุงหรือเพิ่มเติม (โปรดระบุเป็นข้อ ๆ)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ตอนที่ 4 **ข้อคำถามเกี่ยวกับการประเมินด้านกระบวนการ :** การจัดการเรียนการสอนและการวัดผลการศึกษา

.....

คำชี้แจง การประเมินหลักสูตรวิทยาลัยชุมชน สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โปรแกรมวิชาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ ในด้านต่าง ๆ โดยพิจารณาตามเกณฑ์การประเมินว่าอยู่ในระดับมากน้อยเพียงใด โดยการทำเครื่องหมาย ✓ ลงในหมายเลขระดับความคิดเห็น ให้ตรงกับความเป็นจริงตามความคิดเห็นของท่าน ซึ่งมีหลักในการพิจารณาดังนี้

5 หมายถึง ท่านคิดว่ามีความเหมาะสมมากที่สุด

4 หมายถึง ท่านคิดว่ามีความเหมาะสมมาก

3 หมายถึง ท่านคิดว่ามีความเหมาะสม ปานกลาง

2 หมายถึง ท่านคิดว่ามีความเหมาะสมน้อย

1 หมายถึง ท่านคิดว่ามีความเหมาะสมน้อยที่สุด

ข้อที่	ข้อความ	ระดับความคิดเห็น				
		1	2	3	4	5
	การจัดการเรียนการสอน					
1.	นักศึกษาทราบคำอธิบายรายวิชาและขอบข่ายแต่ละวิชาชัดเจน	.....	.....	.....	.....	.....
2.	นักศึกษามีส่วนร่วมในการจัดการเรียนการสอน	.....	.....	.....	.....	.....
3.	อาจารย์ผู้สอนกำหนดวัตถุประสงค์การเรียนรู้ ขอบข่ายกิจกรรมการเรียนการสอน	.....	.....	.....	.....	.....
4.	อาจารย์ผู้สอนจัดการเรียนการสอนสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของหลักสูตร	.....	.....	.....	.....	.....
5.	อาจารย์ผู้สอนใช้สื่อในการสอนสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของหลักสูตร	.....	.....	.....	.....	.....
6.	อาจารย์ผู้สอนใช้เทคนิควิธีการสอนหลากหลายและทันสมัย	.....	.....	.....	.....	.....
7.	อาจารย์ผู้สอนใช้เทคนิควิธีการสอนสอดคล้องกับจุดประสงค์ของหลักสูตร	.....	.....	.....	.....	.....
8.	อาจารย์ผู้สอนจัดการเรียนการสอนได้เนื้อหาครบตามที่กำหนดไว้ในคำอธิบายรายวิชา	.....	.....	.....	.....	.....
9.	อาจารย์ผู้สอนมอบหมายงานให้นักศึกษาเรียนรู้การปฏิบัติงานอย่างเป็นขั้นตอน	.....	.....	.....	.....	.....
10.	อาจารย์ผู้สอนเปิดโอกาสให้นักศึกษาใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ฝึกปฏิบัติด้วยตนเองอย่างเหมาะสม	.....	.....	.....	.....	.....

ข้อที่	ข้อความ	ระดับความคิดเห็น				
		1	2	3	4	5
11.	กระบวนการเรียนการสอนส่งเสริมให้นักศึกษามีความรู้ความเข้าใจและสามารถแก้ปัญหา วิเคราะห์ปัญหาต่างๆ	.....	.....	.....	.....	.....
12.	การจัดกระบวนการเรียนการสอนให้กับนักศึกษาด้านวิชาชีพมีความสอดคล้องกับพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ.2542 มาตรา 22 ภาครัฐต้องส่งเสริมให้ผู้เรียนทุกคนมีโอกาสที่จะเรียนรู้และพัฒนาตนเองได้ตลอดชีวิต	.....	.....	.....	.....	.....
	การวัดผลการศึกษา					
13.	กระบวนการเรียนการสอนส่งเสริมให้นักศึกษาสามารถนำความรู้ทางด้านคอมพิวเตอร์ไปประยุกต์ใช้ในการปฏิบัติงานและพัฒนาต่ออาชีพในสภาพปัจจุบันได้อย่างมีประสิทธิภาพ	.....	.....	.....	.....	.....
14.	นักศึกษามีส่วนร่วมในการวัดและประเมินผลการศึกษา	.....	.....	.....	.....	.....
15.	นักศึกษามีส่วนร่วมในการประเมินกิจกรรมการเรียนการสอน	.....	.....	.....	.....	.....
16.	นักศึกษามีโอกาสประเมินตนเองก่อนและหลังการเรียนการสอน	.....	.....	.....	.....	.....
17.	อาจารย์ผู้สอนใช้วิธีการวัดและประเมินผลตามจุดประสงค์การเรียนรู้ของหลักสูตร ทั้งภาคทฤษฎีและภาคปฏิบัติ	.....	.....	.....	.....	.....
18.	อาจารย์ผู้สอนนำผลการวัดและประเมินผลมาวิเคราะห์และแก้ปัญหาต่าง ๆ ในโปรแกรมวิชาได้เหมาะสมกับสภาพความเป็นจริงในท้องถิ่น	.....	.....	.....	.....	.....
19.	ใช้วิธีการวัดและประเมินผลที่หลากหลายเหมาะสมกับเนื้อหาวิชา	.....	.....	.....	.....	.....
20	ใช้วิธีการวัดและประเมินผลที่หลากหลายในภาคปฏิบัติ	.....	.....	.....	.....	.....
21	ใช้วิธีการวัดและประเมินผลตามความเป็นจริง	.....	.....	.....	.....	.....
22	ใช้ผลการประเมินพัฒนาการเรียนการสอนได้อย่างเหมาะสม	.....	.....	.....	.....	.....
23	นักศึกษาใช้ผลการประเมินพัฒนาตนเองได้อย่างมีประสิทธิภาพ	.....	.....	.....	.....	.....

กรุณาแสดงความคิดเห็นหรือข้อเสนอแนะอื่น ๆ ที่เกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนและการวัดผลการศึกษาตามหลักสูตร ที่ควรปรับปรุงหรือเพิ่มเติม (โปรดระบุเป็นข้อ ๆ)

.....

.....

.....

ตอนที่ 5 **ข้อคำถามเกี่ยวกับการประเมินด้านผลผลิต :** คุณภาพของผู้สำเร็จการศึกษา

.....

คำชี้แจง การประเมินหลักสูตรวิทยาลัยชุมชน สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โปรแกรมวิชาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ ในด้านต่าง ๆ โดยพิจารณาตามเกณฑ์การประเมินว่าอยู่ในระดับมากน้อยเพียงใด โดยการทำเครื่องหมาย ✓ ลงในหมายเลขระดับความคิดเห็น ให้ตรงกับความเป็นจริงตามความคิดเห็นของท่าน ซึ่งมีหลักในการพิจารณาดังนี้

5 หมายถึง ท่านคิดว่ามีความเหมาะสมมากที่สุด

4 หมายถึง ท่านคิดว่ามีความเหมาะสมมาก

3 หมายถึง ท่านคิดว่ามีความเหมาะสมปานกลาง

2 หมายถึง ท่านคิดว่ามีความเหมาะสมน้อย

1 หมายถึง ท่านคิดว่ามีความเหมาะสมน้อยที่สุด

ข้อที่	ข้อความ	ระดับความคิดเห็น				
		1	2	3	4	5
	คุณลักษณะทั่วไป					
1.	มีความซื่อสัตย์สุจริต และความรับผิดชอบต่อหน้าที่ได้รับมอบหมาย	...	.....	.....	.....	.....
2.	มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ในงานที่ปฏิบัติ	...	.....	.....	.....	.....
3.	มีความรู้และทักษะในด้านปฏิบัติงานคอมพิวเตอร์ที่ถูกต้อง	...	.....	.....	.....	.....
4.	มีความรู้ความสามารถในการแก้ปัญหาต่าง ๆ ได้อย่างมีเหตุผล....	...	.....	.....	.....	.....
5.	มีความประพฤติและมารยาทเรียบร้อย	...	.....	.....	.....	.....
6.	เสียสละและอุทิศเวลาให้กับส่วนรวม	...	.....	.....	.....	.....
7.	เป็นผู้รู้จักคิด วิเคราะห์ และวิจารณ์อย่างมีเหตุผล	...	.....	.....	.....	.....
8.	มีมนุษยสัมพันธ์ที่ดี และสามารถทำงานร่วมกับผู้อื่น	...	.....	.....	.....	.....
	คุณลักษณะด้านวิชาชีพ					
9.	มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับระบบปฏิบัติการคอมพิวเตอร์	...	.....	.....	.....	.....
10.	มีความรู้และทักษะในการใช้งานระบบฐานข้อมูลและโปรแกรมการจัดการฐานข้อมูล	....	.....	.....	.....	.....
11.	มีทักษะในการประกอบตัวเครื่องคอมพิวเตอร์และติดตั้งโปรแกรมระบบปฏิบัติการลงในเครื่องคอมพิวเตอร์	...	.....	.....	.....	.....
12.	มีความรู้และทักษะการใช้งานโปรแกรมกราฟฟิกและโปรแกรมสื่อสิ่งพิมพ์	...	.....	.....	.....	.....
13.	สามารถนำความรู้ที่ได้ไปปรับปรุงพัฒนางานให้ดีขึ้น	...	.....	.....	.....	.....

กรุณาแสดงความคิดเห็นหรือข้อเสนอแนะอื่น ๆ ที่เกี่ยวกับคุณภาพของผู้สำเร็จการศึกษาตามหลักสูตร ที่ควรปรับปรุงหรือเพิ่มเติม (โปรดระบุเป็นข้อ ๆ)

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

ภาคผนวก ค

แบบสอบถามสำหรับผู้ทรงคุณวุฒิ

แบบสอบถามเพื่อการวิจัย

เรื่อง

การประเมินหลักสูตรวิทยาลัยชุมชน สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โปรแกรมวิชาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ

คำชี้แจง

1. แบบสอบถามนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความคิดเห็นของผู้เกี่ยวข้องกับหลักสูตรวิทยาลัยชุมชน สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โปรแกรมวิชาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ ในวิทยาลัยชุมชนจังหวัดและเครือข่าย สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา เพื่อนำผลการสำรวจเป็นข้อมูลสนับสนุนและเป็นประโยชน์สำหรับสถาบัน เพื่อการนำผลข้อมูลที่ได้จากท่าน ไปพัฒนาปรับปรุงการบริหารหลักสูตร การจัดกิจกรรมการเรียนการสอน ให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น และเป็นสารสนเทศอันเป็นประโยชน์สำหรับการวิจัยในโอกาสต่อไป

ผู้วิจัยได้แบ่งแบบสอบถามเป็น 3 ตอน คือ

ตอนที่ 1 สถานภาพทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

ตอนที่ 2 การประเมินด้านปัจจัยเบื้องต้น

ตอนที่ 3 การประเมินด้านผลผลิต

2. ผู้ตอบแบบสอบถาม **ผู้ทรงคุณวุฒิ** ข้อมูลที่ได้จากท่านมีความสำคัญและเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการวิจัยในครั้งนี้ จึงขอความอนุเคราะห์ท่านกรุณาให้ข้อมูลตามความเป็นจริงและครบถ้วน ทั้งนี้การนำผลเสนอเป็นภาพรวม ซึ่งไม่มีผลกระทบใด ๆ ต่อผู้ให้ข้อมูล และขอขอบพระคุณท่านเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

เสาวภาคย์ แก้วนพคุณ
นักศึกษาปริญญาโท สาขาวิชาหลักสูตรและการสอนอาชีวศึกษา
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ผู้วิจัย

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปสำหรับผู้ตอบแบบสอบถาม

.....

คำชี้แจง กรุณาใส่เครื่องหมาย ✓ หน้าข้อความที่เป็นความจริง

1. วุฒิทางการศึกษาสูงสุด
   - ☐ ต่ำกว่าปริญญาตรี ☐ ปริญญาตรี
   - ☐ ปริญญาโท ☐ ปริญญาเอก
   - ☐ อื่น ๆ (โปรดระบุ) .....
2. ขณะนี้ท่านประกอบอาชีพ
   - ☐ รับราชการ ☐ พนักงานรัฐวิสาหกิจ
   - ☐ พนักงานบริษัทเอกชน ☐ ประกอบอาชีพอิสระ
   - ☐ อื่น ๆ (โปรดระบุ) .....
3. ภูมิลำเนา
   - ☐ ภาคเหนือ ☐ ภาคกลาง
   - ☐ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ☐ ภาคใต้

ตอนที่ 2 **ข้อคำถามเกี่ยวกับการประเมินด้านปัจจัยเบื้องต้น :** ทรัพยากรที่ใช้ในการดำเนินการตามหลักสูตร

.....

คำชี้แจง การประเมินหลักสูตรวิทยาลัยชุมชน สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โปรแกรมวิชาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ ในด้านต่าง ๆ โดยพิจารณาตามเกณฑ์การประเมินว่าอยู่ในระดับมากน้อยเพียงใด โดยการทำเครื่องหมาย ✓ ลงในหมายเลขระดับความคิดเห็น ให้ตรงกับความเป็นจริงตามความคิดเห็นของท่าน ซึ่งมีหลักในการพิจารณาดังนี้

5 หมายถึง ท่านคิดว่ามีความเหมาะสมมากที่สุด

4 หมายถึง ท่านคิดว่ามีความเหมาะสมมาก

3 หมายถึง ท่านคิดว่ามีความเหมาะสม ปานกลาง

2 หมายถึง ท่านคิดว่ามีความเหมาะสมน้อย

1 หมายถึง ท่านคิดว่ามีความเหมาะสมน้อยที่สุด

ข้อที่	ข้อความ	ระดับความคิดเห็น				
		1	2	3	4	5
	ด้านอาจารย์ผู้สอน					
1.	ปริมาณอาจารย์มีมากเพียงพอกับรายวิชาที่เปิดสอน	.....	.....	.....	.....	.....
2.	ความรู้ความสามารถและชำนาญการในโปรแกรมวิชาที่สอน	.....	.....	.....	.....	.....
3.	เทคนิคในการถ่ายทอดวิชาความรู้	.....	.....	.....	.....	.....
4.	ความตั้งใจในการสอน	.....	.....	.....	.....	.....
5.	วิสัยทัศน์กว้างไกล	.....	.....	.....	.....	.....
6.	คุณธรรมและจริยธรรมที่เหมาะสม	.....	.....	.....	.....	.....
7.	การร่วมมือและประสานงานระหว่างอาจารย์ผู้สอนในรายวิชา	.....	.....	.....	.....	.....
8.	การพัฒนาเพิ่มพูนความรู้ ความสามารถให้ทันสมัย	.....	.....	.....	.....	.....
9.	การยอมรับฟังความคิดเห็นของนักศึกษา	.....	.....	.....	.....	.....
10.	การเอาใจใส่และให้ความช่วยเหลือ	.....	.....	.....	.....	.....
	ด้านนักศึกษา					
11.	ความรู้พื้นฐานด้านคอมพิวเตอร์เพียงพอกับการเรียนรู้ตามหลักสูตรนี้	.....	.....	.....	.....	.....
12.	ความสนใจในการเรียนรู้คอมพิวเตอร์ธุรกิจ	.....	.....	.....	.....	.....
13.	ความรับผิดชอบต่อตนเองและงานที่ได้รับมอบหมาย	.....	.....	.....	.....	.....
14.	ความตรงต่อเวลาในการเข้าเรียน	.....	.....	.....	.....	.....
15.	ความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ค้นคว้าหาความรู้เพิ่มเติม	.....	.....	.....	.....	.....
16.	มีเจตคติที่ดีต่ออาชีพในด้านคอมพิวเตอร์ธุรกิจ	.....	.....	.....	.....	.....

ข้อที่	ข้อความ	ระดับความคิดเห็น				
		1	2	3	4	5
	งบประมาณมีความเพียงพอ					
17.	สำหรับการซื้อเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ อุปกรณ์ต่อพ่วง ตลอดจนอุปกรณ์การเรียนการสอนอื่น ๆ	.....	.....	.....	.....	.....
18.	สำหรับการส่งเสริมสนับสนุน การฝึกอบรมการใช้อินเตอร์เน็ตทางวิชาการ	.....	.....	.....	.....	.....
19.	สำหรับจัดซื้อวัสดุฝึกของนักศึกษา	.....	.....	.....	.....	.....
	เอกสารตำรา					
20.	เอกสารและตำราประกอบการเรียนแต่ละรายวิชามีความทันสมัยและเหมาะสมกับสภาพการเรียนการสอน	.....	.....	.....	.....	.....
21.	วารสารและนิตยสารเกี่ยวกับคอมพิวเตอร์ที่ทันสมัยและเพียงพอกับความต้องการของนักศึกษา	.....	.....	.....	.....	.....
22.	จำนวนหนังสือและตำราเกี่ยวกับคอมพิวเตอร์ในห้องสมุดเพียงพอกับความต้องการของนักศึกษา	.....	.....	.....	.....	.....
	สื่อและอุปกรณ์					
23.	โปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยสอน (CAI)	.....	.....	.....	.....	.....
24.	สื่อและอุปกรณ์การเรียนการสอนในภาคทฤษฎีมีความสอดคล้องกับเนื้อหาสาระรายวิชา	.....	.....	.....	.....	.....
25.	สื่อและอุปกรณ์การเรียนการสอนในภาคปฏิบัติมีความสอดคล้องกับเนื้อหาสาระรายวิชา	.....	.....	.....	.....	.....
	อาคารสถานที่					
26.	การจัดห้องเรียนที่ใช้ในการเรียนภาคทฤษฎีมีความเหมาะสมกับเนื้อหาสาระรายวิชา	.....	.....	.....	.....	.....
27.	การจัดห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์มีความเหมาะสมกับเนื้อหาสาระรายวิชา	.....	.....	.....	.....	.....
28.	ห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์มีคอมพิวเตอร์ที่ทันสมัยและเพียงพอกับความต้องการของนักศึกษา	.....	.....	.....	.....	.....
29.	แหล่งศึกษาค้นคว้า ได้แก่ ห้องสมุด ห้องอินเตอร์เน็ต เปิดให้บริการและอำนวยความสะดวกต่อนักศึกษาอย่างเหมาะสม	.....	.....	.....	.....	.....
30.	สถานที่อำนวยความสะดวกอื่นๆ มีความเหมาะสม เช่น ห้องอาหาร ห้องสุขา มุมพักผ่อน ห้องธุรการ มุมวิชาการ เป็นต้น	.....	.....	.....	.....	.....

กรุณาแสดงความคิดเห็นหรือข้อเสนอแนะอื่น ๆ ที่เกี่ยวกับทรัพยากรที่ใช้กับการดำเนินงานตามหลักสูตร ที่ควรปรับปรุงหรือเพิ่มเติม (กรุณาระบุเป็นข้อ ๆ)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ตอนที่ 3 ข้อคำถามเกี่ยวกับการประเมินด้านผลผลิต : คุณภาพของผู้สำเร็จการศึกษา

.....

คำชี้แจง การประเมินหลักสูตรวิทยาลัยชุมชน สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โปรแกรมวิชาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ ในด้านต่าง ๆ โดยพิจารณาตามเกณฑ์การประเมินว่าอยู่ในระดับมากน้อยเพียงใด โดยการทำเครื่องหมาย ✓ ลงในหมายเลขระดับความคิดเห็น ให้ตรงกับความเป็นจริงตามความคิดเห็นของท่าน ซึ่งมีหลักในการพิจารณาดังนี้

5 หมายถึง ท่านคิดว่ามีความเหมาะสมมากที่สุด

4 หมายถึง ท่านคิดว่ามีความเหมาะสมมาก

3 หมายถึง ท่านคิดว่ามีความเหมาะสม ปานกลาง

2 หมายถึง ท่านคิดว่ามีความเหมาะสมน้อย

1 หมายถึง ท่านคิดว่ามีความเหมาะสมน้อยที่สุด

ข้อที่	ข้อความ	ระดับความคิดเห็น				
		1	2	3	4	5
	คุณลักษณะทั่วไป					
1.	มีความซื่อสัตย์สุจริต และความรับผิดชอบต่อหน้าที่ได้รับมอบหมาย	...	.....	.....	.....	.....
2.	มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ในงานที่ปฏิบัติ	...	.....	.....	.....	.....
3.	มีความรู้และทักษะในด้านปฏิบัติงานคอมพิวเตอร์ที่ถูกต้อง	...	.....	.....	.....	.....
4.	มีความรู้ความสามารถในการแก้ปัญหาต่าง ๆ ได้อย่างมีเหตุผล....	...	.....	.....	.....	.....
5.	มีความประพฤติและมารยาทเรียบร้อย	...	.....	.....	.....	.....
6.	เสียสละและอุทิศเวลาให้กับส่วนรวม	...	.....	.....	.....	.....
7.	เป็นผู้รู้จักคิด วิเคราะห์ และวิจารณ์อย่างมีเหตุผล	...	.....	.....	.....	.....
8.	มีมนุษยสัมพันธ์ที่ดี และสามารถทำงานร่วมกับผู้อื่น	...	.....	.....	.....	.....
	คุณลักษณะด้านวิชาชีพ					
9.	มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับระบบปฏิบัติการคอมพิวเตอร์	...	.....	.....	.....	.....
10.	มีความรู้และทักษะในการใช้งานระบบฐานข้อมูลและโปรแกรมการจัดการฐานข้อมูล	....	.....	.....	.....	.....
11.	มีทักษะในการประกอบตัวเครื่องคอมพิวเตอร์และติดตั้งโปรแกรมระบบปฏิบัติการลงในเครื่องคอมพิวเตอร์	...	.....	.....	.....	.....
12.	มีความรู้และทักษะการใช้งานโปรแกรมกราฟฟิกและโปรแกรมสื่อสิ่งพิมพ์	...	.....	.....	.....	.....
13.	สามารถนำความรู้ที่ได้ไปปรับปรุงพัฒนางานให้ดีขึ้น	...	.....	.....	.....	.....

กรุณาแสดงความคิดเห็นหรือข้อเสนอแนะอื่น ๆ ที่เกี่ยวกับคุณภาพของผู้สำเร็จการศึกษาตามหลักสูตร ที่ควรปรับปรุงหรือเพิ่มเติม (กรุณาระบุเป็นข้อ ๆ)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ภาคผนวก ง

แบบสอบถามสำหรับนักศึกษา

แบบสอบถามเพื่อการวิจัย

เรื่อง

การประเมินหลักสูตรวิทยาลัยชุมชน สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โปรแกรมวิชาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ

คำชี้แจง

1. แบบสอบถามนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความคิดเห็นของผู้เกี่ยวข้องกับหลักสูตรวิทยาลัยชุมชน สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โปรแกรมวิชาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ ในวิทยาลัยชุมชนจังหวัดและเครือข่าย สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา เพื่อนำผลการสำรวจเป็นข้อมูลสนับสนุนและเป็นประโยชน์สำหรับสถาบัน เพื่อการนำผลข้อมูลที่ได้จากท่าน ไปพัฒนาปรับปรุงการบริหารหลักสูตร การจัดกิจกรรมการเรียนการสอน ให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น และเป็นสารสนเทศอันเป็นประโยชน์สำหรับการวิจัยในโอกาสต่อไป

ผู้วิจัยได้แบ่งแบบสอบถามเป็น 3 ตอน คือ

ตอนที่ 1 สถานภาพทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

ตอนที่ 2 การประเมินด้านปัจจัยเบื้องต้น

ตอนที่ 3 การประเมินด้านกระบวนการ

2. ผู้ตอบแบบสอบถาม **นักศึกษา** ข้อมูลที่ได้จากท่านมีความสำคัญและเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการวิจัยในครั้งนี้ จึงขอความอนุเคราะห์ท่านกรุณาให้ข้อมูลตามความเป็นจริงและครบถ้วน ทั้งนี้การนำผลเสนอเป็นภาพรวม ซึ่งไม่มีผลกระทบใด ๆ ต่อผู้ให้ข้อมูล และขอขอบพระคุณท่านเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

เสาวภาคย์ แก้วนพคุณ
นักศึกษาปริญญาโท สาขาวิชาหลักสูตรและการสอนอาชีวศึกษา
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ผู้วิจัย

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปสำหรับผู้ตอบแบบสอบถาม

.....

คำชี้แจง กรุณาใส่เครื่องหมาย ✓ หน้าข้อความที่เป็นความจริง

1. เพศ

   ☐ ชาย ☐ หญิง

2. อายุ

   ☐ ระหว่าง 15 -2 5 ปี ☐ ระหว่าง 26 - 35 ปี

   ☐ ระหว่าง 36 - 45 ปี ☐ อื่น ๆ (โปรดระบุ).....

3. วุฒิทางการศึกษาสูงสุด

   ☐ มัธยมศึกษาตอนปลายสายสามัญ ☐ มัธยมศึกษาตอนปลายสายวิชาชีพ

   ☐ อื่น ๆ (โปรดระบุ) .....

4. เหตุผลที่ท่านเลือกเรียนสาขา / วิชานี้

   ☐ หางานง่าย ☐ สนใจในสาขา / วิชานี้

   ☐ ผู้ปกครองต้องการให้เรียน ☐ ทำงานในสาขา / วิชานี้อยู่แล้ว

   ☐ อื่น ๆ (โปรดระบุ) .....

5. ภูมิลำเนา

   ☐ ภาคเหนือ ☐ ภาคกลาง

   ☐ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ☐ ภาคใต้

ตอนที่ 2 **ข้อคำถามเกี่ยวกับการประเมินด้านปัจจัยเบื้องต้น : ทรัพยากรที่ใช้ในการดำเนินการตามหลักสูตร**

.....

คำชี้แจง การประเมินหลักสูตรวิทยาลัยชุมชน สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โปรแกรมวิชาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ ในด้านต่าง ๆ โดยพิจารณาตามเกณฑ์การประเมินว่าอยู่ในระดับมากน้อยเพียงใด โดยการทำเครื่องหมาย ✓ ลงในหมายเลขระดับความคิดเห็น ให้ตรงกับความเป็นจริงตามความคิดเห็นของท่าน ซึ่งมีหลักในการพิจารณาดังนี้

5 หมายถึง ท่านคิดว่ามีความเหมาะสมมากที่สุด

4 หมายถึง ท่านคิดว่ามีความเหมาะสมมาก

3 หมายถึง ท่านคิดว่ามีความเหมาะสมปานกลาง

2 หมายถึง ท่านคิดว่ามีความเหมาะสมน้อย

1 หมายถึง ท่านคิดว่ามีความเหมาะสมน้อยที่สุด

ข้อที่	ข้อความ	ระดับความคิดเห็น				
		1	2	3	4	5
	ด้านอาจารย์ผู้สอน					
1.	ปริมาณอาจารย์มีมากเพียงพอกับรายวิชาที่เปิดสอน	.....	.....	.....	.....	.....
2.	ความรู้ความสามารถและชำนาญการในโปรแกรมวิชาที่สอน	.....	.....	.....	.....	.....
3.	เทคนิคในการถ่ายทอดวิชาความรู้	.....	.....	.....	.....	.....
4.	ความตั้งใจในการสอน	.....	.....	.....	.....	.....
5.	วิสัยทัศน์กว้างไกล	.....	.....	.....	.....	.....
6.	คุณธรรมและจริยธรรมที่เหมาะสม	.....	.....	.....	.....	.....
7.	การร่วมมือและประสานงานระหว่างอาจารย์ผู้สอนในรายวิชา	.....	.....	.....	.....	.....
8.	การพัฒนาเพิ่มพูนความรู้ ความสามารถให้ทันสมัย	.....	.....	.....	.....	.....
9.	การยอมรับฟังความคิดเห็นของนักศึกษา	.....	.....	.....	.....	.....
10.	การเอาใจใส่และให้ความช่วยเหลือ	.....	.....	.....	.....	.....
	ด้านนักศึกษา					
11.	ความรู้พื้นฐานด้านคอมพิวเตอร์เพียงพอกับการเรียนรู้ตามหลักสูตรนี้	.....	.....	.....	.....	.....
12.	ความสนใจในการเรียนรู้คอมพิวเตอร์ธุรกิจ	.....	.....	.....	.....	.....
13.	ความรับผิดชอบต่อตนเองและงานที่ได้รับมอบหมาย	.....	.....	.....	.....	.....
14.	ความตรงต่อเวลาในการเข้าเรียน	.....	.....	.....	.....	.....
15.	ความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ค้นคว้าหาความรู้เพิ่มเติม	.....	.....	.....	.....	.....
16.	มีเจตคติที่ดีต่ออาชีพในด้านคอมพิวเตอร์ธุรกิจ	.....	.....	.....	.....	.....

ข้อที่	ข้อความ	ระดับความคิดเห็น				
		1	2	3	4	5
	งบประมาณมีความเพียงพอ					
17.	สำหรับการจัดซื้อเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ อุปกรณ์ต่อพ่วง ตลอดจนอุปกรณ์การเรียนการสอนอื่น ๆ	.....	.....	.....	.....	.....
18.	สำหรับการส่งเสริมสนับสนุน การฝึกอบรมการใช้อินเตอร์เน็ตทางวิชาการ	.....	.....	.....	.....	.....
19.	สำหรับจัดซื้อวัสดุฝึกปฏิบัติสำหรับนักศึกษา	.....	.....	.....	.....	.....
	เอกสารตำรา					
20.	เอกสารและตำราประกอบการเรียนแต่ละรายวิชามีความทันสมัยและเหมาะสมกับสภาพการเรียนการสอน	.....	.....	.....	....	.....
21.	วารสารและนิตยสารเกี่ยวกับคอมพิวเตอร์ที่ทันสมัยและเพียงพอกับความต้องการของนักศึกษา	.....	.....	.....	.....	.....
22.	จำนวนหนังสือและตำราเกี่ยวกับคอมพิวเตอร์ในห้องสมุดเพียงพอกับความต้องการของนักศึกษา	.....	.....	....	.....	.....
	สื่อและอุปกรณ์					
23.	โปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยสอน (CAI)	.....	.....	.....	.....	.....
24.	สื่อและอุปกรณ์การเรียนการสอนในภาคทฤษฎีมีความสอดคล้องกับเนื้อหาสาระรายวิชา	.....	.....	.....	.....	.....
25.	สื่อและอุปกรณ์การเรียนการสอนในภาคปฏิบัติมีความสอดคล้องกับเนื้อหาสาระรายวิชา	.....	.....	.....	.....	.....
	อาคารสถานที่					
26.	การจัดห้องเรียนที่ใช้ในการเรียนภาคทฤษฎีมีความเหมาะสมกับเนื้อหาสาระรายวิชา	.....	.....	.....	.....	.....
27.	การจัดห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์มีความเหมาะสมกับเนื้อหาสาระรายวิชา	.....	.....	.....	.....	.....
28.	ห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์มีคอมพิวเตอร์ที่ทันสมัยและเพียงพอกับความต้องการของนักศึกษา	.....	.....	.....	.....	.....
29.	แหล่งศึกษาค้นคว้าได้แก่ ห้องสมุด ห้องอินเตอร์เน็ตเปิดให้บริการและอำนวยความสะดวกต่อนักศึกษาอย่างเหมาะสม	.....	.....	.....	.....	.....
30.	สถานที่อำนวยความสะดวกอื่นๆ มีความเหมาะสม เช่น ห้องอาหาร ห้องสุขา มุมพักผ่อน ห้องธุรการ มุมวิชาการ เป็นต้น	.....	.....	.....	.....	.....

กรุณาแสดงความคิดเห็นหรือข้อเสนอแนะอื่น ๆ ที่เกี่ยวกับทรัพยากรที่ใช้กับการดำเนินงานตามหลักสูตร ที่ควรปรับปรุงหรือเพิ่มเติม (กรุณาระบุเป็นข้อ ๆ)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ตอนที่ 3 **ข้อคำถามเกี่ยวกับการประเมินด้านกระบวนการ :** การจัดการเรียนการสอนและการวัดผลการศึกษา

.....

คำชี้แจง การประเมินหลักสูตรวิทยาลัยชุมชน สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โปรแกรมวิชาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ ในด้านต่าง ๆ โดยพิจารณาตามเกณฑ์การประเมินว่าอยู่ในระดับมากน้อยเพียงใด โดยการทำเครื่องหมาย ✓ ลงในหมายเลขระดับความคิดเห็น ให้ตรงกับความเป็นจริงตามความคิดเห็นของท่าน ซึ่งมีหลักในการพิจารณาดังนี้

5 หมายถึง ท่านคิดว่ามีความเหมาะสมมากที่สุด

4 หมายถึง ท่านคิดว่ามีความเหมาะสมมาก

3 หมายถึง ท่านคิดว่ามีความเหมาะสมปานกลาง

2 หมายถึง ท่านคิดว่ามีความเหมาะสมน้อย

1 หมายถึง ท่านคิดว่ามีความเหมาะสมน้อยที่สุด

ข้อที่	ข้อความ	ระดับความคิดเห็น				
		1	2	3	4	5
	การจัดการเรียนการสอน					
1.	นักศึกษาทราบคำอธิบายรายวิชาและขอบข่ายแต่ละวิชาชัดเจน	.....	.....	.....	.....	.....
2.	นักศึกษามีส่วนร่วมในการจัดการเรียนการสอน	.....	.....	.....	.....	.....
3.	อาจารย์ผู้สอนกำหนดวัตถุประสงค์การเรียนรู้ ขอบข่ายกิจกรรมการเรียนการสอน	.....	.....	.....	.....	.....
4.	อาจารย์ผู้สอนจัดการเรียนการสอนสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของหลักสูตร	.....	.....	.....	.....	.....
5.	อาจารย์ผู้สอนใช้สื่อในการสอนสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของหลักสูตร	.....	.....	.....	.....	.....
6.	อาจารย์ผู้สอนใช้เทคนิควิธีการสอนหลากหลายและทันสมัย	.....	.....	.....	.....	.....
7.	อาจารย์ผู้สอนใช้เทคนิควิธีการสอนสอดคล้องกับจุดประสงค์ของหลักสูตร	.....	...	.....	....	.....
8.	อาจารย์ผู้สอนจัดการเรียนการสอนได้เนื้อหาครบตามที่กำหนดไว้ในคำอธิบายรายวิชา	.....	.....	.....	....	.....
9.	อาจารย์ผู้สอนมอบหมายงานให้นักศึกษาเรียนรู้การปฏิบัติงานอย่างเป็นขั้นตอน	.....	.....	.....	.....	.....
10.	อาจารย์ผู้สอนเปิดโอกาสให้นักศึกษาใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ฝึกปฏิบัติด้วยตนเองอย่างเหมาะสม	.....	.....	.....	.....	.....

ข้อที่	ข้อความ	ระดับความคิดเห็น				
		1	2	3	4	5
11.	กระบวนการเรียนการสอนส่งเสริมให้นักศึกษามีความรู้ความเข้าใจและสามารถแก้ปัญหา วิเคราะห์ปัญหาต่างๆ	.....	.....	.....	.....	.....
12.	การจัดกระบวนการเรียนการสอนให้กับนักศึกษาด้านวิชาชีพมีความสอดคล้องกับพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ.2542 มาตรา 22 ภาครัฐต้องส่งเสริมให้ผู้เรียนทุกคนมีโอกาสที่จะเรียนรู้และพัฒนาตนเองได้ตลอดชีวิต	.....	.....	.....	.....	.....
	การวัดผลการศึกษา					
13.	กระบวนการเรียนการสอนส่งเสริมให้นักศึกษาสามารถนำความรู้ทางด้านคอมพิวเตอร์ไปประยุกต์ใช้ในการปฏิบัติงานและพัฒนาต่ออาชีพในสภาพปัจจุบันได้อย่างมีประสิทธิภาพ	.....	.....	.....	.....	.....
14.	นักศึกษามีส่วนร่วมในการวัดและประเมินผลการศึกษา	.....	.....	.....	.....	.....
15.	นักศึกษามีส่วนร่วมในการประเมินกิจกรรมการเรียนการสอน	.....	.....	.....	.....	.....
16.	นักศึกษามีโอกาสประเมินตนเองก่อนและหลังการเรียนการสอน	.....	.....	.....	.....	.....
17.	อาจารย์ผู้สอนใช้วิธีการวัดและประเมินผลตามจุดประสงค์การเรียนรู้ของหลักสูตร ทั้งภาคทฤษฎีและภาคปฏิบัติ	.....	.....	.....	.....	.....
18.	อาจารย์ผู้สอนนำผลการวัดและประเมินผลมาวิเคราะห์และแก้ปัญหาต่าง ๆ ในโปรแกรมวิชาได้เหมาะสมกับสภาพความเป็นจริงในท้องถิ่น	.....	.....	.....	.....	...
19.	ใช้วิธีการวัดและประเมินผลที่หลากหลายเหมาะสมกับเนื้อหาวิชา	.....	.....	.....	.....	.....
20	ใช้วิธีการวัดและประเมินผลที่หลากหลายในภาคปฏิบัติ	.....	.....	.....	.....	.....
21	ใช้วิธีการวัดและประเมินผลตามสภาพความเป็นจริง	.....	.....	.....	.....	.....
22	ใช้ผลการประเมินพัฒนาการเรียนการสอนได้อย่างเหมาะสม	.....	.....	.....	.....	.....
23	นักศึกษาใช้ผลการประเมินพัฒนาตนเองได้อย่างมีประสิทธิภาพ	.....	.....	.....	.....	.....

กรุณาแสดงความคิดเห็นหรือข้อเสนอแนะอื่น ๆ ที่เกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนและการวัดผลการศึกษาตามหลักสูตร ที่ควรปรับปรุงหรือเพิ่มเติม (โปรดระบุเป็นข้อ ๆ)

.....

.....

.....

ภาคผนวก จ

แบบสอบถามสำหรับผู้สำเร็จการศึกษา

แบบสอบถามเพื่อการวิจัย

เรื่อง

การประเมินหลักสูตรวิทยาลัยชุมชน สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โปรแกรมวิชาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ

คำชี้แจง

1. แบบสอบถามนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความคิดเห็นของผู้เกี่ยวข้องกับหลักสูตรวิทยาลัยชุมชน สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โปรแกรมวิชาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ ในวิทยาลัยชุมชนจังหวัดและเครือข่าย สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา เพื่อนำผลการสำรวจเป็นข้อมูลสนับสนุนและเป็นประโยชน์สำหรับสถาบัน เพื่อการนำผลข้อมูลที่ได้จากท่าน ไปพัฒนาปรับปรุงการบริหารหลักสูตร การจัดกิจกรรมการเรียนการสอน ให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น และเป็นสารสนเทศอันเป็นประโยชน์สำหรับการวิจัยในโอกาสต่อไป

ผู้วิจัยได้แบ่งแบบสอบถามเป็น 2 ตอน คือ

ตอนที่ 1 สถานภาพทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

ตอนที่ 2 การประเมินด้านผลผลิต

2. ผู้ตอบแบบสอบถาม **ผู้สำเร็จการศึกษา** ข้อมูลที่ได้จากท่านมีความสำคัญและเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการวิจัยในครั้งนี้ จึงขอความอนุเคราะห์ท่านกรุณาให้ข้อมูลตามความเป็นจริงและครบถ้วน ทั้งนี้การนำผลเสนอเป็นภาพรวม ซึ่งไม่มีผลกระทบใด ๆ ต่อผู้ให้ข้อมูล และขอขอบพระคุณท่านเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

เสาวภาคย์ แก้วนพคุณ
นักศึกษาปริญญาโท สาขาวิชาหลักสูตรและการสอนอาชีวศึกษา
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ผู้วิจัย

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปสำหรับผู้ตอบแบบสอบถาม

.....

คำชี้แจง กรุณาใส่เครื่องหมาย ✓ หน้าข้อความที่เป็นความจริง

1. เพศ

   ☐ ชาย ☐ หญิง

2. ประสบการณ์ในการทำงาน

   ☐ ระหว่าง 1 - 5 ปี ☐ ระหว่าง 6 - 10 ปี

   ☐ ระหว่าง 11 - 15 ปี ☐ มากกว่า 15 ปีขึ้นไป

3. ขณะนี้ท่านประกอบอาชีพ

   ☐ รับราชการ ☐ พนักงานรัฐวิสาหกิจ

   ☐ พนักงานบริษัทเอกชน ☐ ประกอบอาชีพอิสระ

   ☐ อื่น ๆ (โปรดระบุ).....

4. ภูมิลำเนา

   ☐ ภาคเหนือ ☐ ภาคกลาง

   ☐ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ☐ ภาคใต้

ตอนที่ 2 ข้อคำถามเกี่ยวกับการประเมินด้านผลผลิต : คุณภาพของผู้สำเร็จการศึกษา

.....

คำชี้แจง การประเมินหลักสูตรวิทยาลัยชุมชน สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โปรแกรมวิชาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ ในด้านต่าง ๆ โดยพิจารณาตามเกณฑ์การประเมินว่าอยู่ในระดับมากน้อยเพียงใด โดยการทำเครื่องหมาย ✓ ลงในหมายเลขระดับความคิดเห็น ให้ตรงกับความเป็นจริงตามความคิดเห็นของท่าน ซึ่งมีหลักในการพิจารณาดังนี้

5 หมายถึง ท่านคิดว่ามีความเหมาะสมมากที่สุด

4 หมายถึง ท่านคิดว่ามีความเหมาะสมมาก

3 หมายถึง ท่านคิดว่ามีความเหมาะสม ปานกลาง

2 หมายถึง ท่านคิดว่ามีความเหมาะสมน้อย

1 หมายถึง ท่านคิดว่ามีความเหมาะสมน้อยที่สุด

ข้อที่	ข้อความ	ระดับความคิดเห็น				
		1	2	3	4	5
	คุณลักษณะทั่วไป					
1.	มีความซื่อสัตย์สุจริต และความรับผิดชอบต่อหน้าที่ได้รับมอบหมาย	...	.....	.....	.....	.....
2.	มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ในงานที่ปฏิบัติ	...	.....	.....	.....	.....
3.	มีความรู้และทักษะในด้านปฏิบัติงานคอมพิวเตอร์ที่ถูกต้อง	...	.....	.....	.....	.....
4.	มีความรู้ความสามารถในการแก้ปัญหาต่าง ๆ ได้อย่างมีเหตุผล....	...	.....	.....	.....	.....
5.	มีความประพฤติและมารยาทเรียบร้อย	...	.....	.....	.....	.....
6.	เสียสละและอุทิศเวลาให้กับส่วนรวม	...	.....	.....	.....	.....
7.	เป็นผู้รู้จักคิด วิเคราะห์ และวิจารณ์อย่างมีเหตุผล	...	.....	.....	.....	.....
8.	มีมนุษยสัมพันธ์ที่ดี และสามารถทำงานร่วมกับผู้อื่น	...	.....	.....	.....	.....
	คุณลักษณะด้านวิชาชีพ					
9.	มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับระบบปฏิบัติการคอมพิวเตอร์	...	.....	.....	.....	.....
10.	มีความรู้และทักษะในการใช้งานระบบฐานข้อมูลและโปรแกรมการจัดการฐานข้อมูล	....	.....	.....	.....	.....
11.	มีทักษะในการประกอบตัวเครื่องคอมพิวเตอร์และติดตั้งโปรแกรมระบบปฏิบัติการลงในเครื่องคอมพิวเตอร์	...	.....	.....	.....	.....
12.	มีความรู้และทักษะการใช้งานโปรแกรมกราฟฟิกและโปรแกรมสื่อสิ่งพิมพ์	...	.....	.....	.....	.....
13.	สามารถนำความรู้ที่ได้ไปปรับปรุงพัฒนางานให้ดีขึ้น	...	.....	.....	.....	.....

กรุณาแสดงความคิดเห็นหรือข้อเสนอแนะอื่น ๆ ที่เกี่ยวกับคุณภาพของผู้สำเร็จการศึกษาตามหลักสูตร ที่ควรปรับปรุงหรือเพิ่มเติม (กรุณาระบุเป็นข้อ ๆ)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

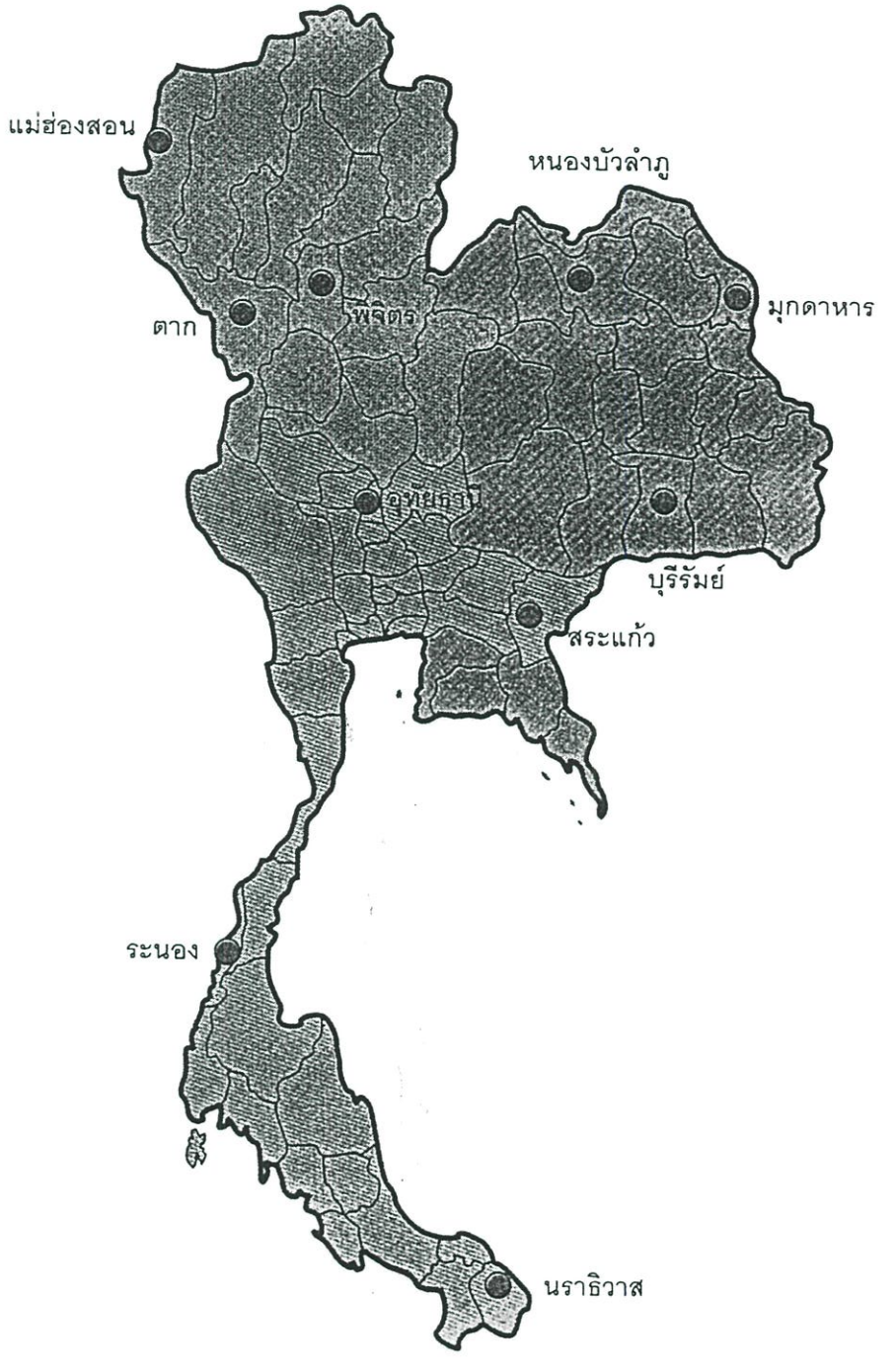
.....

ภาคผนวก ฉ

สถานที่ตั้งวิทยาลัยชุมชน

สถานที่ตั้งวิทยาลัยชุมชน

1. ศูนย์การศึกษานอกโรงเรียนจังหวัดแม่ฮ่องสอน
2. ศูนย์การศึกษานอกโรงเรียนจังหวัดตาก
3. วิทยาลัยการอาชีพโพทะเลจังหวัดพิจิตร
4. วิทยาลัยการอาชีพบ้านไร่จังหวัดอุทัยธานี
5. ศูนย์การศึกษานอกโรงเรียนจังหวัดบุรีรัมย์
6. ศูนย์การศึกษานอกโรงเรียนจังหวัดมุกดาหาร
7. วิทยาลัยเทคนิคหนองบัวลำภู
8. ศูนย์ฝึกและพัฒนาการอาชีพราษฎรไทยบริเวณชายแดนจังหวัดสระแก้ว
9. ศูนย์การศึกษานอกโรงเรียนจังหวัดระนอง
10. ศูนย์การศึกษานอกโรงเรียนจังหวัดนราธิวาส



ประวัติผู้เขียน

ชื่อ – สกุล	เสาวภาคย์ แก้วนพคุณ
วัน เดือน ปีเกิด	29 ตุลาคม 2500
สถานที่เกิด	เขตดุสิต กรุงเทพมหานคร
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	209/24 หมู่ที่ 2 แขวงทุ่งสองห้อง ถนนแจ้งวัฒนะ เขตหลักสี่ กรุงเทพฯ. 10210.
สถานที่ทำงาน	สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมสวัสดิการและสวัสดิภาพครูและบุคลากรทางการศึกษา 128/1 ถนนราชสีมา เขตดุสิต กรุงเทพฯ. 10300.
ตำแหน่ง	เจ้าหน้าที่บริหารงานทั่วไป 5 ระดับ 5
ประวัติการศึกษา	ปีการศึกษา 2519 สำเร็จการศึกษามัธยมศึกษาปีที่ 5 จากโรงเรียนสามเสนวิทยาลัย ปีการศึกษา 2534 สำเร็จการศึกษาคณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช