การพัฒนากากเบียร์เป็นแผ่นวัสดุทดแทนไม้

DEVELOPING OF SPENT GRAINS FROM BEER FACTORY FOR COMPOSITE BOARD

คัมภีร์ นนทราช

KUMPEE NONTARACH

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต

สาขาวิชาเทคโนโลยีเฟอร์นิเจอร์อุตสาหกรรม

บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2550

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การพัฒนากากเบียร์เป็นแผ่นวัสดุทดแทนไม้

DEVELOPING OF SPENT GRAINS FROM BEER FACTORY FOR COMPOSITE BOARD

คัมภีร์ นนทราช

KUMPEE NONTARACH

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 74881
วัน,เดือน,ปี 15 ต.ค. 2550

.b.....
.i.....

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต

สาขาวิชาเทคโนโลยีผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2550

DEVELOPING OF SPENT GRAINS FROM BEER FACTORY FOR COMPOSITE BOARD

KUMPEE NONTARACH

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILMENT

OF THE REQUIREMENT OF THE DEGREE OF MASTER

OF INDUSTEIAL EDUCATION PROGRAMING

INDUSTRIAL DESIGN TECHNOLOGY

SCHOOL OF GRADUATE STUDIES

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKABANG

2007

CORYRIGHT 2007

SCHOOL OF GRADUATE STUDIES

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองวิทยานิพนธ์

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การพัฒนากากเบียร์เป็นแผ่นวัสดุทดแทนไม้

Developing of Spent Grains from Beer Factory for Composite Board

ชื่อนักศึกษา นายคัมภีร์ นนทราช

รหัสประจำตัว 47065363

ปริญญา ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต

สาขาวิชา เทคโนโลยีผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ รศ.อุดมศักดิ์ สาริบุตร

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม นายวรธรรม อุ่นจิตติชัย

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์		ลายมือชื่อ
รศ.สถาพร	ดีบุญมี ณ ชุมแพ	
ผศ.ดร.เลิศลักษณ์	กลิ่นหอม	
รศ.อุดมศักดิ์	สาริบุตร	
นายวรธรรม	อุ่นจิตติชัย	
ผศ.ศิริพรณ์	ปีเตอร์	

วัน / เดือน / ปี ที่สอบ 16 กุมภาพันธ์ 2550 เวลา 09.00 น. เป็นต้นไป

สถานที่สอบ ณ ห้องเรียนปริญญาเอก คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

บัณฑิตวิทยาลัยรับรองแล้ว

(ผศ.ดร.จารุวัตร เจริญสุข)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ 28 **เดือน** มีนาคม **พ.ศ.** 2550

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การพัฒนากากเบียร์เป็นแผ่นวัสดุทดแทนไม้
นักศึกษา นายคัมภีร์ นนทราช
รหัสประจำตัว 47065363
ปริญญา ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต
พ.ศ. 2550
สาขาวิชา เทคโนโลยีผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์อุดมศักดิ์ สาริบุตร
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม อาจารย์วรธรรม อุ่นจิตติชัย

บทคัดย่อ

การวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้ด้วยกากเบียร์ โดยนำกากเบียร์ที่เหลือจากกระบวนการผลิตเบียร์ในโรงงานอุตสาหกรรมมาแปรสภาพให้เกิดประโยชน์เพิ่มขึ้น โดยการนำกากเบียร์มาอัดเป็นแผ่นประกอบทดแทนไม้ ซึ่งใช้กาวยูเรีย-ฟอร์มัลดีไฮด์เป็นวัสดุประสาน โดยกำหนดเปอร์เซ็นต์ส่วนผสมกาวที่แตกต่างกัน คือ 7% , 10% , 13% และ 16% และทำการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกลของแผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ได้จากกากเบียร์ ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง (มอก.966-2533) และสรุปแนวทางการนำวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้ด้วยกากเบียร์ไปใช้งานได้ตรงตามคุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกลที่ได้จากการทดสอบ 5 ด้าน คือ ความหนาแน่น , ด้านความชื้น , ด้านความต้านแรงดัด , ด้านความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า และ ด้านการดูดซึมความชื้นและขยายตัวตามความหนา

ผลการวิจัยสรุปว่า

1. แผ่นประกอบทดแทนไม้ที่ผลิตจากกากเบียร์ มีผลการทดสอบไม่อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง (มอก.966-2533)

2. แนวทางการนำวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้ที่ได้จากกากเบียร์ไปใช้งานให้ตรงตามคุณสมบัติทางกายภาพ และเชิงกลที่ได้จากการทดสอบ สามารถสรุปแนวทางได้ คือ คุณสมบัติของแผ่นประกอบที่ได้จากกากเบียร์ไม่เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง (มอก.966-2533) แต่มีคุณสมบัติที่ใกล้เคียงและสามารถนำมาแปรสภาพเป็นวัสดุตกแต่งที่มีสภาพเทียบเคียงผิวไม้อัด หรืออุปกรณ์ที่ไม่ต้องการรับแรงเชิงกลมากนัก เช่น ผลิตภัณฑ์จำพวกของตกแต่ง อย่างเช่น กรอบรูป กล่องใส่นามบัตร ชิ้นส่วนเสริมงานเฟอร์นิเจอร์ประเภทงานกรุฯลฯ

Thesis Title	Developing of Spent Grains from Beer Factory of Composite Board
Student	Mr. Kumpee Nontarach
Student ID.	47065363
Degree	Master of Science in Industrial Education
Program	Industrial Design Technology
Year	2007
Thesis Advisor	Associate Prof. Udomsak Saributr
Thesis Co-Advisor	Woratham Oonjittichai

ABSTRACT

The purpose of this research were to develop composite boards using pulps from spent grains. Which use beer waste from the production of beer factory for transmutes and the advantage to more.

By compressing paying back the wood. The percentage ratios of beer waste and urea formaldehyde were 7% , 10% , 13% and 16% . To test about physically and mechanically tested based on the standard for fiberboards medium density fiberboards (Standard 966-2533) of five dimensions : Density , Moisture Content , Bending Strength , Tension Perpendicular to Surface and Water Absorption and Swelling. And summarize the trend to the work.

The findings were as following :

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

2. The developed product there was the trigger close to Medium Density Fiberboard , But dit not meet those of the standard industrial plywood product. Which can bring to transmute is the inventory decorate that deny exceed wildly such as the decorate products for example , picture frame , a box card , the furniture component.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จได้ด้วยความอนุเคราะห์จาก รองศาสตราจารย์อุดมศักดิ์ สาริบุตร อาจารย์ ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ อาจารย์วรธรรม อุ่นจิตติชัย อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่ได้ให้ความกรุณาให้คำแนะนำ ให้ความช่วยเหลือและตรวจสอบ ปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ จนงานวิจัยนี้สำเร็จได้อย่างสมบูรณ์ ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในความกรุณา และขอขอบพระคุณอย่างสูง

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เลิศลักษณ์ กลิ่นหอม รองศาสตราจารย์สถาพร ดีบุญมี ณ ชุมแพ และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ศิริพรณ์ ปีเตอร์ ที่ให้คำแนะนำในการแก้ไขข้อบกพร่อง รวมถึงประสาทความรู้ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการค้นคว้าวิจัยซึ่งเป็นแนวทางในการจัดทำวิทยานิพนธ์นี้จนประสบความสำเร็จ และ อาจารย์ทุกท่าน ที่ได้ประสิทธิ์ประสาทความรู้ ตลอดจนความรู้ต่างๆ ที่ก่อให้เกิดประโยชน์ต่อการศึกษาค้นคว้า และเป็นแนวทางในการวิจัยครั้งนี้

ขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่กลุ่มอุตสาหกรรมวัสดุทดแทนไม้ สำนักวิจัยการจัดการป่าไม้และผลิตผลป่าไม้ กรมป่าไม้ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ที่ช่วยให้คำแนะนำและอำนวยความสะดวกระหว่างการเข้าปฏิบัติการผลิตวัสดุทดแทนไม้

ขอขอบพระคุณผู้อำนวยการฝ่ายเทคนิค และหัวหน้าแผนกเทคโนโลยีผลิตภัณฑ์ บริษัท เบียร์ทิพย์ บริวเวอรี่ (1991) จำกัด ที่ให้ความรู้ในกระบวนการการผลิตเบียร์ และ ให้ความอนุเคราะห์ด้านวัตถุดิบให้สามารถจัดทำวิทยานิพนธ์นี้จนสำเร็จ

ขอขอบพระคุณบริษัท ซินเท็ค คอนสตรัคชั่น จำกัด (มหาชน) ที่เปิดโอกาสและให้เวลาอันสำคัญยิ่งในการศึกษาและจัดทำวิทยานิพนธ์นี้จนสำเร็จด้วยดี

ขอขอบพระคุณ คุณพ่อขอขอบพระคุณ คุณแม่ ที่เป็นที่เคารพรักยิ่ง และภรรยาผู้เป็นกำลังใจในการศึกษา รวมถึงพี่น้องและญาติอันเป็นที่รักสำหรับกำลังใจและการสนับสนุนในทุกๆ เรื่อง

ขอขอบคุณเพื่อนๆ และและบุคคลที่ผู้วิจัยไม่ได้กล่าวมาไว้ในที่นี้ ที่ให้การสนับสนุนตลอดจนให้ความช่วยเหลือในด้านต่างๆ

คุณค่าและประโยชน์ใดๆ ที่มีผลต่องานวิจัยนี้ ผู้วิจัยขอมอบแด่ คุณพ่อ คุณแม่ และครู-อาจารย์ ทุกท่าน ด้วยความเคารพยิ่ง

คัมภีร์ นนทราช

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ II

กิตติกรรมประกาศ.....III

สารบัญ IV

สารบัญตาราง.....VII

สารบัญรูป.....X

บทที่1 บทนำ 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....1

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....2

1.3 กรอบแนวคิดที่ใช้ในการวิจัย.....2

1.4 ขอบเขตของการวิจัย.....2

1.5 นิยามศัพท์เฉพาะที่ใช้ในการวิจัย.....3

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 4

2.1 ข้อมูลเกี่ยวกับการผลิตเบียร์.....4

2.2 แผ่นประกอบ.....8

2.3 แผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง.....10

2.4 มาตรฐานการทดสอบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นใยไม้อัดความหนาปานกลาง.....10

2.5 การพัฒนาแผ่นวัสดุอัด 13

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....21

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย ..... .24

3.1 การกำหนดผลิตภัณฑ์ที่พัฒนา..... 24

3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย..... 24

3.3 การพัฒนาแผ่นประกอบทดแทนไม้..... 25

3.4 สถานที่ดำเนินการวิจัย.....29

3.5 การเก็บรวบรวมข้อมูล.....30

3.6 การวิเคราะห์ข้อมูล 30

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล ..... .32

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายและข้อเสนอแนะ ..... .47

5.1 สรุปผลการวิจัย 47

5.2 อภิปรายผล 53

5.3 ข้อเสนอแนะ 55

บรรณานุกรม ..... .56

ภาคผนวก ..... .58

ภาคผนวก ก. เอกสารดำเนินการที่เกี่ยวข้อง..... .59

ภาคผนวก ข. การคำนวณปริมาณวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตแผ่นประกอบทดแทนไม้..... .62

ภาคผนวก ค. ภาพประกอบกระบวนการการผลิตและทดสอบแผ่นประกอบทดแทนไม้จากกากเบียร์..... .67

ภาคผนวก ง. ผลการทดสอบคุณสมบัติแผ่นประกอบทดแทนไม้..... .77

ภาคผนวก จ. ตัวอย่างแนวทางออกแบบผลิตภัณฑ์ด้วยแผ่นประกอบทดแทนไม้จากกากเบียร์.....102

ภาคผนวก ฉ. เอกสารการดำเนินการด้านสิทธิบัติ.....111

ประวัติผู้เขียน..... 119

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2.1 แสดงขนาดแผ่นทดสอบที่ใช้ในการหาคุณสมบัติทางกายภาพเชิงกล 20

3.1 แสดงเปอร์เซ็นต์กาวที่ใช้ในการผลิตแผ่นประกอบทดแทนไม้ 26

4.1 แสดงความหนาแน่นของแผ่นประกอบทดแทนไม้ที่ผลิตจากกากเบียร์.....32

4.2 แสดงความชื้นของแผ่นประกอบทดแทนไม้ที่ผลิตจากกากเบียร์ 34

4.3 แสดงการดูดซึมน้ำของแผ่นประกอบทดแทนไม้ที่ผลิตจากกากเบียร์ 36

4.4 แสดงการขยายตัวตามความหนาของแผ่นประกอบทดแทนไม้ที่ผลิตจากกากเบียร์.....37

4.5 แสดงความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าของแผ่นประกอบทดแทนไม้ที่ผลิตจากกากเบียร์.....39

4.6 แสดงความต้านแรงดัดของแผ่นประกอบทดแทนไม้ที่ผลิตจากกากเบียร์.....41

4.7 แสดงความแตกต่างของคุณสมบัติทางกายภาพ ตามเปอร์เซ็นต์กาวด้านความหนาแนนของแผ่นประกอบทดแทนไม้ที่ผลิตจากกากเบียร์.....43

4.8 แสดงความแตกต่างของคุณสมบัติทางกายภาพ ตามเปอร์เซ็นต์กาวด้านความชื้นของแผ่นประกอบทดแทนไม้ที่ผลิตจากกากเบียร์.....43

4.9 แสดงความแตกต่างของคุณสมบัติทางกายภาพ ตามเปอร์เซ็นต์กาวด้านการดูดซึมน้ำของแผ่นประกอบทดแทนไม้ที่ผลิตจากกากเบียร์.....44

4.10 แสดงความแตกต่างของคุณสมบัติทางการภาพ ตามเปอร์เซ็นต์กาวด้านการขยายตัวตามความหนาของแผ่นประกอบทดแทนไม้ที่ผลิตจากกากเบียร์.....44

4.11 แสดงความแตกต่างของคุณสมบัติเชิงกล ตามเปอร์เซ็นต์กาวด้านการต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าของแผ่นประกอบทดแทนไม้ที่ผลิตจากกากเบียร์.....45

4.12 แสดงความแตกต่างของคุณสมบัติเชิงกล ตามเปอร์เซ็นต์กาวด้านการต้านแรงดัดของแผ่นประกอบทดแทนไม้ที่ผลิตจากกากเบียร์.....45

สารบัญรูป

ภาพที่ หน้า

2.1 ภาพเครื่องผสมกาว.....15

2.2 ภาพเครื่องอัดร้อน.....18

4.1 แสดงค่าเฉลี่ยความหนาแน่นของแผ่นประกอบทดแทนไม้ตามเปอร์เซ็นต์กาว 32

4.2 แสดงค่าเฉลี่ยความชื้นของแผ่นประกอบทดแทนไม้ตามเปอร์เซ็นต์กาว 34

4.3 แสดงค่าเฉลี่ยการดูดซึมน้ำของแผ่นประกอบทดแทนไม้ตามเปอร์เซ็นต์กาว 36

4.4 แสดงค่าเฉลี่ยการขยายตัวตามความหนาของแผ่นประกอบทดแทนไม้ตามเปอร์เซ็นต์กาว.....38

4.5 แสดงค่าเฉลี่ยการต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าของแผ่นประกอบทดแทนไม้
ตามเปอร์ซ็นต์กาว.....39

4.6 แสดงค่าเฉลี่ยการต้านแรงดัดของแผ่นประกอบทดแทนไม้ตามเปอร์เซ็นต์กาว 41

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

กากเบียร์ถือเป็นผลพลอยได้จากวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตเบียร์ โดยในปัจจุบันได้มีโรงงานอุตสาหกรรมด้านการผลิตเบียร์เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องและมีการขยายกำลังการผลิตเพื่อรองรับตลาดทั้งในประเทศและต่างประเทศ จึงสามารถมองเห็นถึงวัตถุดิบที่เหลือจากการผลิตเบียร์ต่อวันในโรงงานอุตสาหกรรมเหล่านั้น และการที่จะนำเอาวัตถุดิบที่เป็นของเหลือนั้นมาแปรสภาพให้เกิดเป็นวัสดุที่มีคุณค่าแทนวัสดุธรรมชาติอย่างเช่นไม้ ซึ่งจัดเป็นผลผลิตจากธรรมชาติที่ต้องควบคุมปริมาณการใช้งานต่อไปในอนาคตทั้งเป็นการสร้างสมดุลให้แก่ธรรมชาติสืบต่อไป

ข้อมูลปริมาณกากเบียร์ที่ได้จากการผลิตเบียร์เฉลี่ยต่อเดือน (บริษัท เบียร์ทิพย์ บริวเวอรี่ (1991) จำกัด) โดยโรงงานที่มีกำลังการผลิตเบียร์ 600 ล้านลิตรต่อปี มีกากเบียร์ที่ได้จากการผลิตประมาณ 18,000 ตันต่อเดือน ซึ่งส่วนหนึ่งของกากเบียร์ที่ได้นั้นนำไปแปรรูปเป็นอาหารสัตว์เพียงอย่างเดียว และจะเกิดประโยชน์อย่างยิ่งถ้าสามารถจะนำส่วนที่เหลือนั้นมาแปรรูปเป็นวัสดุทดแทนไม้ต่อไป

สำนักวิจัยการจัดการป่าไม้และผลิตผลป่าไม้ กรมป่าไม้ (2548 : 1) ได้ให้ข้อมูลในเอกสารประกอบการฝึกอบรมและถ่ายทอดเทคโนโลยีเชิงปฏิบัติการ ให้ข้อมูลจากสถิติกรมป่าไม้ของประเทศไทย (พ.ศ.2543) รายงานว่ามีปริมาณไม้นำเข้า โดยเฉลี่ยตั้งแต่ปี 2531-2543 อยู่ในราว 2.67 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปีในขณะเดียวกันสมาคมอุตสาหกรรมครัวเรือนไทยและสมาคมธุรกิจไม้ยางพาราไทย (มกราคม 2543) ได้รายงานถึงการใช้ไม้ยางพาราซุงท่อนเพื่อผลิตไม้แปรรูปในประเทศไทยโดยเฉลี่ยไม่ต่ำกว่า 4 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี ดังนั้นเมื่อพิจารณาจากเศษวัสดุไม้ที่เหลือทิ้งจากอุตสาหกรรมเพียงอย่างเดียว พบว่าเป็นเศษไม้ที่ได้จากไม้นำเข้าจากต่างประเทศโดยเฉลี่ย ราว 1.72 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี หรือ1.03 ล้านตันต่อปี และเป็นเศษไม้ยางพาราในประเทศ 2.68 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี หรือ 1.61 ล้านตันต่อปี ถือเป็นปริมาณที่มากพอที่จะนำกระมาแปรรูปด้วยวิธีการที่ได้ใช้ประโยชน์ต่อไป รวมทั้งการแสวงหาวัสดุเหลือใช้อื่นๆ มาทดแทนเช่นกัน

ดังข้อมูลข้างต้นผู้วิจัยจึงได้เล็งเห็นถึงแนวทางอีกทางเลือกหนึ่งที่จะนำเอากากเบียร์จากอุตสาหกรรมการผลิตเบียร์นั้นมาวิจัยและทดลองสำหรับทดแทนไม้ในรูปของวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้ตามความเหมาะสมโดยยึดตามของคุณสมบัติที่ได้จากการทดลองทางกายภาพและเชิงกล

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อพัฒนาวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้ด้วยกากเบียร์

1.2.2 เพื่อทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกลของแผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ได้จากกากเบียร์ ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง (มอก.966-2533)

1.2.3 เพื่อสรุปแนวทางการนำวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้ด้วยกากเบียร์ไปใช้งานได้ตรงตามคุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกลที่ได้จากการทดสอบ

1.3 กรอบและแนวคิดที่ใช้ในการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ตั้งประเด็นที่จะศึกษาให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการวิจัย โดยสรุปได้ดังนี้

1.3.1 การนำวัสดุเหลือใช้มาพัฒนาเป็นแผ่นประกอบทดแทนไม้ โดยผู้วิจัยใช้แนวคิดของสำนักวิจัยการจัดการป่าไม้และผลิตผลป่าไม้ กรมป่าไม้ (2548 : 1) กล่าวว่า วัสดุเหลือใช้จากผลผลิตของ อ้อย ข้าว ปาล์มน้ำมัน มะพร้าว มันสำปะหลัง ข้าวโพด ฝ้าย ถั่วต่างๆ เป็นต้น รวมทั้งวัสดุเหลือทิ้งใช้แล้วจากการอุปโภค-บริโภคในชีวิตประจำวัน เช่น เศษกระดาษ เศษวัสดุหรือโฟมต่างๆ มาเป็นวัสดุในการผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ทดแทนไม้ได้เป็นอย่างดี

1.3.2 การเลือกใช้กาวสำหรับเป็นวัตถุดิบในการทดสอบ ผู้วิจัยได้ใช้แนวความคิดของสำนักวิจัยการจัดการป่าไม้และผลิตผลป่าไม้ กรมป่าไม้ (2548 : 20) ปริมาณกาวที่ใช้ผลิตแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ด จะแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับชนิดของแผ่นที่ผลิต โดยทั่วไปจะใช้กาวอยู่ที่ 4-12 เปอร์เซนต์ โดยเทียบกับน้ำหนักกาวแห้งต่อชิ้นไม้และหากใช้กาวยูเรีย-ฟอร์มัลดิไฮด์ 6-10 เปอร์เซนต์ แต่จะใช้ปริมาณกาวเพิ่มขึ้นเป็น 10-16 เปอร์เซนต์ สำหรับชิ้นไม้ที่ใช้ทำผิวหน้าสำหรับแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดโครงสร้างมากกว่า 3 ชั้น

1.4 ขอบเขตของงานวิจัย

1.4.1 ตัวแปรที่ทำการศึกษา

1.4.1.1 ตัวแปรต้น

ได้แก่ ค่าร้อยละของกาวยูเรีย-ฟอร์มัลดีไฮด์ในเปอร์เซ็นต์ต่างๆ คือ 7% , 10%, 13% และ 16% โดยน้ำหนักแห้งของกาวเทียบกับน้ำหนักแห้งของกากเบียร์

1.4.1.2 ตัวแปรตาม

ได้แก่ คุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกลของแผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ได้จากกากเบียร์ ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง กับแนวทางการนำวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้จากกากเบียร์ไปใช้งานได้ตรงตามคุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกลที่ได้จากการทดสอบ

1.5 นิยามศัพท์เฉพาะที่ใช้ในการวิจัย

1.5.1 กากเบียร์ หมายถึง วัตถุดิบที่เหลือจากกระบวนการผลิตเครื่องดื่มประเภทเบียร์

1.5.2 วัสดุทดแทน หมายถึง วัตถุดิบที่มีการทดสอบหรือทดลองขึ้นมาใหม่ เพื่อใช้แทนวัสดุที่มีปริมาณน้อยลง

1.5.3 แนวทางการนำวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้ด้วยกากเบียร์ไปใช้งาน หมายถึง ทางเลือกที่จะนำวัสดุที่ได้จากแผ่นประกอบทดแทนไม้ด้วยกากเบียร์ มาใช้งานให้ตรงตามคุณสมบัติที่ได้จากการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกล

1.5.4 การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกล หมายถึง คุณภาพที่ได้จากการทดสอบแผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจากกากเบียร์ ตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง (มอก.966-2533) ประกอบด้วย

<u>คุณสมบัติทางกายภาพ</u>

1. การทดสอบความหนาแน่น หมายถึงปริมาณของกากเบียร์ที่ถูกนำมาผ่านการอัดด้วยเครื่องอัดร้อน ใช้แรงอัดประมาณ 25 กิโลกรัม/ตารางเซ็นติเมตร
2. การทดลองความชื้น หมายถึงการทดลองหาปริมณน้ำที่มีในแผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่วัดได้ด้วยการชั่ง ระหว่างก่อนอบและหลังอบแห้ง
3. การทดสอบการดูดซึมน้ำและการขยายตัวทางความหนา หมายถึงค่าน้ำหนักของแผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่วัดได้ด้วยการชั่ง ระหว่างก่อนแช่น้ำและหลังแช่น้ำ รวมทั้งการวัดความหนาของแผ่นระหว่างก่อนแช่น้ำและหลังแช่น้ำ

<u>คุณสมบัติเชิงกล</u>

1. การทดสอบความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า หมายถึง แรงที่มากระทำให้วัตถุแยกออกจากกันด้วยวิธีการดึงด้วยเครื่อง
2. การทดสอบความต้านแรงดัด หมายถึงแรงที่กระทำจนวัตถุที่ถูกกระทำโก่งหรืองอ ความแข็งหรือแกร่งของแผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ต้านทานต่อแรงที่มากระทำให้แผ่นประกอบทดแทนไม้โก่งหรืองอ

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ค้นคว้าและหาข้อมูลเพื่อพัฒนากากเบียร์เป็นแผ่นวัสดุทดแทนไม้เพื่อแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ที่เหมาะสม โดยในรายละเอียดการศึกษาครั้งนี้มีข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาดังนี้

2.1 ข้อมูลเกี่ยวกับการผลิตเบียร์

2.2 แผ่นประกอบ

2.3 แผ่นเส้นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง

2.4 มาตรฐานการทดสอบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง

2.5 การพัฒนาแผ่นวัสดุอัด

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ข้อมูลเกี่ยวกับการผลิตเบียร์

2.1.1 คุณสมบัติของเบียร์

บริษัท เบียร์ทิพย์ บริวเวอรี่ (1991) จำกัด (2548 : 1) ได้ให้ความหมายของเบียร์ ในสื่อการสอนการผลิตเบียร์ เป็นเครื่องดื่มชนิดหนึ่งที่มีแอลกอฮอล์เป็นส่วนผสม โดยที่แอลกอฮอล์นั้นได้จากการหมักบ่ม มิใช่โดยการกลั่น แอลกอฮอล์ในเบียร์เกิดจากการที่ยีสต์เปลี่ยนน้ำตาลที่ได้จากการย่อยแป้งของเมล็ดธัญพืชประเภทข้าวมอลต์ อีกทั้งเบียร์ยังถือว่าเป็นเครื่องดื่มที่มีความแรงแอลกอฮอล์น้อยที่สุด เมื่อเทียบกับเหล้าวิสกี้ หรือบรั่นดี

ทั้งนี้ เบียร์จำแนกได้หลายชนิดตามลักษณะการหมัก คือ การจำแนกจามชนิดของเชื้อยีสต์ที่ใช้ในการหมัก ซึ่งแบ่งออกเป็น

- ท็อปยีสต์ (Top yeast) เป็นการหมักโดยใช้ยีสต์ที่เมื่อเสร็จสิ้นการหมักแล้ว จะลอยตัวอยู่เหนือผิวน้ำเบียร์ เบียร์ที่ได้จากการหมักโดยใช้ยีสต์ประเภทนี้เป็นพวกวีทเบียร์ (Wheat beer) เอล (Ale) พอร์ทเทอร์ (Porter)และสเตาท์ (Stout)

- บ็อททอมยีสต์ (Bottom yeast) เป็นการหมักเบียร์โดยใช้ยีสต์ที่เมื่อเสร็จสิ้นกระบวนการหมักแล้ว จะจมลงสู่ก้นถังหมัก เบียร์ที่ได้จากการหมักโดยใช้ยีสต์ประเภทนี้เป็น พวกลาเกอร์เบียร์ (Lager beer) พิลเซ่นเบียร์(Pilsen beer)

2.1.2 วัตถุดิบหลัก ในการผลิตเบียร์

วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตน้ำเบียร์นั้น ประกอบด้วยหลักๆ คือ มอลต์ (Barly Malt) ,ดอกฮ็อพ (Hops) , น้ำ(Water) , ยีสต์ (Yeast) , วัตถุดิบท้องถิน (Adjunct) โดยมีรายละเอียดดังนี้

มอลต์ (Barly Malt)ได้มาจากข้าวบาร์เลย์ ซึ่งเป็นธัญพืชที่นิยมปลูกในประเทศที่มีอุณหภูมิอากาศเย็น จะมีการปลูกกันมากในประเทศทางทวีปยุโรป ส่วนประเทศไทยมีการนำสายพันธ์ข้าวบาร์เลย์เข้ามาปลูกในแถบภาคเหนือ ซึ่งมีอากาศเย็นมีการส่งเสริมการปลูกข้าวบาร์เลย์ แต่ยังมีปริมาณไม่มากและไม่แพร่หลายข้าวบาร์เลย์ที่เก็บเกี่ยวแล้วนำไปเปลี่ยนสภาพให้เป็นข้าวมอลต์ในโรงงานทำมอลต์ต่อไป

ดอกฮ็อพ (Hops) เป็นพืชล้มลุกประเภทไม้เลื้อย มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า Humulus lupulus นิยมปลูกกันมากในประเทศแถบยุโรป ฮ็อพจะมีส่วนช่วยในการให้กลิ่นและรสชาติเฉพาะตัวในเบียร์

น้ำ (Water) เป็นวัตถุดิบสำคัญอีกตัวหนึ่ง เนื่องจากเบียร์มีส่วนประกอบที่เป็นน้ำมากกว่า 90 % คุณภาพของน้ำที่ใช้สำหรับการผลิตเบียร์ขึ้นอยู่กับลักษณะของเบียร์ที่จะผลิต ความอ่อนความกระด้างของน้ำ จะมีผลต่อรสชาติของเบียร์ หรือมีผลต่อความเปลี่ยนแปลงที่จะเกิดขึ้นในกระบวนการผลิต

ยีสต์ (Yeast) จัดเป็นจุลินทรีย์ ประเภทรา ที่สามารถใช้น้ำตาลจากการย่อยแป้งนำไปเป็นอาหารเพื่อการเจริญเติบโตและเพิ่มจำนวน ซึ่งการใช้น้ำตาลเป็นอาหารของยีสต์นั้น ทำให้เกิดปฏิกิริยาการเปลี่ยนน้ำตาลไปเป็นแอลกอฮอล์และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งเรียกว่ากระบวนการดังกล่าวนี้ว่า การหมัก (Fermentation) สายพันธ์ยีสต์ที่ใช้ในการหมักเบียร์ คือ Saccharomyces cerevisiae

วัตถุดิบท้องถิ่น (Adjunct) เป็นวัตถุดิบที่ใช้เสริม เพิ่มเติมจากมอล์ต จะเป็นของแข็งหรือของเหลวก็ได้ การเลือก Adjunct ที่ใช้จะขึ้นอยู่กับแต่ละท้องถิ่นที่ผลิตว่ามีวัตถุดิบอะไรเป็นจำนวนมาก ซึ่งในประเทศไทย Adjunct ที่ใช้ คือ “ ปลายข้าว” เนื่องจากเป็นการส่งเสริมวัตถุดิบในประเทศหาง่าย และยังให้คุณสมบัติเฉพาะตัวอีกด้วย

2.1.3 กรรมวิธีการผลิต

นำมอลต์มาบดให้เมล็ดแตก พร้อมทั้งใส่น้ำผสมลงไปในถังผสม Wet Mill ทำการต้มปลายข้าวและน้ำ ใน Rice Cookerทำการผสมมอล์ต , ข้าว และน้ำ ใน Mash Convertor ให้ความร้อนที่เหมาะสม เพื่อให้เอนไซม์ ที่มีอยู่ในข้าวมอล์ต เปลี่ยนแป้งไปเป็นน้ำตาลทำการแยกเอาของเหลวออกจากกากข้าว (Spent grains) ที่ lauter Tun ซึ่งของเหลวดังกล่าวเรียกว่า น้ำเวิร์ท (Wort) ส่วนกากข้าวที่ได้ก็นำไปขายเป็นอาหารสัตว์ต่อไป ส่วนต้มน้ำเวิร์ท พร้อมทั้งใส่อ็อพ ให้เดือดใน Wort Kettle ความร้อนจะช่วยทำให้ฮ็อพเกิดกลิ่น และรสชาติเฉพาะตัวเพิ่มมากขึ้นทำให้เกิดตะกอน

(Trub) ออกก่อนโดยการถ่ายน้ำเวิร์ทที่ต้มแล้ว ใน Whirlpool น้ำเวิร์ทที่ตกตะกอนแล้วทำให้เย็นลง พร้อมทั้งทำการเติมอากาศเพื่อเป็นการเตรียมสภาวะให้เหมาะสมต่อการเจริญของยีสต์ เติมเชื้อยีสต์และนำหมักในถังหมัก (Fermenter) อุณหภูมิของการหมักขึ้นอยู่กับชนิดของเบียร์และชนิดของยีสต์ที่ใช้ บ็อททอมยีสต์ จะหมักที่ประมาณ 8-14 องศาเซลเซียส
ระยะเวลาการหมัก สำหรับบ็อททอมยีสต์ใช้เวลา 7-10 วัน เมื่อทำการหมักจนได้ปริมาณแอลกอฮอล์ตามต้องการแล้วจึงเข้าสู่ขั้นตอนการบ่มเบียร์ (Maturation)เมื่อบ่มเรียบร้อยแล้วทำการย้ายเข้าถัง Treatment Tank เพื่อทำการปรับสภาพน้ำเบียร์ แล้วจึงทำการกรองเบียร์ (Filtration) น้ำเบียร์ให้ใสย้ายเข้าสู่ถังน้ำเบียร์พร้อมบรรจุ (Bright Beer Tank) เพื่อรอการบรรจุและทำการฆ่าเชื้อต่อไป

สภาวะของการเก็บรักษาเบียร์ที่ดีควรเก็บเบียร์ไว้ในที่แห้งและเย็น เนื่องจากการเก็บเบียร์ไว้ที่อุณหภูมิสูงก็จะเป็นสาเหตุทำให้เบียร์เสื่อมสภาพเร็วขึ้น ควรเก็บเบียร์ให้พ้นจากแสงแดด หรือแสงจากหลอดไฟ Fluorescent เนื่องจากแสงเหล่านี้มีรังสี UV ซึ่งจะทำปฏิกิริยากับน้ำเบียร์ ทำให้รสชาติและกลิ่นของเบียร์เปลี่ยนแปลงไป (OFF Flavor) ไม่ควรเก็บเบียร์ไว้ในสภาวะที่มีการเปลี่ยนของอุณหภูมิอย่างรวดเร็ว

เบียร์สด (Keg Beer) เป็นเบียร์ทีผ่านขั้นตอนการผลิตตามกระบวนการปกติโดยกรรมวิธีการเก็บรักษาเบียร์ Keg ไว้ได้นานสามารถทำได้หลายวิธี ดังนี้

ทำการฆ่าเชื้อ ซึ่งแบ่งได้เป็น 2 วิธี คือ

- แฟลช พาสเจอร์ไรซ์ (Flash Pasteurisation)
- บัลค์ พาสเจอร์ไรด์ (Bulk Pastrurisation)

การแยกเชื้อออกจากน้ำเบียร์โดยการกรองด้วยกระดาษกรอง(Sterile Filtration)เบียร์เบียร์สดควรมีปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์อยู่ที่ 5.2 – 5.6 g/l ผ่านการบรรจุโดยใช้ Pressure ในถังที่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ (Returnable Container) ขนาดบรรจุ ตั้งแต่ 25-164 ลิตร สามารถนำเบียร์เสิร์ฟเบียร์ที่อุณหภูมิประมาณ 4-9 องศาเซลเซียส การเก็บรักษาเบียร์ Keg ไม่ควรเก็บไว้ในที่ที่มีอุณหภูมิสูงอายุการเก็บรักษา เบียร์ Keg ประมาณ 3 เดือนนับจากวันที่ผลิต

2.1.4 คุณสมบัติของกากเบียร์

กากเบียร์ เป็นส่วนเหลือจากขั้นตอนแรกของการทำเบียร์ จากการบ่มข้าวบาร์เลย์หรือข้าวมอลท์ ที่สเปรย์น้ำให้เมล็ดงอก จากนั้นจะผ่านขบวนการต้มคั้นน้ำแป้งและน้ำตาลออกเพื่อไปทำเบียร์ ส่วนที่เหลือคือกากมอลท์หรือเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า กากเบียร์สด ลักษณะเป็นกากอ่อนนุ่ม ซึ่งในสภาพสดจะมีความชื้นสูงประมาณ 70-80% กากเบียร์สด จะเก็บไว้ใช้ได้ไม่นานเหลือมักบูดเน่ามีเชื้อราง่าย เมื่อนำไประเหยน้ำออกจะได้กากเบียร์แห้ง เก็บไว้ใช้เป็นอาหารสัตว์ได้

2.1.4.1 ส่วนประกอบทางเคมี (กากเบียร์แห้ง) วารุณี พานิชผล และ วลัยกานต์ เจียมเจตจรูญ (2541: 6) ตารางคุณค่าอาหารสัตว์ เอกสารวิชาการ กลุ่มงานวิเคราะห์อาหารสัตว์ กองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ แสดงส่วนประกอบของกากเบียร์ดังนี้

ส่วนประกอบทางเคมี (กากเบียร์แห้ง)

ส่วนประกอบ เปอร์เซนต์ โดยน้ำหนักแห้ง	
วัตถุแห้ง	93.00
โปรตีน	27.50
ไขมัน	6.50
เยื่อใย	14.20
เถ้า	3.70
ไนโตรเจนฟรีเอ็กแทรกซ์	41.10
แคลเซียม	0.27
ฟอสฟอรัส	0.48
ยอดโภชนะย่อยได้ (TDN),	67.10

ส่วนประกอบทางเคมี (กากเบียร์สด)

ส่วนประกอบเปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนักแห้ง	
วัตถุแห้ง	76.30
โปรตีน	5.70
ไขมัน	1.60
เยื่อใย	3.60
เถ้า	1.00
ไนโตรเจนฟรีเอ็กแทรกซ์	11.80
แคลเซียม	0.07
ฟอสฟอรัส	0.12

2.2 แผ่นประกอบ

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

แผ่นประกอบ(Wood-Based Panels) หมายถึง ผลิตภัณฑ์แผ่นวัสดุที่ผลิตขึ้นจากไม้หรือวัสดุประเภทลิกโนเซลลูโลส ซึ่งใช้ในรูปร่างลักษณะต่างๆ กัน เช่นแท่งไม้จริง (Solid Wood)ไม้บาง (Veneer)แถบไม้(Strand) ชิ้นไม้ (Particle)หรือเส้นใย (Fiber)ฯลฯมาประกอบกันขึ้นแผ่นโดยอาจจะใช้สารเติมแต่งอื่นๆด้วยก็ได้

ดังนั้น แผ่นไม้ประกอบ จึงแบ่งแผ่นไม้ต่างๆออกเป็น 5 กลุ่มใหญ่ๆตามลักษณะรูปร่างของวัสดุที่ทำกันขึ้นดังนี้

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

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

2.2.1.2 กลุ่มแผ่นไม้อัด ได้แก่แผ่นไม้บาง (Veneer Sheets)แผ่นไม้อัด (Plywood)แผ่นไม้อัดจากไม้บาง(Veneer Plywood) แผ่นไม้อัดไส้วัสดุอื่น (Core Plywood)เช่นแผ่นไม้อัดไส้ไม้ระแนง , Block board) แผ่นไม้ประกอบ (Sandwich Boards)ฯลฯ

2.2.1.3 กลุ่มแผ่นชิ้นไม้อัด ได้แก่แผ่นปาร์เกิลจากไม้แผ่นอัดราบ (Particleboards of Wood, Flat Press) แผ่นปาร์เกิลจากวัสดุลิกโนเซลลูโลสแบบอัดราบ Particleboards of Other Lignocelluloses Materials , Flat Press) แผ่นปาร์ติเกิลแบบอัดกระทุ้ง (Extruded Particleboards)แผ่นเกล็ดไม้อัด (Wafer boards) แผ่นแถบไม้อัดเรียงเสี้ยน (Oriented Sandwich Boards) ฯลฯ

2.2.1.4 กลุ่มแผ่นใยไม้อัด ได้แก่แผ่นใยฉนวน (Insulating Board)แผ่นใยไม้อัดแข็ง (Hardboard)แผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางหรือแผ่นเอ็มดีเอ็ฟ (Medium Densitr Fiboard)

2.2.1.5 แผ่นไม้อัดสารแร่ ได้แก่ แผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์ (Wood Particle-Cement Board) แผ่นฝอยไม้อัดซีเมนต์ (Wood Excelsior-Cement Board) แผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ (Wood Fiber-Cement Board) แผ่นใยไม่อัดยิปซั่ม (Fiber- Gypsum board)

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

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

2.2.2 ประเภทของแผ่นไม้ประกอบ (Wood Composites)

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

ผลิตภัณฑ์ประเภทแผ่นไม้ (Panel Products) ได้แก่

1. แผ่นไม้อัด (Plywood)
2. แผ่นไม้อัดไส้ไม้ระแนง (Blockboard)
3. แผ่นใยไม้อัด (Fiberboards)
4. ชนิดไม้อัดแน่น เช่นแผ่นใยฉนวน (Non-Compressed , Insulating Board)
5. ชนิดอัดแน่น เช่น แผ่นใยไม้อัดแข็ง (Compressed , Hardboard)
6. แผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง (Medium Density Fiber board , MDF)
7. แผ่นชิ้นไม้อัด หรือ แผ่นปาร์ติเกิล (Particleboard , PB)
8. แผ่นเกล็ดไม้อัด หรือ เวเฟอร์บอร์ด (Waferboards)
9. แผ่นแถบไม้อัดเรียงเสี้ยน (Oriented Strand Boards , OSB)
10. แผ่นไม้อัดประกอบ (Composites Plywood , COM-PLY ^{R} Panels)

2.3 แผ่นเส้นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง

บริษัท ไม้อัดไทย จำกัด (Online) กล่าวว่า กรรมวิธีการผลิตแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง(Medium Density Fiberboard)หรือที่เรียกว่าแผ่นกระดาษอัด หรือ แผ่นไม้ชานอ้อย เป็นผลิตภัณฑ์ไม้อัดที่ใช้เฉพาะงาน เช่น ใช้ทำบอร์ดประกาศต่างๆ ใช้ทำผนังกั้นห้องชั่วคราว ใช้กรุภายในงานเฟอร์นิเจอร์ ใช้กรุเป็นผนังฉนวนให้เป็นถังบรรจุภัณฑ์ฯลฯ แผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางจะผลิตจากเส้นใยของไม้โดยใช้เศษไม้ต่างๆ เช่น ไม้ยางพาราไม้ยูคาลิปตัส ไม้สน ชานอ้อย ฯลฯ ตามกระบวนการผลิตดังนี้

1. นำเข้าเครื่องสับสับให้ได้ขนาดตามที่ต้องการด้วยกรรมวิธีแบบแห้ง (dry process)
2. ลำเลียงเข้าสู่เครื่องอัดอัดด้วยความร้อนเพื่อให้เกิดการยึดเหนี่ยวระหว่างเส้นใยโดยมีกาวเป็นส่วนประกอบ ซึ่งก็จะได้แผ่นไม้อัดที่มีความหนาแน่นปานกลางประมาณ 500 - 800 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร ขนาดของแผ่นจะมีขนาดเท่ากับแผ่นไม้อัด 1.20 x 2.40 เมตร มีความหนาตั้งแต่ 2 - 30 มิลลิเมตร นอกจากผลิตภัณฑ์ไม้อัดที่กล่าวมาแล้วยังมีผลิตภัณฑ์ไม้อัดอื่นๆ อีกหลายชนิดที่ผลิตออกมาเพื่อให้เกิดการใช้ไม้อย่างคุ้มค่าและเกิดประโยชน์สูงสุด

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

2.4 มาตรฐานการทดสอบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง (มอก.966-2533)

การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกลของแผ่นประกอบทดแทนไม้ ใช้วิธีการทดสอบอ้างในมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง (มอก.966-2533) ซึ่งมีลักษณะการทดสอบที่เหมือนกัน ดังนี้

2.4.1 ความหนาแน่น

2.4.1.1 เครื่องชั่ง ที่ชั่งได้ละเอียดถึง 0.1 กรัม ชั่งชิ้นทดสอบให้น้ำหนักที่แน่นอนถึง 0.1 กรัม

2.4.1.2 ไมโครมิเตอร์ ที่วัดได้ละเอียดถึง 0.5 ม.ม. วัดความกว้างและความยาวของชิ้นทดสอบขนานกับขอบให้ละเอียดถึง 0.5 ม.ม. แล้วหาค่าเฉลี่ย

2.4.1.3 วัดความหนา 4 ตำแหน่ง แล้วหาค่าเฉลี่ย

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

2.4.2 ความชื้น

2.4.2.1 เครื่องชั่ง ที่ชั่งได้ละเอียดถึง 0.01 กรัม ชั่งชิ้นทดสอบโดยไม่ต้องปรับสภาพความชื้นให้ทราบค่าที่แน่นอนถึง 0.01 กรัม เป็นน้ำหนักก่อนอบ

2.4.2.2 เตาอบ ที่สามารถปรับอุณหภูมิได้ถึง 103 + 2 องศาเซลเซียส จนได้น้ำหนักคงที่ ใส่ในเดซิกเคเตอร์ ปล่อยให้เย็น

2.4.2.3 ชั่งครั้งสุดท้ายให้ทราบค่าที่แน่นอนถึง 0.01 กรัม เป็นน้ำหนักอบแห้ง

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

2.4.3 ความต้านแรงดัด

2.4.3.1 แท่นรองรับ ต้องมีลักษณะเป็นรูปทรงกระบอก มีความยาวไม่น้อยกว่า 75 มิลลิเมตร สามารถปรับเลื่อนระยะได้ในแนวระดับ ให้วางชิ้นทดสอบลงบนแท่นรองรับซึ่งมีระยะห่าง 24 เท่าของความหนาระบุของชิ้นทดสอบ ให้ปลายชิ้นทดสอบยื่นออกไปจากจุดที่รองรับประมาณข้างละ 25 มิลลิเมตร เท่าๆ กัน

2.4.3.2 เครื่องกด ให้แรงกดลงบนจุดกึ่งกลางชิ้นทดสอบ โดยมีอัตราเพิ่มแรงกดอย่างสม่ำเสมอจนกระทั่งชิ้นทดสอบหัก ต้องไม่น้อยกว่า 30 วินาที และไม่เกิด 120 วินาที

$$\text{สูตร} \quad R = \frac{3PI}{2bd^2}$$

R คือ มอดุลัสแตกร้าว เป็นเมกะพาสคัล

P คือ แรงกดสูงสุดที่ชิ้นทดสอบรับได้ เป็นนิวตัน

I คือ ระยะห่างของแท่นรองรับ เป็นมิลลิเมตร

b คือ ความกว้างของชิ้นทดสอบ เป็นมิลลิเมตร

d คือ ความหนาเฉลี่ยของชิ้นทดสอบ เป็นมิลลิเมตร

2.4.4 ความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า

2.4.4.1 เครื่องดึง Range of Universal Testers โดยการนำชิ้นทดสอบที่เตรียม ได้แล้วนี้ไปเขาเครื่องดึง แล้วทำการ ดึงให้ชิ้นทดสอบแยกออกจากกัน อัตราการเพิ่มแรงดันต้องเป็นไปอย่างสม่ำเสมอ เวลาที่ใช้ตั้งแต่เริ่มดึงจนกระทั่งชิ้นทดสอบแยกออกจากกันต้องไม่น้อยกว่า 30 วินาที และไม่เกิน 120 วินาที

2.4.4.2 แผ่นดึง ติดผิวหน้าทั้งสองของชิ้นทดสอบกับแผ่นดึง โดยใช้กาวสังเคราะห์ที่มีแรงดึงมากกว่าแรงยึดในตัวชิ้นทดสอบ

<u>สูตร</u>

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

2.4.5 การดูดซึมน้ำและการขยายตัวตามความหนา

2.4.5.1 เครื่องชั่ง ชั่งชิ้นทดสอบที่ทราบมวลที่แน่นอนถึง 0.01 กรัม เป็นมวลก่อนแช่น้ำ

2.4.5.2 ภาชนะควบคุมอุณหภูมิ แช่ชิ้นทดสอบให้ภาชนะควบคุมอุณหภูมิที่บรรจุน้ำที่นิ่ง และสะอาดมีค่าความเป็นกรด-ด่าง 6±1 มีอุณหภูมิ 20±1 องศาเซลเซียส โดยตั้งชิ้นทดสอบให้ได้ฉากกับระดับผิวน้ำและชอบบนอยู่ใต้ผิวน้ำประมาณ 20 มิลลิเมตร ชิ้นทดสอบแต่ละชิ้นต้องวางห่างกันผนังของภาชนะพอสมควร

2.4.5.3 กระดาษเซลลูโลสหรือกระดาษซับรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส เมื่อแช่ชิ้นทดสอบครบ 24 ชั่วโมงแล้ว นำชิ้นทดสอบมาวางบนกระดาษเซลลูโลสหรือกระดาษซับ โดยวางในแนวระดับระหว่างกระดาษดังกล่าว แล้ววางทับด้วยแผ่นน้ำหนักรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส ทิ้งไว้ 30 วินาที จึงนำชิ้นทดสอบออกจากแผ่นกระดาษที่ซับ

2.4.5.4 นำชิ้นทดสอบมาชั่งและวัดความหนา ภายใน 10 นาที

<u>สูตร</u>

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

ส่วนความยึดเหนี่ยวของตะปูเกลียว (Wood Screw Holding Power) ไม่ได้ทำการทดสอบ เนื่องจากความหนาของแผ่นประกอบที่ทดสอบมีค่าความหนาน้อยกว่า 10 ม.ม.

2.5 การพัฒนาแผ่นวัสดุอัด

สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (Online) กล่าวว่า งานวิจัยและพัฒนาแผ่นวัสดุอัด เป็นงานวิจัยในด้านของกระบวนการในการผลิตด้านวัสดุศาสตร์ ซึ่งมีขอบเขตการดำเนินงานดังนี้

1. วิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีสำหรับกระบวนการผลิตวัสดุใหม่ เพื่อใช้ทดแทนวัสดุที่กำลังลดน้อยลงอยู่ทุกขณะ

2. วิจัยและพัฒนาวัสดุเหลือใช้หรือเหลือทิ้งจากสถานที่ต่างๆ และสามารถที่จะนำกลับมาใช้ใหม่ได้

3. วิเคราะห์และให้คำปรึกษาด้านสิ่งแวดล้อม นิเวศน์วิทยา และพลังงาน

การพัฒนาแผ่นวัสดุอัด เป็นการวิจัยเชิงทดลอง โดยการใช้วัสดุที่เหลือใช้หรือเหลือทิ้งมาทำการรีไซเคิลเพื่อให้สามารถที่จะกลับมาใช้งานได้ดังเดิม และเพื่อใช้สำหรับเป็นวัสดุที่ทดแทนวัสดุที่มีปริมาณลดน้อยลง ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาและพัฒนาแผ่นประกอบ ที่ผลิตด้วยกระดาษเหลือใช้ เป็นการนำกระดาษที่เหลือจากการใช้งานแล้ว มาผ่านกระบวนการในการผลิตแล้วนำเข้าเครื่องอัดร้อน จะได้เป็นแผ่นกระดาษอัดเช่นเดียวกันการผลิตแผ่นประกอบหญ้าแฝกเป็นการผลิตเพื่อทดแทนวัสดุที่มีจำนวนลดน้อยลง และเมื่อผลวิจัยสำเร็จอาจมีการวิจัยต่อเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพให้กับวัสดุแผ่นที่อัดให้มีความสวยงามมีความน่าใช้มากขึ้นก็ได้

งานวิจัยฉบับนี้เป็นงานวิจัยเพื่อศึกษาและพัฒนากากเบียร์ใช้เป็นแผ่นประกอบทดแทนไม้ โดยจะทำการผลิตเป็นแผ่นประกอบ ด้วยการใช้กาวยูเรีย – ฟอร์มัลดีไฮด์ผสมตามเปอร์เซ็นต์ต่างๆ คือ 7% , 10% , 13% และ 16% ใช้วัตถุดิบประเภทกากเบียร์ ซึ่งมีวิธีการผลิตเป็นแผ่นประกอบทดแทนไม้ ดังนี้

1. นำกากเบียร์ที่เตรียมไว้สำหรับการแปรรูปมาตากให้แห้งตามปริมาณที่ต้องการโดยให้เหลือความชื้นในการเบียร์ให้น้อยที่สุด

2. นำการเบียร์ที่ได้มาทำให้เป็นลักษณะที่ไม่จับตัวเป็นก้อนใหญ่จนเกินไปแล้วเข้าเครื่องผสมกาว ใช้กาวยูเรีย-ฟอร์มัลดไฮด์ผสมตามเปอร์เซ็นต์ต่างๆ คือ 7% , 10% , 13% และ 16%

2.5.1 วิธีการผสม (Blending)

การผสมเป็นขั้นตอนที่สำคัญ ที่จะได้แผ่นประกอบที่มีคุณภาพตามที่ต้องการ เพราะว่าการกระจายของกาวและส่วนผสมอื่นๆ ที่ไม่สม่ำเสมอ จะทำให้บริเวณนั้นมีการจับยึดกันระหว่างกากเบียร์ต่ำ และทำให้แผ่นประกอบไม่แข็งแรง และหากใช้เครื่องมือวัดที่ดีหาปริมาณของกาวและการไหลของกากเบียร์ ที่ส่งผ่านไปยังเครื่องผสมนั้นก็จะทำให้มีการผสมที่เหมาะสม

ปัจจัยที่ควรพิจารณาก่อนการผสมกาวกับกากเบียร์

1. ความหนาของกากเบียร์ที่สม่ำเสมอ เป็นความจำเป็นเบื้องต้นต่อการหาปริมาณกาวที่มีอยู่ในแผ่นประกอบ

2. ความผันแปรในขนาดรูปร่างของกากเบียร์ให้มีรูปแบบเดียวกันให้มากที่สุด

3. ลักษณะของกากเบียร์ควรมีคุณภาพดีเพื่อให้กาวยึดติดบนกากเบียร์และกระจายได้ดี

4. ควรควบคุมปริมาณความชื้น ให้มีความแปรผันน้อยที่สุด เพราะจะช่วยลดผลในทางลบ เกี่ยวกับคุณลักษณะของการไหลของกาว และหลีกเลี่ยงการการระเบิดและโป่งพองในแผ่นที่อัด

5. คัดเลือกกาวยูเรีย – ฟอร์มัลดีไฮด์ให้เหมะสมและปรับปรุงให้ตรงกับความต้องการ

6. ป้องกันกาวยูเรีย – ฟอร์มัลดีไฮด์ให้อยู่ในสภาพดี ควรหลีกเลี่ยงสภาวะต่าง ๆ ที่ส่งผลเสียในระหว่างการเก็บกาว

7. คอยระมัดระวังการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของกาว

ปัจจัยที่ควรพิจารณาระหว่างการผสมกาวกับกากเบียร์

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

2. ระบบการชั่ง,การตวง,การวัด สำหรับกากเบียร์,กาว และสารเติมแต่งควรมีความเที่ยงตรง เพื่อที่จะได้ป้อนหรือไหลเข้าสู่การผลิตได้พร้อมเพรียงกัน

3. ระหว่างการผสมไม่ควรเกิดช่องว่างและความไม่แน่นอนในการผลิต

ปัจจัยที่ควรพิจารณาหลังการผสมกาว

1. หลีกเลี่ยงปัจจัยต่าง ๆ ที่เป็นเหตุทำให้กาวบนกากเบียร์ที่ผสมแล้ว ได้รับการสั่นสะเทือนหลุดน้อยลงไป หรือการเกาะรวมตัวเป็นก้อนระหว่างการโรย

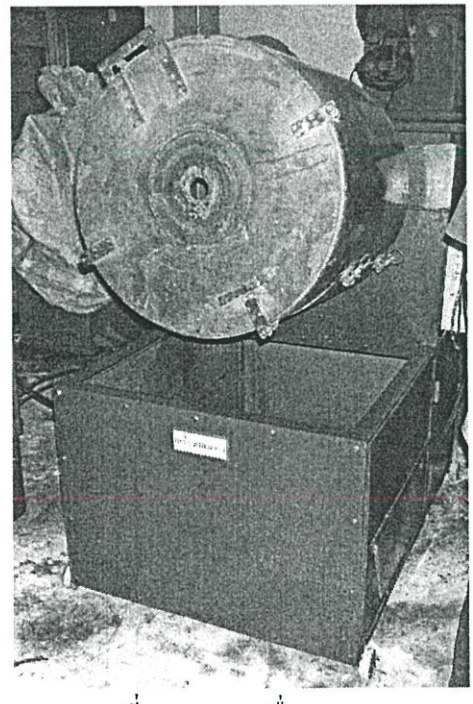
2. ปกป้องกาวจากการเกิดการแข็งตัวก่อน ระหว่างการป้อนเข้าเครื่องอัด

2.5.2 วิธีการผสมกาวหรือสารเติมแต่งอื่นกับกากเบียร์

ระบบการทำให้เป็นละอองกาว (Atomization System) เป็นระบบการผสมด้วยละอองกาวจากการพ่น (Spraying) เป็นระบบที่นิยมกันมากที่สุดในปัจจุบัน เนื่องจากให้การผสมกาวที่กระจายทั่วถึงอย่างรวดเร็วกว่าและมีความสม่ำเสมอมากที่สุด สามารถใช้ได้ทั้งการผสมเป็นครั้ง ๆ หรือต่อเนื่อง แต่ส่วนผสมกาวที่ใช้ต้องมีความหนืดต่ำ การพ่นกาวมี 3 ระบบ คือ ระบบการพ่นที่มีอากาศ (Air – Spray) , ระบบการพ่นที่ไม่มีอากาศผสม (Airless – Spray) และระบบการพ่นโดยอาศัยแรงเหวี่ยง (Centrifugal Foroe)

1. ระบบการพ่นที่มีอากาศ (Air – Spray) กาวจะถูกทำให้เป็นละอองด้วยแรงอัดอากาศ (Compressed Air) จากปั้มผ่านหัวพ่นลม (Pneumatic Nozzle) ทั้งอากาศและส่วนผสมกาวจะถูกขับออกจากหัวพ่นประมาณ 276 – 689 กิโล-พาสคัล การพ่นที่เหมาะสมต้องปรับอากาศเข้าให้พอดีกับแรงดันทั้งระบบ เนื่องจากหากให้อากาศเข้ามาก อากาศมีแรงดันสูงเกินไปจะส่งผลทำให้ลดขนาดของละอองกาวที่สัมผัสกับเยื่อกระดาษได้น้อยลง

2. ระบบการพ่นที่ไม่มีอากาศผสม (Airless – Spray) เป็นการพ่นที่อาศัยไฮดรอลิคดันส่วนผสมกาวออกมาจากทางหัวพ่น (Nozzle Orifice) จึงไม่มีอากาศผสมออกมา ส่วนแรงดันที่ใช้กับการพ่นแบบไม่มีอากาศผสม จะมีแรงดันสูงกว่าประมาณ 4.10 – 5.52 เมกกะปาสคาล ถึง 9.65 – 10.34 เมกกะปาสคาล สามารถใช้กาวที่มีความหนืดสูงขึ้นได้ แต่จะทำให้อัตราความเร็วในการพ่นลดลง ขนาดละอองกาวในการพ่นแบบไม่มีอากาศผสมนี้ขึ้นอยู่กับการออกแบบหัวพ่น (Nozzle Design) ควรมีหนืดของส่วนผสมกาว (Liquid Viscosity) และแรงดันที่ใช้



ภาพที่ 2.1 ภาพเครื่องผสมกาว

ปัจจัยที่ต้องพิจารณาในการพ่นกาวมีอยู่ 2 ปัจจัย ได้แก่ ความละเอียดของละอองกาวและการเลือกช่วงที่เหมาะสมในการใช้ วิธีการพ่นกาวต้องออกแบบให้สัมพันธ์กับเครื่องผสม (Blender) จึงทำให้การกระจายกาวไปบนเยื่อกระดาษได้สม่ำเสมอ (วรธรรม อุ่นจิตติ . 2541:75 – 81)

2.5.3 กาว (Binders) (วรธรรม อุ่นจิตติชัย. 2541 : 28 -29) กาวยูเรีย – ฟอร์มัลดีไฮด์ (Urea Formaldehyde) เป็นกาวที่ใช้ในการผลิตแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางนิยมใช้มากที่สุดเนื่องจากกาวยูเรีย – ฟอร์มัลดีไฮด์ เป็กาวที่ใสเมื่อแห้งไม่มีสี แข็งตัวได้เร็วและมีราคาถูก ต่อมายังได้มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง จนส่งผลให้สามารถลดระยะเวลาในการอัด โดยไม่ส่งผลเสียต่อการเคลื่อนย้ายหรือระยะเวลาในการเก็บกาว

กาวยูเรีย – ฟอร์มัลดิไฮด์ เป็นสารโพลิเมอร์ ที่เกิดจากปฏิกิริยาการรวมตัวตัวระยะยูเรียและฟอร์มัลดีไฮด์ โยขั้นตอนแรกเป็นปฏิกิริยาเรียกว่า เมธิโลเลชั่น (Methylolation) ในสภาวะที่เป็นด่างอ่อนเพื่อให้มีสัดส่วนโมล (Molar Ratio) ของ ฟอร์มัลดีไฮด์ต่อกาวยูเรีย เท่ากับ 2.0 : 1 ถึง 2.4 : 1

ขั้นตอนต่อไปเป็นปฏิกิริยาการรวมตัว (Condensation) ของเมทิลอลยูเรียที่ได้จากปฏิกิริยา เมทิโลเลชั่น โดยให้ทำปฏิกิริยาในสภาพบรรยากาศ และการกลั่นไหลกลับ (Reflux) ในสภาวะที่เป็นกรดอ่อนซึ่งมีระดับ pH ที่ 4 – 6 ปฏิกิริยาโพลิเมอร์ไรซ์เซชั่นแบบรวมตัวนี้จะกระทำต่อไปจนได้ความหนืดที่ต้องการตามที่ได้หามาก่อนแล้ว หลังจากได้ผลตามต้องการแล้วจึงเพิ่มระดับเป็น pH เป็น 7.3 – 8 (ด่างอ่อน) เพื่อหยุดปฏิกิริยา ไปจึงทำการลดความเข้มข้นของกาวโดยการทำให้เข้มข้นด้วยการกลั่นแบบสุญญากาศ (Vacuum Distillation) เพื่อให้ได้เนื้อกาว 50 – 60 % ต่อจากนั้นทำการเติมยูเรียเพิ่มลงไปยังกาวแบบปกติ เพื่อให้ได้สัดส่วนโมลสุดท้ายของ F / U = 1.6 : 1 ถึง 1.8 : 1

ปฏิกิริยาโพลิเมอร์ไรเซชั่นขั้นสุดท้ายของกาวยูเรีย – ฟอร์มัลดิไฮด์ จะเกิดขึ้นในระหว่างการอัดร้อน (Hot Pressing)ซึ่งนับว่าเป็นขั้นตอนที่สำคัญขั้นหนึ่งในการผลิตแผ่นกระดาษอัด ถ้ากาวแข็งตัวก่อนทำการอัดร้อน จะทำให้แผ่นที่ผลิตได้ไม่มีคุณภาพตามที่ต้องการ ปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชั่น จะเกิดขึ้นเร็วมากในสภาวะที่เป็นกรดและอุณภูมิสูงขึ้น สภาวะเป็นกรดระดับ 3 – 5 เป็นสภาวะที่เหมาะสมเป็นสภาวะที่เหมาะสมทำให้เวลาในการอัดร้อนน้อยที่สุด อย่างไรก็ตาม กาวยูเรีย – ฟอร์มัลดีไฮด์ที่ผลิตที่ขึ้นมาเพื่อนำมานำไปใช้ในโรงงานแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางมักจะทำให้มีความเป็นด่างน้อย เพื่อถ่วงให้ปฏิกิริยาโพลิเมอร์ไรเซชั่น ช้าลงระหว่างการขนส่ง และการเก็บรักษาการเพิ่มเสถียรให้เป็นด่างน้อยนี้มีผลให้ระยะเวลาการอัดนานขึ้น เนื้อไม้หลาย ๆ ชนิด เช่น ไม้ยางพาราและยูคาลิปตัส มีความเป็นกรดในเนื้อไม้อยู่แล้ว ก็จะส่งผลสนับสนุนให้ความเป็นกรดเป็นด่างของกาวลดลงอย่างรวดเร็ว ผู้ผลิตกาวก็เช่นกัน ได้มีความพยายามในการกำจัดความสามารถในการบัฟเฟอร์ในกาวโดยการใช้สารเคมีเป็นด่างแบบระเหยได้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

(Volatile) เพื่อปรับระดับความเป็นกรดเป็นด่างขั้นสุดท้าย เมื่อกาวและไม้ได้รับการอัดร้อนที่อุณภูมิที่สูงขึ้น สารด่างที่มีคุณสมบัติระเหยได้ก็จะระเหยได้อย่างรวดเร็วทำให้ความเป็นกรดเป็นด่างลดลง จนทำให้ปฏิกิริยาโพลิเมอร์ไรเซชั่นจนเกิดเป็นโพลิเมอร์ที่กล่าวข้างต้นนี้ ส่งผลต่อการอัดร้อนในการติดกาวยูเรีย – ฟอร์มัลดีไฮด์ของแผ่นกากเบียร์อัด เป็นขั้นตอนที่สำคัญในการควบคุมกำลังการผลิตของโรงงานเพิ่มขึ้น

ข้อเสียกาวยูเรีย – ฟอร์มัลดีไฮด์คือกลิ่นฉุนของฟอร์มัลดีไฮด์ สำหรับการใช้แผ่นกากเบียร์อัดในสภาพที่มีอุณภูมิสูงและความชื้นมากนั้นควรใช้กาวฟีอลฟอร์มัลดีไฮด์ ในการทำแผ่นชนิดนี้ เนื่องจากโพลิเมอร์ของยูเรีย – ฟอร์มัลดีไฮด์ จะถูกไฮโดรไลซ์และเกิดไฮโดรซีสโดยมีความชื้นและความร้อนเป็นตัวส่งเสริม ส่านการปลดปล่อยฟอร์มัลดีไฮด์ในขณะอัดร้อนและการใช้งานในสถานที่ไม่มีระบายอากาศที่ได้ผลจากการที่กาวยูเรีย - ฟอร์มัลดีไฮด์มีสารฟอร์มัลดีไฮด์อยู่ในระดับสูง

การลดปริมาณการปลดปล่อยสารฟอร์มัลดีไฮด์ (Sormaldehyde Release) สามารถกระทำได้หลายวิธีเช่น

1. ลดสัดส่วนโมลของฟอร์มัลดีไฮด์ในการสังเคราะห์กาวแต่ก็จะให้อัตราการแข็งตัวของกาวช้าลงและอาจมีผลต่อความแข็งแรงของกาว

2. เติมสารยูเรีย (Urea) ลงในส่วนผสมของกาวก่อนพ่นผสมกับชิ้นไม้ในเครื่องผสมแต่ก็ผสมได้ปริมาณหนึ่งในระดับที่เหมาะสมเท่านั้น

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

4. การเพิ่มสัดส่วนสารผ่อนความเป็นกรดเป็นด่าง (Buffer) ชนิดแอมโมเนีย ก็สามารถช่วยชะลอสารระเหยฟอร์มัลดีไฮด์ได้ด้วย

5. เพิ่มความชื้นของชิ้นไม้ในแผ่นเตรียมอัดและระยะเวลาการอัดให้นานขึ้น เนื่องจากระยะเวลาการอัดที่นานขึ้น และปริมาณไปน้ำระเหยออกมามากขึ้น จะรอปริมาณสารระเหยฟอร์มัลดีไฮด์

6. ลดอุณหภูมิและความชื้นสัมพันธ์ของอากาศในโรงงาน

74881

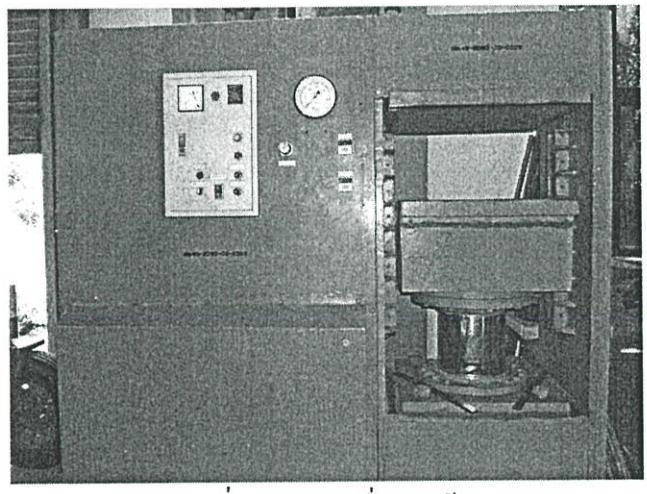
2.5.4 การนำเข้าเครื่องอัดร้อน

หลังจากนำกากเบียร์ที่ได้จากการตากให้แห้งและผ่านกระบวนการในการผสมกาวด้วยกาวยูเรีย-ฟอร์มัลดีไฮด์ และสารเติมแต่งจากเครื่องผสมกาวแล้ว จึงนำมาเข้าเครื่องอัดร้อน ใช้แรงอัดประมาณ 25 กิโลกรัม/ตารางเซ็นติเมตร

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)

เครื่องอัดแบบต่อเนื่องใช้ในการกระบวนการผลิตในระบบอุตสาหกรรมทั้งในรูปแบบการผลิตแผ่นประกอบ แผ่น MDF , แผ่นเกร็ดไม้อัดเรียงเสี้ยน (OBS) เป็นต้น



ภาพที่ 2.2 ภาพเครื่องอัดร้อน

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

2.5.4.1 กรรมวิธีการอัด (Pressing Operation)

การทำให้แผ่นเตรียมอัดแข็งตัวขึ้นและเกิดปฏิกิริยาโพลีเมอร์ไรเซชั่น ของกาว เพื่อผลิตเป็นแผ่นประกอบ จะอยู่ในขั้นตอนของการอัดร้อน แผ่นเตรียมอัดจะถูกบีบอัดจนได้ความหนาตามต้องการขณะเดียวกันกาวที่อยู่บนผิวของชิ้นไม้ก็จะเกิดการโพลีเมอร์ไรซ์ และเชื่อมยึดติดไม้ แล้วแผ่นที่ได้ก็จะถูกนำออกมาทำให้เย็น และส่งไปยังขั้นตอนการตกแต่งต่อไป

กรรมวิธีการอัดเป็นขั้นตอนที่สำคัญอย่างมาก และขึ้นอยู่กับขบวนการต่าง ๆ 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, การแข็งตัวก่อน

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

ลักษณะการกระจายความหนาแน่นลดลั่นทางด้านหน้าตัด เป็นปัจจัยที่สำคัญอีกปัจจัยหนึ่งที่มีผลกระทบต่อคุณสมบัติของแผนประกอบทดแทนไม้ ลักษณะการกระจายความหนาแน่นทางด้านหน้าตัดของแผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตส่วนใหญ่มีความหนาแน่นที่ผิวสูงกว่าความหนาแน่นในชั้นไม้ ดังนั้น คุณสมบัติของแผ่นในลักษณะนี้จะให้คุณสมบัติทางด้านแรงดันที่สูงขึ้นแต่แรงยึดเหนี่ยวภายในจะลดลง แผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่มีคุณสมบัติข้างต้นนี้เกิดจากการใช้ระยะเวลาในการปิดแทนอัด (Press Closing Time) ที่เร็วเกินไปเป็นสาเหตุหนึ่ง การปรับปรุงอาจกระทำโดยการยืดระยะเวลาในการอัดให้ช้าลง หากระยะเวลาในการอัดไม่เพียงพอให้ไอน้ำหนีออกไป แผ่นก็จะเกิดการแยกชั้นอัดเนื่องจากการอัดร้อนถูกเปิดและไอน้ำจำนวนนี้จะพุ่งออกมาอย่างรวดเร็ว นอกจากนี้ยังขัดขวางการเกิดปฏิกิริยาโพลิเมอร์ไรเซชั่นแบบควบแน่น (Condensation Polymerization Reaction) ของกาวด้วย

2.5.5 การทดสอบคุณสมบัติ

หลังจากที่ทำการอัดกากเบียร์ด้วยเครื่องอัดร้อนเสร็จแล้ว จะได้ขนาด 40 x 40 เซนติเมตร ปล่อยทิ้งไว้ให้เย็นแล้วจึงนำมาตัดขอบจะได้ขนาด 35 x 35 เซนติเมตร จากนั้นจึงนำไปตัดขนาดตามที่ทดสอบในแต่ละด้านอีกครั้งหนึ่ง เพื่อหาความแข็งแรงด้วยวิธีการทดสอบ

ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง (มอก.966 – 2533) ซึ่งประกอบด้วย

ด้านกายสมบัติ

1. การทดสอบความหนาแน่น	750	kg/m^3
2. การทดสอบความชื้น	4-10	%
3. การทดสอบการดูดซึมน้ำและการขยายตัวทางความหนา	< 20 และ 8	%

ด้านกลสมบัติ

1. การทดสอบความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า	0.62	Mpa
2. การทดสอบความต้านแรงดัด	20	Mpa
3. การทดสอบความยืดเหนี่ยวของตะปูเกลียว	1445	นิวตัน

การเตรียมแผ่นทดสอบแผ่นประกอบที่ได้จากวัสดุเหลือใช้ประเภทกากเบียร์ หลังจากนำมาอัดเป็นแผ่นประกอบและทำการตกแต่งแล้ว จะมีขนาด 350 x 350 x 10 มิลลิเมตร หลังจากนั้นทำการตัดเพื่อทดสอบหาคุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกลในด้านต่างๆ ทั้งหมด 6 ด้าน ทำการทดสอบด้านละ 5 แผ่น แผ่นทดสอบที่ใช้ทดสอบทั้งหมดจำนวน 25 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

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เศกสิทธิ์ บุญเสริม (2547 : 89) ได้ทำการวิจัยเรื่องการศึกษาและพัฒนาแผ่นประกอบจากวัสดุเหลือทิ้งในอุตสาหกรรมแปรรูปผลิตภัณฑ์มะขาม โดยในกระบนการวิจัยได้ใช้เปลือกและรกหุ้มเนื้อของฝักมะขามอัดขึ้นรูปเป็นแผ่นปาร์ติเคิลบอร์ด ซึ่งใช้การอัดด้วยความร้อนไฮดรอลิคเป็นแผ่นชั้นเดียวแบบอัดราบ ผลการทดสอบคุสมบัติด้านความหนาแน่น , ปริมาณความชื้น , และการยึดเหนียวตาปูเกลียว มีคุณสมบัติผ่านตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์แผ่นปาร์ติเคิลบอร์ด (JIS A 5908 – 1994) และ การทดสอบคุณสมบัติวัสดุเหลือทิ้งจากอุตสาหกรรมแปรรูปผลิตภัณมะขามทั้ง 6 อัตราส่วนมีคุณสมบัติทางกายภาพด้านความหนาแน่นไม่มีความแตกต่าง และในด้านเชิงกลค่าการต้านแรงดัด และการยึดเหนี่ยวตะปูแกลียวมีค่าแตดต่างกันทุกอัตราส่วน ซึ่งสรุปได้ว่า การใช้อัตราส่วนโดยน้ำหนักของเปลือกหุ้มเนื้อมะขามที่แตกต่างกันจะมีคุณสมบัติทางกายภาพที่แตกต่างกันโดยแนวโน้มปริมาณรกหุ้มเนื้อของฝักมะขามที่สูงขึ้นจะมีผลต่อคุณสมบัติทางกายภาพตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์แผ่นปาร์ติเคิลบอร์ด (JIS A 5908 – 1994)

สมชาย บุญพิทักษ์ (2547 : 103) ได้ทำการวิจัยเรื่องการศึกษาและพัฒนากระดาษเหลือใช้เป็นแผ่นประกอบทดแทนไม้ โดยใช้กาวยูเรีย-ฟอร์มัลดีไฮด์ ในอัตราส่วน 7% , 10% , 13% และ 16% ตอปริมาณกระดาษเหลือใช้ ซึ่งหลังการผลิตและทดลองพบว่ามาตรฐานของแผ่นประกอบทดแทนไม้ที่ได้จากกระดาษหนังสือพิมพ์ ยังไม่ได้ตามมาตรฐานการทดสอบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง (มอก. 966 – 2533) แต่สามารถนำไปทำเป็นผลิตภัณฑ์ของตกแต่งได้ เช่น กรอบรูป กล่องใส่นามบัตร และชินส่วนเฟอร์นิเจอร์ประเภทงานกรุ ฯลฯ

ปราณี เลิศสุทธิวงศ์ (2545 : 43) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การใช้ไคโตซานในการผลิตกระดาษคุณภาพสูง ผลการวิจัยปรากฏว่าการเคลือบผิวด้วยไคโตซานสามารถเพิ่มประสิทธิภาพและคุณภาพให้กับวัสดุที่ถูกเคลือบ นอกจากนี้ไคโตซานยังมีประจุบวกสูงสามารถย่อยสลายเองได้ตามธรรมชาติ มีคุณสมบัติที่สามารถต้านการเจริญเติบโตของเชื้อราได้

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

สุพัตรา วาสพงศ์ (2533 : 30) ได้ทำการวิจัยเรื่องหัตถกรรมกระดาษอัดไทย ผลการวิจัยพบว่า งานหัตถกรรมกระดาษไทย เป็นงานหัตถกรรมที่มีความแปลกใหม่ เป็นงานที่ใช้วัสดุเหลือใช้ ประเภทกระดาษต่าง ๆ มาผ่านกรรมวิธีการอัดขึ้นรูป มีรูปแบบต่าง มากมายมีความแข็งแรง ทนทาน มีความสวยงามและมีประโยชน์ใช้สอย มีลักษณะเป็นเอกลักษณ์ของตัวเอง

จรัส ช่วยนะ และคณะ (2545 : 30) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การผลิตปาร์ติเคิลบอร์ดจากเศษไม้ไผ่ค้ำยันเหลือทิ้ง ผลการศึกษาพบว่า สมบัติความด้านแรงดัด (Dry MOR) มอดุลัสยืดหยุ่น (Dry MOB) และสมบัติการด้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าหรือแรงดึงยึดเหนียวภายใน (Dry IB) แปรผันตามระดับกาวที่เพิ่มขึ้น ส่วนสมบัติการพองตัวเมื่อแช่น้ำ (TS) แปรผันตามระดับกาวที่เพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบคุณสมบัติแผ่นปาร์ติเคิลบอร์ดกับเกณฑ์กำหนดมาตรฐาน JIS A 5908 (1994) พบว่าแผ่นปาร์ติเคิลจากเศษไม่ไผ่เหลือทิ้งในสภาวะการผลิตที่ความแน่น 900กก./ลบ.ม. โดยใช้กาวยูเรีย-ฟอร์มัลดีไฮด์ 13 % มีคุณสมบัติดีที่สุด

ทรงกลด จารุสมบัติและวรธรรม อุ่นจิตติชัย (2541 : 10) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การนำกล่องนม UHT กลับมาใช้ประโยชน์ในรูปแบบของแผ่นประกอบ ผลการวิจัยพบว่า กล่องนม UHT เป็นวัสดุเหลือใช้ที่สามารถนำมาผลิตเป็นแผ่นประกอบได้ มีความแข็งแรง และสามารถที่จะใช้เป็นวัสดุทดแทนได้

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

Xian และคณะ (1993 : 16) ได้ทำการศึกษาเส้นใยไผ่ (Bamboo) กาบมะพร้าว (Coconut husk และ Coir) และหญ้า March (Pragmatics)โดยเสริมแรงกับโพลิเมอร์ เช่น Epoxy , Resorcinol Formaldehyde (RF) และ User Formaldehyde (UF) พบว่าความแข็งแรงในการเสริมแรงเรียงลำดับจากมากไปหาน้อยเป็นดังนี้ ไผ่เส้นยาว (Long bamboo Fiber) ไผ่เส้นสั้น (ShortBamboo Fiber) ไผ่ชิ้น(Chipped Bamboo Fiber) กาบมะพร้าว (Coir Fiber) และหญ้า March ตามลำดับ

Raj และคณะ (1993 : 24) ได้ศึกษาการใช้เส้นใยไม้เป็นตัวเติมในโพลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นปานกลาง(Medium Density Polythyiene;MDPE)โดยใช้เส้นใย 3 ชนิดคือเยื่อเชิงกล (Mechanical Pulp)ผงไม้ (Wood Flour) และเยื่อเซลลูโลส (Cellulose Pulp) และได้มีการปรับปรุงเส้นใยก่อนด้วยสารไซเลน (Silane) และโพลิไอโวยาเนต (Polyisocyanate) เพื่อเป็นการปรับปรุงการยึดติดระหว่างเส้นใยกับโพลิเมอร์ พบว่าค่าความแข็งแรงดึงจะเพิ่มขึ้นในกรณีที่มีการปรับปรุงเส้นใยก่อนแต่จะไม่มีผลต่อค่ามอดุลัสยืดหยุ่น ค่ามอดุลัสจะเพิ่มขึ้นเมื่อมีปริมาณเส้นใยเพิ่มขึ้นส่วนค่าเปอร์เซนต์การดึงยึด ณ จุดขาดและพลังงานการแตกหักจะลดลง สำหรับผสมถ้าผสมโดยเครื่องอัดรีด จะมีค่าความแข็งแรงดึงและค่ามอดุลัสสูงกว่าด้วยเครื่องผสมแบบลูกกลิ้ง พบว่า MDEPที่เติมด้วยเยื่อเชิงกลจะมีสมบัติที่ดีกว่าการเติมเยื่อเซลูโลส และผงไม้

George และคณะ (1994 : 25) ได้ทำการศึกษาสมบัติเชิงกลของ LDPE ที่เสริมด้วยเส้นใยได้สูงสุดถึงร้อยละ 30 มีการเปรียบเทียบการเติม 2 วิธี คือโดยทำเป็นสารละลาย(Solution

mixing) และการผสมขนาดหลอม (Melt mixing) พบว่าการเตรียมทั้ง 2 วิธีนี้ค่าความแข็งแรงดึงและค่ามอดุลัสเพิ่มขึ้นตามปริมาณเส้นใย แต่การเตรียมแบบสารละลายจะให้ค่าที่สูงกว่า ส่วนเปอร์เซนต์การดึงยืด ณ จุดขาดจะลดลงอย่างรวดเร็วเมื่อเพิ่มปริมาณเส้นใยสำหรับความยาวของเส้นใยจะมีผลต่อสมบัติคอมโพสิตได้ โดยเส้นใยที่ยาวจะช่วยให้ค่าความแข็งแรงได้และค่ามอดุลัสเพิ่มขึ้น นอกจากนี้การการจัดเรียงตัวกันตามแนวแรงคอมโพสิตที่ได้จะมีความแข็งแรงดึงค่ามอดุลัสสูงกว่าที่จัดตัวตั้วฉากกับแนวแรง

KoKta และคณะ (1989 : 26) ได้ทำการศึกษา สมบัติเชิงกลของโพลิพรอพิลีนที่ใส่ผงไม้ ซึ่งเคลือบด้วยอีโพลีน เพื่อช่วยในการกระจายตัวโดยใช้ไซเลนและโพลิเมทิลีน โพลิฟีนิลไอโอโซไซยาเนต (Polythylene Polyphenyliso Cyanate ; PMPPIC) เป็นสารช่วยยึดติด ทำการผสมโดยใช้เครื่องผสมและลูกกลิ้งขึ้นรูปด้วยวิธีการกดอัด พบว่ากรณีที่ใช้ PMPPIC ร่วมกับอีโพลีนค่าความแข็งดึงจะเพิ่มขึ้นตามปริมาณเส้นใย แต่การปรับปรุงเส้นใยจะมีผลต่อมอดุลัส ค่ามอดุลัสจะขึ้นกับอัตราส่วนความยาวของเส้นผ่าศูนย์กลาง ถ้าเส้นใยยาวจะมีค่ามอดุลัสสูงและการเพิ่มปริมาณเส้นใยก็ทำให้ค่ามอดุลัสเพิ่มขึ้นด้วย แต่ค่าเปอร์เซนต์ดึงยืด ณ จุดขาดและความแข็งแรงกระแทกลดลง

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

ในการวิจัยพัฒนากากเบียร์เป็นแผ่นวัสดุทดแทนไม้ ซึ่งผู้วิจัยได้ศึกษาเรื่องเกี่ยวกับการผลิตเบียร์และ การนำกากเบียร์ที่เหลือจากกระบวนการผลิตจากโรงงานอุตสาหกรรม มาทำการแปรสภาพและทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกลตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง (มอก. 966-2533)
ซึ่งมีขั้นตอนในการดำเนินดังต่อไปนี้

3.1 การกำหนดผลิตภัณฑ์ที่พัฒนา
3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย
3.3 การพัฒนาแผ่นวัสดุทดแทนไม้
3.4 สถานที่ดำเนินการวิจัย
3.5 การเก็บรวบรวมข้อมูล

3.1 การกำหนดผลิตภัณฑ์ที่พัฒนา

ในการวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยได้ทำการกำหนดผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาไว้ ให้ออกมาในลักษณะที่เป็นแผ่นประกอบทดแทนไม้คล้ายกับแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง โดยการใช้กากเบียร์ที่เหลือจากกระบวนการผลิตจากโรงงานอุตสาหกรรม โดยวิธีการนำมาอัดเป็นแผ่นประกอบทดแทนไม้ด้วยกาวยูเรีย-ฟอร์มัลดีไฮด์ผสมตามเปอร์เซ็นต์ซึ่งประกอบไปด้วยกากเบียร์และเนื้อกาว

3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย

3.2.1 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการพัฒนาแผ่นประกอบ

1. กากเบียร์ตากแห้ง
2. กาวยูเรีย - ฟอร์มัลดีไฮด์
3. เตาอบ
4. เครื่องชั่งน้ำหนัก
5. เครื่องผสมกาว
6. ปั๊มลม
7. กล่องเตรียมแผ่นอัด

8. แผ่นโลหะรองอัดขนาด 400 x 400 มม.
9. แท่งโลหะวางอัดแผ่นขนาด 10 มม.
10. เครื่องอัดร้อนในแนวราบ
11. นาฬิกาจับเวลา
12. เครื่องตัดขอบวัสดุแผ่นประกอบ

3.2.2 เครื่องมือทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกลตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง (มอก. 966-2533)

1. ไม้บรรทัดวัดขนาด
2. ไมโครมิเตอร์
3. เครื่องชั่ง
4. เตาอบ
5. เดซิกเคเตอร์
6. เครื่องดึง
9. เครื่องทดสอบวัสดุ UTM (Universal Testing Machine)

3.3 การพัฒนาแผ่นวัสดุทดแทนไม้

3.3.1 ขั้นตอนการผลิตแผ่นวัสดุทดแทนไม้

3.3.1.1 สภาวะต่างๆที่กำหนดในการผลิต

ชนิดเยื่อ	แผ่นประกอบ
ความหนาแน่นของแผ่น	800 กก./ม^3
ความหนาของแผ่น	10 มม.
ขนาดของแผ่น	40 x 40 ซม.
ความชื้นของเยื้อกาวผสมกาว	7 - 10 %
ปริมาณกาวยูเรีย-ฟอร์มัลดีไฮด์	7,10,13, และ16 %
อุณหภูมิในการอัดร้อน	130 องศาเซลเซียส
แรงอัดในการอัดร้อน	130 – 150 กก/ซม.^{2}
ระยะเวลาในการอัดความร้อน	5 นาที

3.3.1.2 เปอร์เซ็นต์กาวที่ใช้การผลิตแผ่นประกอบทดแทนไม้

ตารางที่ 3.1 แสดงเปอร์เซ็นต์กาวที่ใช้ในการผลิตเป็นแผ่นประกอบทดแทนไม้

เปอร์เซ็นกาวที่ใช้ในการอัด		กาวน้ำ (กรัม)	กากเบียร์ (กรัม)
1	7% *	167.48	1291.96
2	10%	232.72	1256.73
3	13%	294.52	1223.36
4	16%	353.10	1191.73

* หมายเหตุ เป็นน้ำหนักของกาวเทียบกับน้ำหนักแห้งของกากเบียร์

3.3.1.3 กระบวนการผลิตแผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจากกากเบียร์

1. นำกากเบียร์ที่เตรียมไว้สำหรับการแปรรูปมาตากให้แห้งตามปริมาณที่ต้องการโดยให้เหลือความชื้นในการเบียร์ให้น้อยที่สุด

2. นำการเบียร์ที่ได้มาทำให้เป็นลักษณะที่ไม่จับตัวเป็นก้อนใหญ่ ซึ่งนำไปผ่านเครื่องร่อนขนาดช่องตะแกรง 2 x 2 ม.ม. ซึ่งส่วนที่ไม่ผ่านตะแกรงเป็นส่วนที่นำมาใช้งานโดยชั่งตามอัตราส่วนที่ต่างๆ ไปแล้วเข้าเครื่องผสมกาว ใช้กาวยูเรีย-ฟอร์มัลดิไฮด์ตามเปอร์เซ็นต์ต่างๆ คือ 7% , 10% , 13% และ 16%

3. นำกากเบียร์ที่ผ่านการผสมกาวเสร็จเรียบร้อยแล้ว มาผ่านอุปกรณ์โรยแผ่น เนื่องจากเนื้อกากเบียร์ที่ผ่านการผสมกาวแล้วจะมีลักษณะเป็นก้อนจึงจำเป็นต้องนำมาเข้ากับอุปกรณ์โรยแผ่น เพื่อให้กากเบียร์ที่โรยไม่เป็นก้อนและมีความสม่ำเสมอกันทั่วทั้งแผ่น ก่อนการนำไปเข้ากับเครื่องอัดร้อน

4. นำกากเบียร์ที่โรยเสร็จแล้วในกล่องแม่แบบขนาด 40 x 40 เซนติเมตร มาวางไว้บริเวณหน้าเครื่องอัดร้อน แล้วใช้ไม้แบบกดทับกากเบียร์ที่อยู่ในกล่องแม่แบบ เพื่อให้เกิดการยึดเกาะกันระหว่างกากเบียร์กับกาวก่อนจึงนำแม่แบบยกออก จากนั้นนำแผ่นเหล็กที่ทาน้ำมันแล้วมารองทั้ง 2 ด้าน ก่อนยกเข้าเครื่องทำการอัดให้ปฏิบัติตามขั้นตอนนี้ตลอดจนครบทุกอัตราส่วน

3.3.1.4 การตัดชิ้นตัวอย่างเพื่อใช้ในการทดสอบ

การตัดแผ่นประกอบเพื่อใช้ในการทดสอบหาคุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกล ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง (มอก. 966-2533)กำหนดขนาดเป็นมิลลิเมตร ดังนี้

แผ่นที่ 1 ใช้ทดสอบความหนาแน่น (Density)

แผ่นที่ 2 ช้ทดสอบความชื้น (Moisturc Content)

แผ่นที่ 3 ใช้ทดสอบต้านแรงดัน (Bending Strength)

แผ่นที่ 4 ใช้ทดสอบต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า (Tension perpendicular to Surface)

แผ่นที่ 5 ใช้ทดสอบการดูดซึมน้ำและการขยายตัวตามความหนา (Water Absorption and Thickness Swelling)

3.3.1.5 ขั้นตอนการทดสอบหาคุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกลของแผ่นประกอบทดแทนไม้ (ตามมาตรฐานผลิตภันฑ์อุตสาหกรรมแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง (มอก. 966-2533)

1. การทดสอบความหนาแน่น (Density)

เป็นการทดสอบเพื่อหาความหนาแน่นของชิ้นทดสอบด้วยวิธีการดังต่อไปนี้

1.1 นำแผ่นประกอบทดแทนไม้ที่ได้จากการอัด มาตัดให้ได้ขนาด 100X 100 มิลลิเมตร

1.2 นำแผ่นที่ตัดเรียบร้อยแล้วมาชั่งน้ำหนักแล้วทำการวัดหาขนาดความกว้างและความยาวของชิ้นที่ใช้ทดสอบ จากนั้นนำมาวัดความหนาทั้ง 4 ตำแหน่ง ดังภาพที่ 3.13 แล้วจึงนำค่าที่ได้มาหาค่าเฉลี่ย

1.3 นำข้อมูลที่ได้จากการทดสอบหาค่าความหนาแน่นจากสูตร

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

2. การทดสอบความชื้น (Moisture Content)

การทดสอบความชื้นเป็นการทดสอบเพื่อหาความชื้นนของชิ้นทดสอบด้วยวิธีการดังต่อไปนี้

2.1 นำแผ่นประกอบทดแทนไม้ที่ได้จากการอัด มาตัดให้ได้ขนาด 100 x 100 มิลลิเมตร

2.2 นำแผ่นที่ตัดเรียบร้อยแล้วมาชั่งน้ำหนักแล้วนำมาเข้าตู้อบ ที่อุณหภูมิที่ 103$\pm$2 องศาเซลเซียส จากนั้นนำมาใส่ เดซิกเคเตอร์ เพื่อทำให้เย็นดังภาพที่ 3.15 จากนั้นนำมาชั่งน้ำหนักอีกครั้งเพื่อหามวลที่อบแห้ง

2.3 นำข้อมูลที่ได้จากการทดสอบมาหาค่าความชื้นจากสูตร

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

3. การทดสอบความต้านแรงดัด (Bending Strength)

การทดสอบความต้านแรงดัด เป็นการทดสอบเพื่อหาค่ามอดุลัสแตกร้าวของชิ้นทดสอบด้วยวิธีดังต่อไปนี้

3.1 นำแผ่นประกอบทดแทนไม้ที่ได้จากการอัด มาตัดให้ได้ขนาด 75 x 290 มิลลิเมตร

3.2 นำชิ้นทดสอบที่ทำการตัดแล้วมาวัดจุดที่ต้องการดัด จากนั้นนำมาวางไว้บนแท่นรองรับที่มีระยะห่าง 240 มิลลิเมตร

3.3 ทำการกดบนจุดกึ่งกลางของชิ้นทดสอบ โดยมีอัตราแรงกดที่สม่ำเสมอจนกระทั่งชิ้นทดสอบหัก

3.4 นำข้อมูลที่ได้จากการทดสอบมาหาค่ามอดุลัสแตกร้าวจากสูตร

$$R = \frac{3P\ell}{2bd^2}$$

R คือ มอดูลัสแตกร้าว เป็นเมกะพาสคัล

P คือ แรงกดสูงสุดที่ชิ้นทดสอบรับได้ เป็นนิวตัน

ℓ คือ ระยะห่างของแท่นรองรับ เป็นมิลลิเมตร

b คือ ความกว้างของชิ้นทดสอบ เป็นมิลลิเมตร

d คือ ความหนาเฉลี่ยของชิ้นทดสอบ เป็นมิลลิเมตร

4. การทดสอบความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า (Tension Perpendicular to Surface)

การทดสอบความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าเป็นการทดสอบเพื่อหาค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าของชิ้นทดสอบด้วยวิธีการดังต่อไปนี้

4.1 นำแผ่นประกอบทดแทนไม้ที่ได้จากการอัดมาตัดให้ได้ขนาด 50x 50 มิลลิเมตร

4.2 นำชิ้นทดสอบที่ตัดแล้วมาติดกับชิ้นอุปกรณ์เหล็กดึงทั้ง 2 ด้านเพื่อจะทดสอบกับแรงดึงด้วยกาวสังเคราะห์ที่มีแรงยึดมากกว่าแรงยึดในตัวชิ้นทดสอบ

4.3 นำชิ้นทดสอบที่เตรียมแล้วไปเข้าเครื่องดึง ดึงด้วยแรงดึงที่สม่ำเสมอจนกว่าชิ้นทดสอบจะแยกออกจากกัน

4.4 นำข้อมูลที่ได้จากการทดสอบมาหาค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าจากสูตร

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

5. การทดสอบการดูดซึมน้ำและการขยายตัวตามความหนา (Water Absorption and Thickness Swilling)

การทดสอบการดูดซึมน้ำและการขายตัวตามความหนา เป็นการทดสอบเพื่อหาค่าการดูดซึมน้ำและการขยายตัวตามความหนา ของชิ้นทดสอบ ด้วยวิธีการดังต่อไปนี้

5.1 นำแผ่นประกอบไม้ที่ได้จากการอัด มาตัดให้ได้ขนาด 100 x 100 มิลลิเมตร

5.2 นำแผ่นที่ได้แล้วมาชั่งน้ำหนักและวัดความหนาด้วยเครื่องทดสอบ

5.3 แช่ชิ้นทดสอบในภาชนะที่บรรจุน้ำนิ่งและสะอาด โดยจัดชิ้นทดสอบให้อยู่ใต้ระดับผิวน้ำ 20 มิลลิเมตรวางชิ้นทดสอบแต่ละชิ้นให้ห่างกัน

5.4 แช่ชิ้นทดสอบจนครบ 24 ชั่วโมง แล้วน้ำมาวางไว้บนผ้าหรือกระดาษซับ ทิ้งไว้ 30 วินาที แล้วนำชิ้นทดสอบออกจากผ้าซับ

5.5 นำชิ้นทดสอบมาชั่งและวัดความหนา หลังจากแช่น้ำแล้ว

5.6 นำข้อมูลที่ได้จากการทดสอบมาหาค่าการดูดซึมน้ำและการขยายตัวทางความหนาจากสูตร

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

$$\text{การขยายตามความหนา (ร้อยละ)} = \frac{\text{ความหนาหลังแช่น้ำ ม.ม.} - \text{ความหนาก่อนแช่น้ำ (ม.ม.)}}{\text{ความหนาก่อนแช่น้ำ (มิลลิเมตร)}} \times 100$$

3.4 สถานที่ดำเนินการวิจัย

3.4.1 สถานที่ดำเนินการ

งานอุตสาหกรรมวัสดุทดแทนไม้ สำนักวิจัยการจัดการป่าไม้และผลิตผลป่าไม้ กรมป่าไม้กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เป็นสถานที่สำหรับจัดเตรียมวัสดุ เครื่องมือและอุปกรณ์ต่างๆ ที่ใช้ในการดำเนินการวิจัยการพัฒนาแผ่นประกอบ

3.4.2 ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย

ในการวิจัยเรื่องการพัฒนากากเบียร์เป็นวัสดุทดแทนไม้นี้ ผู้วิจัยใช้ระยะเวลาในการดำเนินการวิจัยตั้งแต่เดือน พฤษภาคม - สิงหาคม พ.ศ. 2549

3.5 การเก็บรวบรวมข้อมูล

ขั้นตอนการดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลดังนี้

ขอหนังสือจากงานบัณฑิตศึกษา คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ถึงอธิบดีกรมป่าไม้ เรื่องขอข้อมูลเกี่ยวกับการอัดแผ่นวัสดุทดแทนไม้ ไม้และขอความอนุเคราะห์ใช้เครื่องจักรในกระบวนการผลิตแผ่นประกอบทดแทนไม้พร้อมทั้งขอใช้เครื่องมือในการทดสอบสมบัติทางกายภาพและเชิงกลต่างๆ ของแผ่นประกอบทดแทนไม้ที่ผลิตจากกากเบียร์ โดยการบันทึกด้วยการถ่ายภาพและการจดบันทึก เพื่อนำผลที่ได้มาทำการเปรียบเทียบหาคุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกลของแผ่นประกอบทดแทนไม้ที่ใช้วัสดุในการอัดต่างกัน คือ แผ่นวัสดุทดแทนไม้ที่ผลิตจากกากเบียร์

3.6 การวิเคราะห์ข้อมูล

วิจัยได้ดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลดังนี้

1. วิเคราะห์ข้อมูลจากแบบทดสอบด้วยเครื่องทดสอบตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง (มอก. 966-2533) เพื่อทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกลของแผ่นประกอบทดแทนไม้ จากกากเบียร์

การวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกลของแผ่นประกอบทดแทนไม้ที่ได้จากกากเบียร์ 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. สรุปแนวทางการนำวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้ด้วยกากเบียร์ไปใช้งานได้ตรงตามคุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกลที่ได้จากการทดสอบ

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลในการวิจัยเรื่อง การศึกษาและการพัฒนากากเบียร์ เป็นแผ่นประกอบทดแทนไม้ ผู้วิจัยได้นำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล โดยแบ่งเป็น ตอนๆ ดังนี้

ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกลของแผ่นประกอบทดแทนไม้ โดยการหาค่าเฉลี่ย (Mean, $\overline{X}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Dcvication, S.D) ของการทดสอบในแต่ละด้าน แล้วนำเสนอในรูปของตาราง

ตอนที่ 2 ผลวิเคราะห์ข้อมูลเปรียบเทียบความแตกต่างของคุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกลของแผ่นประกอบทดแทนไม้ ตามเปอร์เซ็นต์ของกาว โดยใช้สถิติ Kruskal Wallis One – Way Analysis of Variance หรือ H Test ของการทดสอบในแต่ละด้าน แล้วน้ำเสนอในรูปของตาราง

ตอนที่ 3 สรุปแนวทางการนำวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้ด้วยกากเบียร์ไปใช้งานได้ตรงตามคุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกลที่ได้จากการทดสอบ

ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกลของแผ่นประกอบทดแทนไม้ โดยการหาค่าเฉลี่ย (Mean, $\overline{X}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation, S.D)ของการทดสอบในแต่ละด้าน แล้วนำเสนอในรูปของตาราง

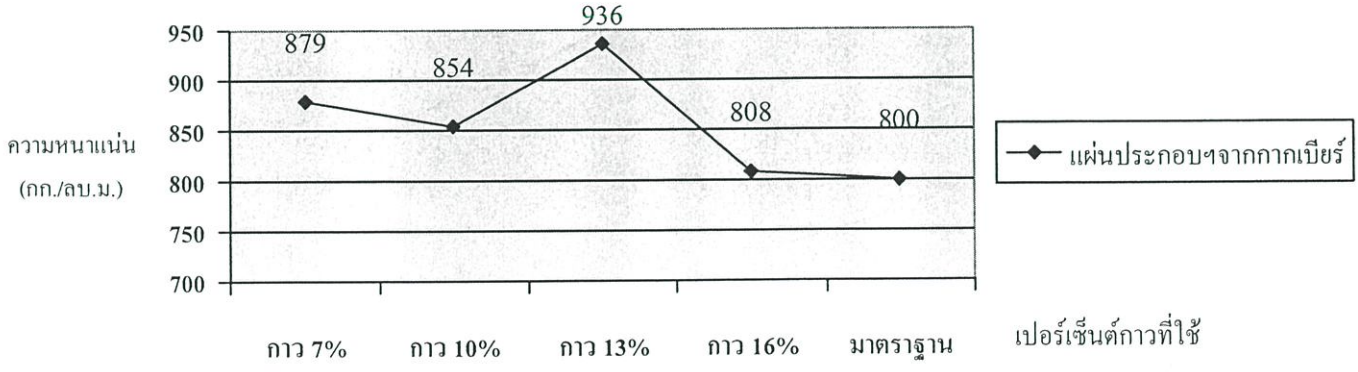
1. ความหนาแน่น (Density)

1.1 แผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจากกากเบียร์

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

ตารางที่ 4.1 แสดงความหนาแน่นของแผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจากกากเบียร์

เปอร์เซ็นต์ของกาวที่ใช้อัดแผ่นประกอบทดแทนไม้ (เปอร์เซ็นต์)	จำนวนแผ่นที่ทำการทดสอบ	ความหนาแน่น		มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง (มอก.966-2533) กก. / ลบ.ม.
		$\overline{X}$ กก. / ลบ.ม.	S.D	
7	5	879	16.15	500-800
10	5	854	23.58	
13	5	936	6.00	
16	5	808	4.90	



ภาพที่ 4.1 แสดงค่าเฉลี่ยของความหนาแน่นของแผ่นประกอบตามเปอร์เซ็นต์กาวทั้ง 4 เปอร์เซ็นต์ โดยที่ เปอร์เซ็นต์ท้ายสุดคือ ค่าคุณสมบัติมาตรฐานเท่ากับ 500-800 กก./ลบ.ม.

จากตารางที่ 4.1 และภาพที่ 4.1 พบว่า แผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจากกากเบียร์ ตามเปอร์เซ็นต์กาวเท่ากับ 7% ,10% , 13% และ 16% ทุกเปอร์เซ็นต์อยู่ในเกณฑ์สูงกว่าค่าหนาแน่นของมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง (มอก.966 – 2533) ที่กำหนดไว้ที่ 500-800 ก.ก / ลบ.ม

โดยแผ่นประกอบมีเปอร์เซ็นต์กาวที่ 16% มีค่าความหนาแน่นน้อยที่สุดคือ 808 กก. / ลบ.ม. และแผ่นประกอบที่มีเปอร์เซ็นต์กาวที่ 10% มีค่าความหนาแน่นมากที่สุดคือ 854 กก./ลบ.ม. ส่วนแผ่นประกอบที่มีเปอร์เซ็นต์กาวที่ 7% และ 13%ที่ค่าความหนาแน่นที่ 879 , 936 กก./ลบ.ม. ตามลำดับ

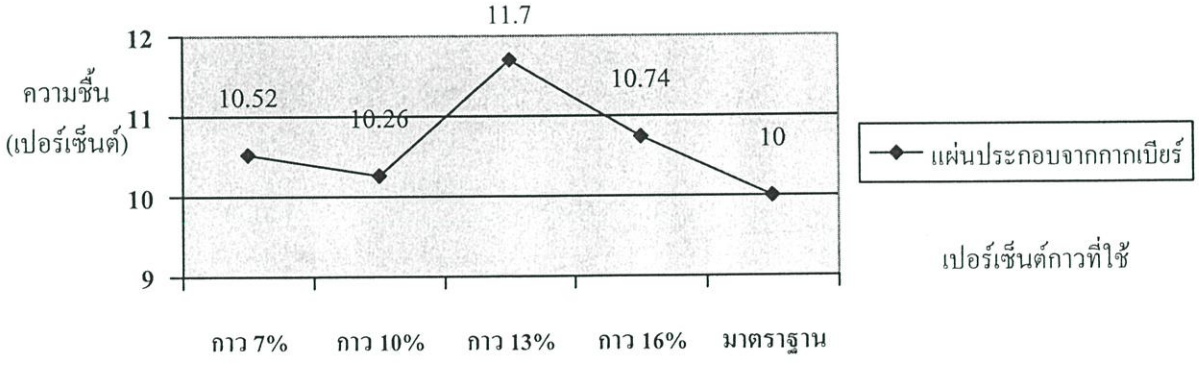
2. ความชื้น (Moisture Content)

2.1 แผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจากกากเบียร์

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

ตารางที่ 4.2 แสดงความชื้นของแผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจากกากเบียร์

เปอร์เซ็นต์ของกาวที่ใช้อัดแผ่นประกอบทดแทนไม้ (เปอร์เซ็นต์)	จำนวนแผ่นที่ทำการทดสอบ	ความชื้น		มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง (มอก.966-2533) (เปอร์เซ็นต์)
		$\overline{X}$ (เปอร์เซ็นต์)	S.D	
7	5	10.52	0.19	4-10
10	5	10.26	0.068	
13	5	11.70	0.07	
16	5	10.74	0.066	



ภาพที่ 4.2 แสดงค่าเฉลี่ยของความความชื้นของแผ่นประกอบตามเปอร์เซ็นต์กาวทั้ง 4 เปอร์เซ็นต์ โดยที่ เปอร์เซ็นต์ท้ายสุดคือ ค่าคุณสมบัติมาตรฐานเท่ากับ 4-10 เปอร์เซ็นต์

จากตารางที่ 4.2 และภาพที่ 4.2 พบว่า แผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจากกากเบียร์ ตามเปอร์เซ็นต์กาวเท่ากับ 7% ,10% , 13% และ 16% ทุกเปอร์เซ็นต์ไม่อยู่ในเกณฑ์ค่าความชื้นของมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง (มอก.966 – 2533) ที่กำหนดไว้ที่ 4-10เปอร์เซ็นต์

โดยแผ่นประกอบมีเปอร์เซ็นต์กาวที่ 10% มีค่าความชื้นน้อยที่สุดคือ10.26 เปอร์เซ็นต์ และแผ่นประกอบที่มีเปอร์เซ็นต์กาวที่ 13% มีค่าความชื้นมากที่สุดคือ 11.70 เปอร์เซ็นต์ ส่วนแผ่นประกอบที่มีเปอร์เซ็นต์กาวที่ 7% และ 16% ที่ค่าความชื้นที่ 10.52 , 10.74 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

3. การดูดซึมน้ำและการขยายตัวทางความหนา (Water Absorption and Thickness Swelling)

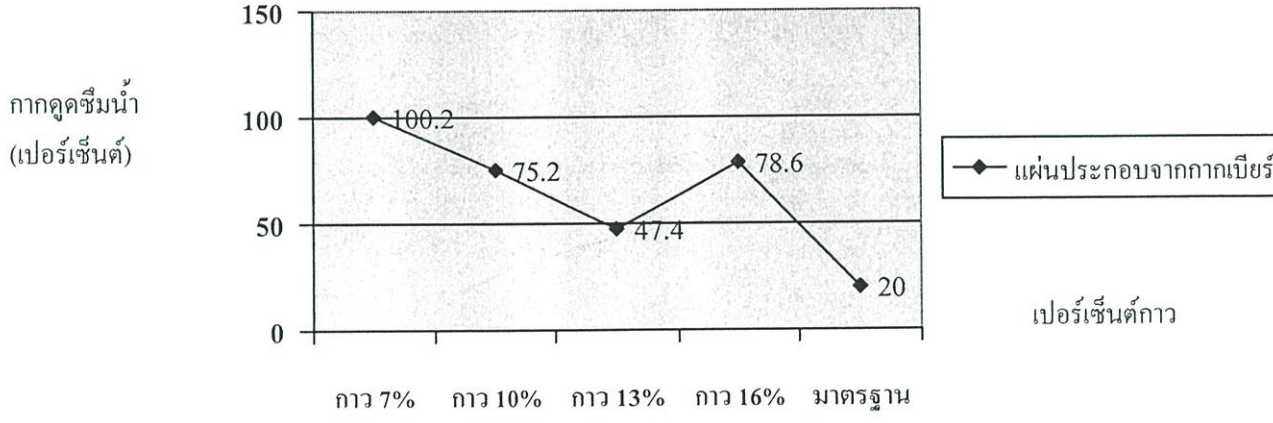
3.1 การดูดซึมน้ำ

3.1.1 แผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจากกากเบียร์

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

ตารางที่ 4.3 แสดงการดูดซึมน้ำของแผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจากกากเบียร์

เปอร์เซ็นต์ของกาวที่ใช้อัดแผ่นประกอบทดแทนไม้ (เปอร์เซ็นต์)	จำนวนแผ่นที่ทำการทดสอบ	การดูดซึมน้ำ		มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง (มอก.966-2533) (เปอร์เซ็นต์)
		$\overline{X}$ (เปอร์เซ็นต์)	S.D	
7	5	100.20	1.85	< 20
10	5	75.20	25.77	
13	5	47.40	1.4	
16	5	78.68	1.94	



ภาพที่ 4.3 แสดงค่าเฉลี่ยของการดูดซึมน้ำของแผ่นประกอบตามเปอร์เซ็นต์ทั้ง 4 เปอร์เซ็นต์ โดยที่เปอร์เซ็นต์ท้ายสุดคือ ค่าคุณสมบัติมาตรฐานเท่ากับ < 20 เปอร์เซ็นต์

จากตารางที่ 4.3 และภาพที่ 4.3 พบว่า แผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจากกากเบียร์ตามเปอร์เซ็นต์กาวเท่ากับ 7% ,10% , 13% และ 16% ทุกเปอร์เซ็นต์ไม่อยู่ในเกณฑ์ค่าการดูดซึมน้ำของมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง (มอก.966 – 2533) ที่กำหนดไว้ที่ < 20 เปอร์เซ็นต์

โดยแผ่นประกอบที่มีเปอร์เซ็นต์กาวที่ 13% มีค่าการดูดซึมน้ำน้อยที่สุดคือ 47.40 เปอร์เซ็นต์ และแผ่นประกอบที่มีเปอร์เซ็นต์กาวที่ 7% มีค่าการดูดซึมน้ำมากที่สุดคือ 100.20 เปอร์เซ็นต์ ส่วนแผ่นประกอบที่มีเปอร์เซ็นต์กาวที่ 10% และ 16% ที่ค่าความชื้นที่ 75.20 , 78.60 เปอร์เซ็นต์

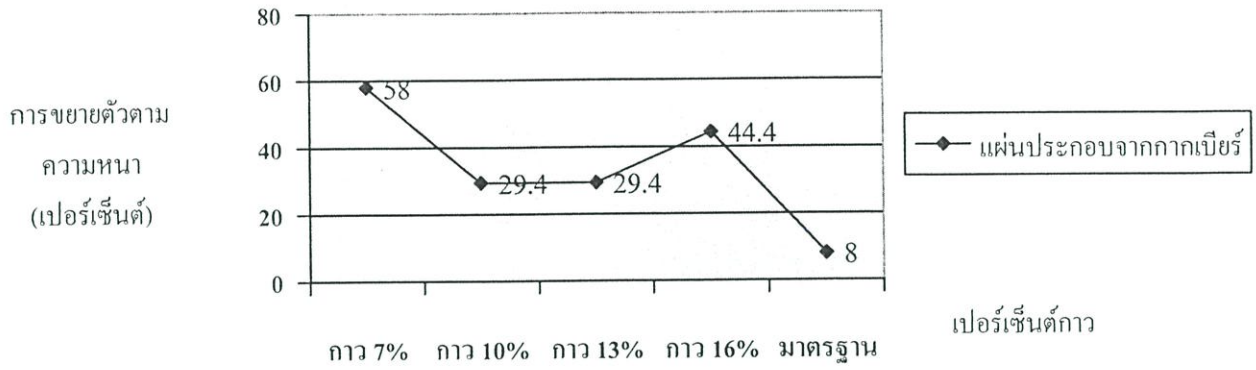
3.2 การขยายตัวตามความหนา

3.2.1 แผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจากกากเบียร์

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

ตารางที่ 4.4 แสดงการขยายตัวตามความหนาของแผ่นประกอบทดแทนไม้ที่ผลิตจากกากเบียร์

เปอร์เซ็นต์ของกาวที่ใช้อัดแผ่นประกอบทดแทนไม้ (เปอร์เซ็นต์)	จำนวนแผ่นที่ทำการทดสอบ	การขยายตัวตามความหนา		มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง (มอก.966-2533) (เปอร์เซ็นต์)
		$\overline{X}$ (เปอร์เซ็นต์)	S.D	
7	5	58.00	5.48	8
10	5	29.40	0.24	
13	5	29.40	1.40	
16	5	44.40	1.94	



ภาพที่ 4.4 แสดงค่าเฉลี่ยของการขยายตัวตามความหนาของแผ่นประกอบตามเปอร์เซ็นต์ทั้ง 4 เปอร์เซ็นต์ โดยที่ เปอร์เซ็นต์ท้ายสุดคือ ค่าคุณสมบัติมาตรฐานเท่ากับ 8 เปอร์เซ็นต์

จากตารางที่ 4.4 และภาพที่ 4.4 พบว่า แผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจากกากเบียร์ตามเปอร์เซ็นต์กาวเท่ากับ 7% ,10% , 13% และ 16% ทุกเปอร์เซ็นต์ไม่อยู่ในเกณฑ์ค่าการขยายตัวตามความหนาของมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง (มอก.966 – 2533) ที่กำหนดไว้ที่ 8 เปอร์เซ็นต์

โดยแผ่นประกอบที่มีเปอร์เซ็นต์กาวที่ 10% และ 13% มีค่าการขยายตัวตามความหนาน้อยที่สุดคือ 29.40 เปอร์เซ็นต์ และแผ่นประกอบที่มีเปอร์เซ็นต์กาวที่ 7% มีค่าการขยายตัวตามความหนามากที่สุดคือ 58.00 เปอร์เซ็นต์ ส่วนแผ่นประกอบที่มีเปอร์เซ็นต์กาวที่ 16% ที่ค่าการขยายตัวตามความหนาที่ 44.40 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

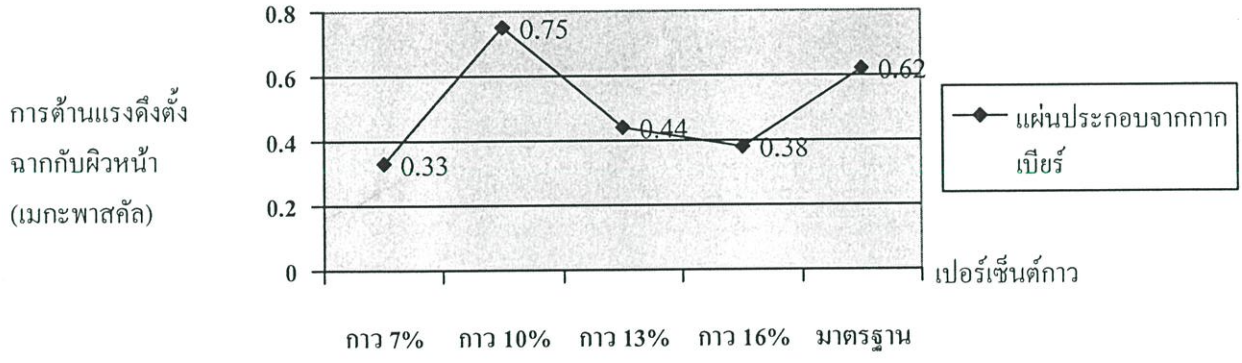
4. ความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า (Tension Perpendicular to Surface)

4.1 แผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจากกากเบียร์

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

ตารางที่ 4.5 แสดงความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าของแผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจากกากเบียร์

เปอร์เซ็นต์ของกาวที่ใช้อัดแผ่นประกอบทดแทนไม้ (เปอร์เซ็นต์)	จำนวนแผ่นที่ทำการทดสอบ	แรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า		มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง (มอก.966-2533) (เมกะพาสคัล)
		$\overline{X}$ (เมกะพาสคัล)	S.D	
7	5	0.33	0.05	0.62
10	5	0.75	0.018	
13	5	0.44	0.025	
16	5	0.38	0.023	



ภาพที่ 4.5 แสดงค่าเฉลี่ยของความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าของแผ่นประกอบตามเปอร์เซ็นต์ทั้ง 4 เปอร์เซ็นต์ โดยที่เปอร์เซ็นต์ท้ายสุดคือ ค่าคุณสมบัติมาตรฐานเท่ากับ 0.62 เมกะพาสคัล

จากตารางที่ 4.5 และภาพที่ 4.5 พบว่า แผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจากกากเบียร์ ตามเปอร์เซ็นต์กาวเท่ากับ 7% , 13% และ 16% ทั้งสามเปอร์เซ็นต์ไม่อยู่ในเกณฑ์ความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง (มอก. 966 – 2533) ที่กำหนดไว้ที่ 0.62 เมกะพาสคัล ส่วนแผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจากกากเบียร์ที่เปอร์เซ็นต์กาวเท่ากับ 10 % อยู่ในเกณฑ์ความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง (มอก.966 – 2533) ที่กำหนดไว้ที่ 0.62 เมกะพาสคัล

โดยแผ่นประกอบที่มีเปอร์เซ็นต์กาวที่ 7% มีค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าน้อยที่สุดคือ 0.33 เมกะพาสคัล และแผ่นประกอบที่มีเปอร์เซ็นต์กาวที่ 10% มีค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้ามากที่สุดคือ 0.75 เมกะพาสคัล ส่วนแผ่นประกอบที่มีเปอร์เซ็นต์กาวที่ 13% และ 16% ที่ค่าความต้านแรงดึงที่ 0.44 , 0.38 เมกะพาสคัล ตามลำดับ

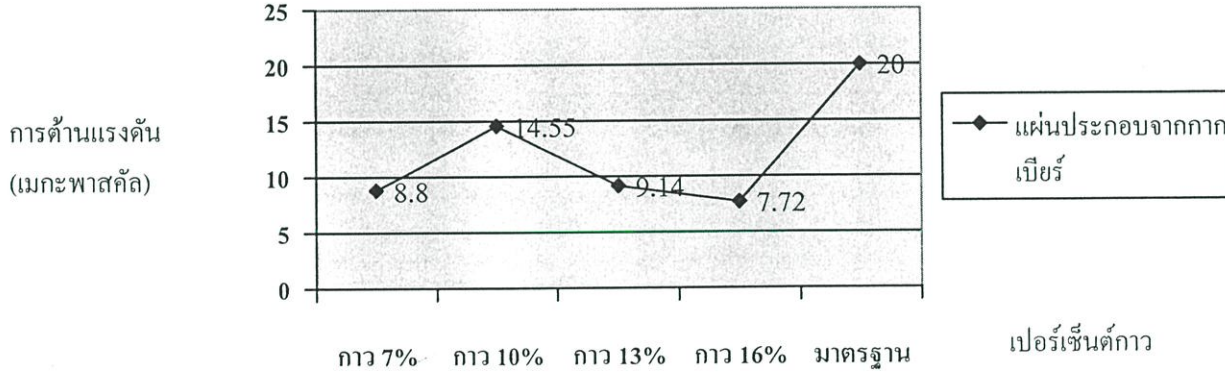
5. ความต้านแรงดัด (Bending Strength)

5.1 แผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจากกากเบียร์

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

ตารางที่ 4.6 แสดงความต้านแรงดัดของแผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจากกากเบียร์

เปอร์เซ็นต์ของกาวที่ใช้อัดแผ่นประกอบทดแทนไม้ (เปอร์เซ็นต์)	จำนวนแผ่นที่ทำการทดสอบ	แรงดัด		มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง (มอก.966-2533) (เมกะพาสคัล)
		$\overline{X}$ (เมกะพาสคัล)	S.D	
7	5	8.80	0.63	20
10	5	14.55	0.26	
13	5	9.14	0.15	
16	5	7.72	0.45	



ภาพที่ 4.6 แสดงค่าเฉลี่ยของความต้านแรงดัดของแผ่นประกอบตามเปอร์เซ็นต์ทั้ง 4 เปอร์เซ็นต์ โดยที่เปอร์เซ็นต์ท้ายสุดคือ ค่าความต้านแรงดัดตามมาตรฐานเท่ากับ 20 เมกะพาสคัล

จากตารางที่ 4.6 และภาพที่ 4.6 พบว่า แผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจากกากเบียร์ตามเปอร์เซ็นต์กาวเท่ากับ 7% ,10% , 13% และ 16% ทุกเปอร์เซ็นต์กาวไม่อยู่ในเกณฑ์ค่าความต้านแรงดัดของมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง (มอก.966 – 2533) ที่กำหนดไว้ที่20 เมกะพาสคัล

โดยแผ่นประกอบที่มีเปอร์เซ็นต์กาวที่ 16% มีค่าความต้านแรงดัดน้อยที่สุดคือ 7.72 เมกะพาสคัล และแผ่นประกอบที่มีเปอร์เซ็นต์กาวที่ 10% มีค่าต้านแรงดัดมากที่สุดคือ 14.55 เมกะพาสคัด ส่วนแผ่นประกอบที่มีเปอร์เซ็นต์กาวที่ 7% และ 13% ที่ค่าความต้านแรงดัดที่ 8.08 , 9.13 เมกะพาสคัล ตามลำดับ

ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเปรียบเทียบความแตกต่างของคุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกลของแผ่นประกอบ ตามเปอร์เซ็นต์ของกาว โดยใช้สถิติ Kruskal Wall One – way Analysis of Variance หรือ H Test ของการทดสอบในแต่ละด้าน แล้วนำเสนอในรูปของตารางดังนี้

1. ความหนาแน่น (Density)

ตารางที่ 4.7 แสดงความแตกต่างของคุณสมบัติทางกายภาพ ตามเปอร์เซ็นต์ของกาว ด้านความหนาแน่นของแผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจากกากเบียร์

เปอร์เซ็นต์กาว (%)	จำนวน (n)	ค่าเฉลี่ยของลำดับ (Mean Rank)	Chi-square	df	Sig
7	5	12.00	10.885	3	.012
10	5	8.90			
13	5	16.50			
16	5	4.60			

จากตารางที่ 4.7 พบว่าจากการเปรียบเทียบความแตกต่างของคุณสมบัติทางกายภาพของแผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจากกากเบียร์ ในเปอร์เซ็นต์ของกาวที่ต่างกัน มีความหนาแน่นแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญที่ .05

2. ความชื้น (Moisture Content)

ตารางที่ 4.8 แสดงความแตกต่างของคุณสมบัติทางกายภาพ ตามเปอร์เซ็นต์ของกาว ด้านความชื้นของแผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจากกากเบียร์

เปอร์เซ็นต์กาว (%)	จำนวน (n)	ค่าเฉลี่ยของลำดับ (Mean Rank)	Chi-square	df.	Sig.
7	5	8.20	12.546	3	.006
10	5	5.40			
13	5	18.00			
16	5	10.40			

จากตารางที่ 4.8 พบว่าจากการเปรียบเทียบความแตกต่างของคุณสมบัติทางกายภาพของแผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจากกากเบียร์ ในเปอร์เซ็นต์ของกาวที่ต่างกัน มีความชื้นแตกต่างกันที่ระดับในสำคัญที่ .05

3. การดูดซึมน้ำและการขยายตัวทางความหนา (Water Absorption and Swelling)

3.1 การดูดซึมน้ำ

ตารางที่ 4.9 แสดงการเปรียบเทียบความแตกต่างของคุณสมบัติทางกายภาพของเปอร์เซ็นต์ของกาว ด้านการดูดซึมน้ำของแผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจากกากเบียร์

เปอร์เซ็นต์กาว (%)	จำนวน (n)	ค่าเฉลี่ยของอันดับ (Mean Rank)	Chi-square	df	Sig.
7	5	17.00	11.725	3	.008
10	5	9.70			
13	5	4.30			
16	5	11.00			

จากตารางที่ 4.9 พบว่าจากการเปรียบเทียบความแตกต่างของคุณสมบัติทางกายภาพของแผนประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจากกากเบียร์ ในเปอร์เซ็นต์ของกาวที่แตกต่างกัน มีการดูดซึมน้ำแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญที่ .05

3.2 การขยายตัวตามความหนา

ตารางที่ 4.10 แสดงการเปรียบเทียบความแตกต่างของคุณสมบัติทางกายภาพตามเปอร์เซ็นต์ ของกาว ด้านการขยายตัวตามความหนา ของแผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจากกากเบียร์

เปอร์เซ็นต์กาว (%)	จำนวน (n)	ค่าเฉลี่ยของอันดับ (Mean Rank)	Chi-square	df	Sig.
7	5	17.5	11.779	3	.008
10	5	6.60			
13	5	6.40			
16	5	11.50			

จากตารางที่ 4.10 พบว่าจากการเปรียบเทียบความแตกต่างของคุณสมบัติทางกายภาพของแผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจากกากเบียร์ ในเปอร์เซ็นต์ของกาวที่แตกต่างกัน มีการขยายตัวตามความหนาแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญที่ .05

4. ความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า (Tension Perpendicular to Surface)

ตารางที่ 4.11 แสดงการเปรียบเทียบความแตกต่างของคุณสมบัติทางกายภาพตามเปอร์เซ็นต์ของกาว ด้านความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า ของแผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจากกากเบียร์

เปอร์เซ็นต์กาว (%)	จำนวน (n)	ค่าเฉลี่ยของอันดับ (Mean Rank)	Chi-square	df	Sig.
7	5	5.30	11.755	3	.008
10	5	17.50			
13	5	11.10			
16	5	8.10			

จากตารางที่ 4.11 พบว่าจากการเปรียบเทียบความแตกต่างของคุณสมบัติทางกายภาพของแผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจากกากเบียร์ ในเปอร์เซ็นต์ของกาวที่แตกต่างกัน มีความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญที่ .05

5. ความต้านแรงดัด (Bending Strength)

ตารางที่ 4.12 แสดงการเปรียบเทียบความแตกต่างของคุณสมบัติเชิงกล ตามเปอร์เซ็นต์ของกาวด้านความต้านแรงดัดของแผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจากกากเบียร์

เปอร์เซ็นต์กาว (%)	จำนวน (n)	ค่าเฉลี่ยของอันดับ (Mean Rank)	Chi-square	df	Sig.
7	5	7.20	13.423	3	.004
10	5	18.00			
13	5	11.40			
16	5	5.40			

จากตารางที่ 4.12 พบว่าการเปรียบเทียบความแตกต่างของคุณสมบัติเชิงกลของแผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจากกากเบียร์ ในเปอร์เซ็นต์ของกาวที่แตกต่างกัน มีความต้านแรงดัดแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญที่ .05

ตอนที่ 3 แนวทางการนำวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้ด้วยกากเบียร์ไปใช้งานได้ตรงตามคุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกลที่ได้จากการทดสอบ

จากการวิเคราะห์ข้อมูลข้องแผ่นวัสดุทดแทนไม้ที่ได้จากจากกากเบียร์นั้น มีคุณสมบัติของแผ่น ไม่เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง (มอก.966-2533) ซึ่งจะไม่สามารถทำเป็นเฟอร์นิเจอร์ หรืออุปกรณ์ขนาดใหญ่ที่ต้องรับแรงเชิงกลมากนัก แต่มีคุณสมบัติที่ไกล้เคียงและสามารถนำมาแปรสภาพเป็นวัสดุตกแต่งที่มีสภาพเทียบเคียงผิวไม้อัดได้

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย อภิปรายและข้อเสนอแนะ

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาขั้นตอนกระบวนการและการทดสอบแผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจากการเบียร์ และได้ทำการสรุปกระบวนการต่างๆ ดังนี้

5.1 สรุปผลการวิจัย

5.1.1 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้ด้วยกากเบียร์
2. เพื่อทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกลของแผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ได้จากกากเบียร์ ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง (มอก. 966-2533)
3. เพื่อสรุปแนวทางการนำวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้ด้วยกากเบียร์ไปใช้งานได้ตรงตามคุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกลที่ได้จากการทดสอบ

5.1.2 ขอบเขตของงานวิจัย

5.1.2.1 ตัวแปรที่ทำการศึกษา

5.1.2.2 ตัวแปรต้น

ได้แก่ ค่าร้อยละของกาวยูเรีย-ฟอร์มัลดีไฮด์ในเปอร์เซ็นต์ต่างๆ คือ 7% , 10%, 13% และ 16% โดยน้ำหนักแห้งของกาวเทียบกับน้ำหนักแห้งของกากเบียร์

5.1.2.3 ตัวแปรตาม

ได้แก่ คุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกลของแผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ได้จากกากเบียร์ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง กับแนวทางการนำวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้จากกากเบียร์ไปใช้งานได้ตรงตามคุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกลที่ได้จากการทดสอบ

5.1.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

5.1.3.1 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการพัฒนาแผ่นประกอบ

4. เครื่องย่อยสลายกากเบียร์
5. กาวยูเรีย – ฟอร์มัลดีไฮด์
6. เครื่องชั่งน้ำหนัก
7. เครื่องผสมกาว
8. ปั๊มลม
9. กล่องเตรียมแผ่นอัด
10. แผ่นโลหะรองอัดขนาด 350 x 350 มม.
11. แท่งโลหะวางอัดแผ่นขนาด 10 มม.
12. เครื่องอัดร้อนในแนวราบ
13. นาฬิกาจับเวลา
14. เครื่องตัดขอบวัสดุแผ่นประกอบ

5.1.3.2 เครื่องมือทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกลตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง (มอก. 966-2533)

1. บรรทัดวัดขนาด
2. ไมโครมิเตอร์
3. เครื่องชั่ง
4. เตาอบ
5. เดซิกเคเตอร์
6. เครื่องดึง
7. เครื่องทดสอบวัสดุ UTM (Universal Testing Machine)

5.1.4 การรวบรวมข้อมูล

ขั้นตอนการรวบรวมเก็บข้อมูลมีดังนี้

ขอหนังสือจากงานบัณฑิตศึกษา คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ถึงอธิบดีกรมป่าไม้ เรื่องขอความอนุเคราะห์เกี่ยวกับข้อมูลการทำแผ่นไม้ประกอบ พร้อมขอความอนุเคราะห์ให้ ท่านอาจารย์วรธรรม อุ่นจิตติชัย นักวิชาการกรมป่าไม้ เป็นที่ปรึกษาควบคุมงานวิจัยร่วม พร้อมขออนุญาติเข้าปฏิบัติการทดลองและใช้เครื่องมือในการทดลองและจัดทำแผ่นตัวอย่างแผ่นประกอบทดแทนไม้ที่ทำจากกากเบียร์

5.1.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

วิจัยได้ดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลดังนี้

1. วิเคราะห์ข้อมูลจากแบบทดสอบด้วยเครื่องทดสอบตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง (มอก. 966-2533) เพื่อทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกลของแผ่นประกอบทดแทนไม้ จากกากเบียร์

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

2. เปรียบเทียบความแตกต่างของคุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกลของแผ่นประกอบทดแทนไม้ตามอัตราส่วนของกาว โดยใช้สถิติ Kruskal Wallis One – Way analysis of Variance หรือ H Test (กานดา พูลลาภทวี, 2530)

3. สรุปแนวทางการนำวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้ด้วยกากเบียร์ไปใช้งานได้ตรงตามคุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกลที่ได้จากการทดสอบ

5.1.6 ผลการวิจัย

จากการนำกากเบียร์มาผลิตเป็นวัสดุแผ่นทดแทนไม้ และทดสอบตามกระบวนการที่กล่าวมาแล้วข้างต้นมีผลดังนี้

ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกลของแผ่นประกอบทดแทนไม้ โดยการหาค่าเฉลี่ย (Mean, $\overline{X}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation, S.D) ของการทดสอบในแต่ละด้าน แล้วนำเสนอในรูปของตาราง

1. ความหนาแน่น (Density)

จากการทดสอบแผ่นประเภททดแทนไม้ ที่ผลิตจากกากเบียร์ จำนวน 20 แผ่น โดยแบ่งตามเปอร์เซ็นต์กาวคือ 7% , 10% , 13% , และ 16% เพื่อการหาค่าเฉลี่ย (Mean, $\overline{X}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation , S.D) คือ แผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจากกากเบียร์ ตามเปอร์เซ็นต์กาวเท่ากับ 7% ,10%,13% และ16% ทุกเปอร์เซ็นต์อยู่ในเกณฑ์สูงกว่าค่าหนาแน่นของมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง (มอก.966 – 2533) ที่กำหนดไว้ที่ 500-800 ก.ก / ลบ.ม

โดยแผ่นประกอบมีเปอร์เซ็นต์กาวที่ 16% มีค่าความหนาแน่นน้อยที่สุดคือ 808 กก. / ลบ.ม. และแผ่นประกอบที่มีเปอร์เซ็นต์กาวที่ 10% มีค่าความหนาแน่นมากที่สุดคือ 854 กก./ลบ.ม. ส่วนแผ่นประกอบที่มีเปอร์เซ็นต์กาวที่ 7% และ 13%ที่ค่าความหนาแน่นที่ 879 , 936 กก./ลบ.ม. ตามลำดับ

2. ความชื้น (Moisture Content)

จากการทดสอบแผ่นประกอบทดแทนแผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจากกากเบียร์ ตามเปอร์เซ็นต์กาวเท่ากับ 7% ,10% , 13% และ 16% ทุกเปอร์เซ็นต์ไม่อยู่ในเกณฑ์ค่าชื้นของมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง (มอก.966 – 2533) ที่กำหนดไว้ที่ 4-10เปอร์เซ็นต์

โดยแผ่นประกอบมีเปอร์เซ็นต์กาวที่ 10% มีค่าความชื้นน้อยที่สุดคือ10.26 เปอร์เซ็นต์ และแผ่นประกอบที่มีเปอร์เซ็นต์กาวที่ 13% มีค่าความหนาแน่นมากที่สุดคือ 11.70 เปอร์เซ็นต์ ส่วนแผ่นประกอบที่มีเปอร์เซ็นต์กาวที่ 7% และ 16% ที่ค่าความชื้นที่ 10.52 , 10.74 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

3. การดูดซึมน้ำและการขยายตัวตามความหนา (Water Absorption and Swelling)

3.1 การดูดซึมน้ำ

การทดสอบด้านการดูดซึมน้ำแผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจากกากเบียร์ตามเปอร์เซ็นต์กาวเท่ากับ 7% ,10% , 13% และ 16% ทุกเปอร์เซ็นต์ไม่อยู่ในเกณฑ์ค่าการดูดซึมน้ำของมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง (มอก.966 – 2533) ที่กำหนดไว้ที่ ด้านการดูดซึมน้ำคือ < 20 เปอร์เซ็นต์ และความหนา 8 เปอร์เซ็นต์

โดยแผ่นประกอบที่มีเปอร์เซ็นต์กาวที่ 13% มีค่าการดูดซึมน้ำน้อยที่สุดคือ 47.40 เปอร์เซ็นต์ และแผ่นประกอบที่มีเปอร์เซ็นต์กาวที่ 7% มีค่าการดูดซึมน้ำมากที่สุดคือ 100.20 เปอร์เซ็นต์ ส่วนแผ่นประกอบที่มีเปอร์เซ็นต์กาวที่ 10% และ 16% ที่ค่าความชื้นที่ 75.20 , 78.60 เปอร์เซ็นต์

3.2 การขยายตัวตามความหนา

การทดสอบด้านการขยายตัวตามความหนาแผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจากกากเบียร์ตาม เปอร์เซ็นต์กาวเท่ากับ 7% ,10% , 13% และ 16% ทุกเปอร์เซ็นต์ไม่อยู่ในเกณฑ์ค่าการขยายตัวตามความหนาของมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง (มอก.966 – 2533) ที่กำหนดไว้ที่ < 20 เปอร์เซ็นต์

โดยแผ่นประกอบที่มีเปอร์เซ็นต์กาวที่ 10% และ 13% มีค่าการขยายตัวตามความหนาน้อยที่สุดคือ 29.40 เปอร์เซ็นต์ และแผ่นประกอบที่มีเปอร์เซ็นต์กาวที่ 7% มีค่าการขยายตัวตามความหนามากที่สุดคือ 58.00 เปอร์เซ็นต์ ส่วนแผ่นประกอบที่มีเปอร์เซ็นต์กาวที่ 16% ที่ค่าการขยายตัวตามความหนาที่ 44.40 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

4. ความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า (Tension perpendicular to Surface)

จากการทดสอบด้านความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าแผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจากกากเบียร์ ตามเปอร์เซ็นต์กาวเท่ากับ 7% , 13% และ 16% ทั้งสามเปอร์เซ็นต์ไม่อยู่ในเกณฑ์ความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง (มอก.966 – 2533) ที่กำหนดไว้ที่ 0.62 เมกะพาสคัล ส่วนแผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจากกากเบียร์ที่เปอร์เซ็นต์กาวเท่ากับ 10 % อยู่ในเกณฑ์ความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง (มอก.966 – 2533) ที่กำหนดไว้ที่ 0.62 เมกะพาสคัล

โดยแผ่นประกอบที่มีเปอร์เซ็นต์กาวที่ 7% มีค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าน้อยที่สุดคือ 0.33 เมกะพาสคัล และแผ่นประกอบที่มีเปอร์เซ็นต์กาวที่ 10% มีค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้ามากที่สุดคือ 0.75 เมกะพาสคัด ส่วนแผ่นประกอบที่มีเปอร์เซ็นต์กาวที่ 13% และ 16% ที่ค่าความต้านแรงดัดที่ 0.44 , 0.38 เมกะพาสคัล ตามลำดับ

5. ความต้านแรงดัด (Bending Strength)

จากการทดสอบด้านความต้านแรงดัดแผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจากกากเบียร์ตามเปอร์เซ็นต์กาวเท่ากับ 7% ,10% , 13% และ 16% มีเปอร์เซ็นต์ไม่อยู่ในเกณฑ์ค่าความต้านแรงดัดของมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง (มอก.966 – 2533) ที่กำหนดไว้ที่20 เมกะพาสคัล

โดยแผ่นประกอบที่มีเปอร์เซ็นต์กาวที่ 16% มีค่าความต้านแรงดัดน้อยที่สุดคือ 7.72 เมกะพาสคัล และแผ่นประกอบที่มีเปอร์เซ็นต์กาวที่ 10% มีค่าต้านแรงดัดมากที่สุดคือ 14.55 เมกะพาสคัด ส่วนแผ่นประกอบที่มีเปอร์เซ็นต์กาวที่ 7% และ 13% ที่ค่าความต้านแรงดัดที่ 8.08 , 9.13 เมกะพาสคัล ตามลำดับ

ตอนที่ 2 ผลวิเคราะห์ข้อมูลเปรียบเทียบแตกต่างของคุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกลของแผ่นประกอบทดแทนไม้ ตามเปอร์เซ็นต์ของกาว โดยใช้สถิติ Kruskal Wallis One –Way Analysis of Variance หรือ H Test ของการทดสอบในแต่ละด้าน

1. ความหนาแน่น (Density)

การเปรียบเทียบการแตกต่างของคุณสมบัติทางกายภาพตามเปอร์เซ็นต์ของกาว ด้านความหนาแน่นของแผ่นประกอบทดแทนไม้ที่ผลิตจากกากเบียร์ที่เขียนพบว่าจากการเปรียบเทียบความแตกต่างของคุณสมบัติทางกายภาพของแผ่นประกอบทดแทนที่ผลิตจากกากเบียร์ ในเปอร์เซ็นต์ของกาวที่แตกต่าง มีความหนาแน่นต่างกันที่นัยสำคัญทางสถิติที่ 0.5

2. ความชื้น (Moisture Content)

การเปรียบเทียบการแตกต่างของคุณสมบัติทางกายภาพตามเปอร์เซ็นต์ของกาว ด้านความชื้น ของแผ่นประกอบทดแทนไม้ที่ผลิตจากกากเบียร์พบว่าจากการเปรียบเทียบความแตกต่างของคุณสมบัติทางกายภาพของแผ่นประกอบทดแทนที่ผลิตจากกากเบียร์ในเปอร์เซ็นต์ของกาวที่แตกต่าง กันมีความชื้นต่างกันที่นัยสำคัญทางสถิติที่ 0.5

3. การดูดซึมน้ำและการขยายตัวตามความหนา (Water Absorption and Swelling)

การเปรียบเทียบการแตกต่างของคุณสมบัติทางกายภาพตามเปอร์เซ็นต์ของกาว ด้านการดูดซึมน้ำและการขยายตัวตามความหนา ของแผ่นประกอบทดแทนไม้ที่ผลิตจากกากเบียร์พบว่าจากการเปรียบเทียบความแตกต่างของคุณสมบัติทางกายภาพของแผ่นประกอบทดแทนที่ผลิตจากกากเบียร์ในเปอร์เซ็นต์ของกาวที่แตกต่าง กันมีความชื้นต่างกันที่นัยสำคัญทางสถิติที่ 0.5

4. ความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า (Tension perpendicular to Surface)

การเปรียบเทียบการแตกต่างของคุณสมบัติทางกายภาพตามเปอร์เซ็นต์ของกาว ด้านความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า ของแผ่นประกอบทดแทนไม้ที่ผลิตจากกากเบียร์พบว่าจากการเปรียบเทียบความแตกต่างของคุณสมบัติทางกายภาพของแผ่นประกอบทดแทนที่ผลิตจากกากเบียร์ในเปอร์เซ็นต์ของกาวที่แตกต่าง กันมีความชื้นต่างกันที่นัยสำคัญทางสถิติที่ 0.5

5. ความต้านแรงดัด (Bending Streenth)

การเปรียบเทียบการแตกต่างของคุณสมบัติทางกายภาพตามเปอร์เซ็นต์ของกาว ด้านความต้านแรงดัด ของแผ่นประกอบทดแทนไม้ที่ผลิตจากกากเบียร์พบว่าจากการเปรียบเทียบความแตกต่างของคุณสมบัติทางกายภาพของแผ่นประกอบทดแทนที่ผลิตจากกากเบียร์ในเปอร์เซ็นต์ของกาวที่แตกต่าง กันมีความชื้นต่างกันที่นัยสำคัญทางสถิติที่ 0.5

ตอนที่ 3 แนวทางการนำวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้ด้วยกากเบียร์ไปใช้งานได้ตรงตามคุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกลที่ได้จากการทดสอบ

จากการวิเคราะห์ข้อมูลข้องแผ่นวัสดุทดแทนไม้ที่ได้จากจากกากเบียร์นั้น มีคุณสมบัติของแผ่น ไม่เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง (มอก.966-2533) ซึ่งจะไม่สามารถทำเป็นเฟอร์นิเจอร์ หรืออุปกรณ์ขนาดใหญ่ที่ต้องรับแรงเชิงกลมากนัก แต่มีคุณสมบัติที่ไกล้เคียงและสามารถนำมาแปรสภาพเป็นวัสดุตกแต่งที่มีสภาพเทียบเคียงผิวไม้อัดได้

5.2 อภิปรายผล

จากผลการวิจัยในการพัฒนาแผ่นประกอบทดแทนไม้ที่ผลิตจากกากเบียร์ส่วนใหญ่ไม่อยู่ในเกณฑ์ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง (มอก.966-2533) จึงส่งผลทำให้แผ่นประกอบทดแทนไม้ที่ผลิตกากเบียร์มีคุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกลที่แตกต่างกันดังจะเห็นได้จากข้อมูลผลของการวิจัยที่ผ่านมา ในเรื่องของการทดสอบหาคุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกลของแผ่นประกอบทดแทนไม้ ซึ่งให้ผลการทดสอบในด้านต่างๆ ดังนี้

1. ด้านความหนาแน่น (Density)

จากผลการทดสอบพบว่า แผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจากกากเบียร์มีค่าความหนาแน่นอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง (มอก.966-2533)

เนื่องด้วยค่าความหนาแน่นที่ได้จากการทสอบชิ้นวัสดุตัวอย่างนั้น ในอัตราส่วนของวัตถุดิบคือกากเบียร์และกาวยูเรียฟอร์-มัลดิไฮด์ ที่ใช้ในการประสานมีการยึดแกะกันอย่างสม่ำเสมอด้วยเนื้อของวัตถุดิบที่พอดีตามปริมาณที่ใช้อย่างเหมาะสมจากการคำนวณจากสูตรที่กำหนด มีผลให้ความหนาแน่นเป็นไปตามมาตรฐานของผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง (มอก.966-2533)

2. ความชื้น (Moisture Content)

จากผลการทดสอบพบว่า แผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจากกากเบียร์มีค่าความชื้น ไม่อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง (มอก.966-2533)

เนื่องด้วยค่าความชื้นที่ได้จากการทดสอบชิ้นวัสดุตัวอย่างนั้น ในอัตราส่วนของวัตถุดิบคือกากเบียร์และกาวยูเรียฟอร์-มัลดิไฮด์ หลังการอัดแผ่นเรียบร้อยแล้วนั้น ค่าของความชื้นที่คงอยู่ในชิ้นตัวอย่างมีค่าสูงกว่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ ดังนั้นเพื่อให้ผลของค่าความชื้นเป็นไปตามมาตราฐาน โดยมีแนวทางในการผลิตชิ้นวัสดุดุตัวอย่างอาจทำการควบคุมความชื้นของวัตถุดิบคือกากเบียร์ให้มีค่าความชื้นต่ำลงจากค่าที่วางไว้คือ 7% - 10% เป็น 4% - 7% เป็นต้น

3. การดูดซึมน้ำและการขยายตัวตามความหนา (Water Absorption and Swelling)

จากผลการทดสอบพบว่า แผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจากกากเบียร์มีค่าการดูดซึมน้ำและการขยายตัวตามความหนา ไม่อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง (มอก.966-2533)

เนื่องด้วยค่าการดูดซึมน้ำและการขยายตัวตามความหนาจากการทดสอบชิ้นวัสดุตัวอย่างนั้น ในอัตราส่วนของวัตถุดิบคือกากเบียร์และกาวยูเรียฟอร์-มัลดิไฮด์ หลังการอัดแผ่นเรียบร้อยแล้วนั้น ค่าการดูดซึมน้ำและค่าการขยายตัวตามความหนาของชิ้นตัวอย่างมีค่าสูงกว่ามาตรฐานที่

กำหนดไว้ ด้วยการฟองตัวของวัตถุดิบที่คือกากเบียร์ที่มีผลจากค่าความชื้นเบื้องต้นและอีกนัยหนึ่งอาจเกิดจากค่าการอัดที่ต่ำเกินไปอาจทำให้การประสานและความหนาแน่นน้อยเกินจนสามารถดูดซึมน้ำได้มากกว่ามาตรฐานและมีค่าการขยายตัวมากขึ้นตามกัน ดังนั้นแนวทางในการลดค่าการดูดซึมน้ำและการขยายตัวตามความหนาโดยวิธีการเพิ่มอุณหภูมิหรือเพิ่มระยะเวลาการอัดตามความเหมาะสม เป็นต้น

4. ความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า (Tension perpendicular to Surface)

จากผลการทดสอบพบว่าแผ่นประกอบทดแทนไม้ที่ผลิตจากกากเบียร์ มีค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า ไม่อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง (มอก.966-2533)

เนื่องด้วยค่าการดูดซึมน้ำและการขยายตัวตามความหนาจากการทดสอบชิ้นวัสดุตัวอย่างนั้น ในอัตราส่วนของวัตถุดิบคือกากเบียร์และกาวยูเรียฟอร์-มัลดิไฮด์ หลังการอัดแผ่นเรียบร้อยแล้วนั้น ค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้ามีค่าต่ำกว่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ ด้วยเกิดจากการประสานตัวของผิววัตถุดิบที่น้อยเกินไป ดังนั้นแนวทางแก้ไขโดยการนำวัตถุดิบคือกากเบียร์ที่มีการคัดแยกผ่านตะแกรงเบอร์ 1 (2 ม.ม.x 2 ม.ม.) มาผสม หรือวัตถุดิบชนิดอื่นที่เป็นใยมาเป็นตัวประสาน เพื่อการทดสอบครั้งต่อไป เป็นต้น

5. ความต้านแรงดัด (Bending Streenth)

จากผลการวิจัยพบว่าแผ่นประกอบทดแทนไม้ที่ผลิตจากกากเบียร์ มีค่าความต้านแรงดัดไม่อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง (มอก.966-2533)

เนื่องด้วยค่าการดูดซึมน้ำและการขยายตัวตามความหนาจากการทดสอบชิ้นวัสดุตัวอย่างนั้น ในอัตราส่วนของวัตถุดิบคือกากเบียร์และกาวยูเรียฟอร์-มัลดิไฮด์ หลังการอัดแผ่นเรียบร้อยแล้วนั้น ค่าความต้านแรงดัดค่าต่ำกว่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ ด้วยเกิดจากการประสานตัวของผิววัตถุดิบที่น้อยเกินไป ดังนั้นแนวทางแก้ไขโดยการนำวัตถุดิบคือกากเบียร์ที่มีการคัดแยกผ่านตะแกรงเบอร์ 1 (2 ม.ม.x 2 ม.ม.) มาผสม หรือวัตถุดิบชนิดอื่นที่เป็นใยมาเป็นตัวประสาน เพื่อการทดสอบครั้งต่อไป เป็นต้น

ดังนั้นแนวทางการนำวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้ที่ได้จากกากเบียร์ของการการวิจัยในครั้งนี้ไปใช้งานให้ตรงตามคุณสมบัติทางกายภาพ และเชิงกลที่ได้จากการทดสอบในเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง (มอก.966-2533) สามารถสรุปแนวทางได้ คือ คุณสมบัติของแผ่นประกอบที่ได้จากกากเบียร์ไม่เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง (มอก.966-2533) แต่มีคุณสมบัติที่

ไกล้เคียงและสามารถนำมาแปรสภาพเป็นวัสดุตกแต่งที่มีสภาพเทียบเคียงผิวไม้อัด หรืออุปกรณ์ที่ไม่ต้องการรับแรงเชิงกลมากนัก เช่น ผลิตภัณฑ์จำพวกของตกแต่งได้ เช่น กรอบรูป กล่องใส่นามบัตร ชิ้นส่วนเสริมงานเฟอร์นิเจอร์ประเภทงานกรุฯลฯ

5.3 ข้อเสนอแนะ

5.3.1 การนำผลการวิจัยไปใช้

แผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ได้จากกากเบียร์ มีคุณสมบัติที่เหมาะสมที่จะใช้ในการสร้างเป็นผลิตภัณฑ์ที่ไม่ต้องใช้แรงกระทำทางด้านแรงดัด แรงดึงและรับน้ำหนักมากนักเพราะแผ่นประกอบไม้ทดแทนที่ได้จากกากเบียร์ไม่อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง (มอก.966-2533) แต่ก็สามารถที่จะนำไปผลิตเป็นผลิตภัณฑ์จำพวกของตกแต่งได้ โดยการประยุคต์ดัดแปลงให้ดูมีคุณค่าและราคาด้วยต่อไป

5.3.2 การวิจัยครั้งต่อไป

1. การพัฒนาแผ่นประกอบไม้ทดแทนไม้ ที่ผลิตจากกากเบียร์ใช้ ควรมีการปรับปรุงเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ ของคุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกลของแผ่นประกอบทดแทนไม้อาจมีการใส่สารเพิ่มความแข็งเข้าไปหรือมีการเปลี่ยนชนิดของกาวที่ใช้ในการเป็นตัวประสานจากการยูเรีย-ฟอร์มาลดีไฮด์ เป็นกาวชนิดอื่นๆ

2. ในการพัฒนาแผ่นประกอบไม้ทดแทนไม้ในครั้งต่อไปผู้วิจัยจึงขอเสนอแนะน่าจะมีการนำวัสดุเหลือใช้ประเภทอื่นๆ มาใช้ในการผลิตเป็นแผ่นประกอบทดแทนไม้และการนำวัสดุอะไรก็ตามที่จะนำมาพัฒนาเป็นแผ่นประกอบ เพื่อส่งเสริมและสนับสนุนวัสดุที่มีอยู่ในชุมชนและวัสดุเหลือใช้จากงานอุตสาหกรรมมาใช้ให้เกิดประโยชน์ สูงสุด

บรรณานุกรม

กาญจนาภิเษก . [Online] . Available http : // kanchanapisek.or.th

ข้อมูลกลาง. 2548 . **สถิติการป่าไม้ของประเทศไทย กรมป่าไม้.** กรุงเทพฯ :154 น.

จรัญ ช่วยชนะ และคณะ. 2545. **การผลิตปาร์ติเคิลบอร์ดจากเศษไม้ไผ่ค้ำยันเหลือทิ้ง.** การประชุมกรมป่าไม้ ประจำปี (ด้านวัสดุทดแทนไม้) วันที่ 18-20 กันยายน 2545

ชูศรี วงศ์รัตนะ 2541. **สถิติเพื่อการวิจัย.** กรุงเทพฯ : เทพนิมิตการพิมพ์

ทรงกลด จารุสมบัติ และ วรธรรม อุ่นจิตติชัย 2545. **การนำกล่อง UHT กลับมาใช้ประโยชน์ในรูปแบบของแผ่นประกอบ** การประชุมกรมป่าไม้ ประจำปี (ด้านวัสดุทดแทนไม้) วันที่ 18-20 กันยายน 2545

ธานินทร์ ศิลป์จารุ. 2549. **การวิจัยและวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วย SPSS.** กรุงเทพฯ :วีอินเตอร์พริ้นท์

นิรัช สุดสังข์. 2548. **การวิจัยการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม.** กรุงเทพฯ : อเดียนสโตร์.

บริษัท ไม้อัดไทย จำกัด.[Online] . Available : http://www.market@thaiplywood.com

เบียร์ทิพย์ บริวเวอรี่ (1991) จำกัด. 2548. **เบียร์และกระบวนการผลิตเบียร์.** สื่อการสอนการผลิตเบียร์

พรพิมล อมรโชติ และคณะ. 2545. **การพัฒนาใช้ประโยชน์ไม้สักขนาดเล็กจากสวนป่า เพื่อผลิตเป็นแผ่นวัสดุทดแทนไม้.** การประชุมกรมป่าไม้ ประจำปี (ด้านวัสดุทดแทนไม้) วันที่ 18-20 กันยายน 2545

ยุทธพงษ์ กัยวรรณ.2543 **พื้นฐานงานวิจัย.** กรุงเทพฯ : สุวีริยาสานส์น

วรธรรม อุ่นจิตติชัย. 2548. **การแปรรูปเศษวัสดุไม้และการเกษตรเพื่อใช้ทำเครื่องเรือนและเครื่องใช้ทดแทนไม้.** เอกสารประกอบการฝึกอบรมและถ่ายทอดเทคโนโลยีเชิงปฏิบัติการ

วรธรรม อุ่นจิตติชัย และคณะ 2541[Online] . Available : http://www.oie.go.th

วารุณี พานิชผล และ วลัยกานต์ เจียมเจตจรูญ. 2541. **ตารางคุณค่าอาหารสัตว์.** เอกสารวิชาการ กลุ่มงานวิเคราะห์อาหารสัตว์ กองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

วิกีพิเดีย สาราณุกรมเสรี . [Online] . Available : http://www.dld.go.th

เศกสิทธิ์ บุญเสริม . 2547 . **การศึกษาและพัฒนาแผ่นประกอบจากวัสดุเหลือทิ้งในอุตสาหกรรมแปรรูปผลิตภัณฑ์มะขาม**

สมชาย บุญพิทักษ์ . 2547. **การศึกษาและพัฒนากกระดาษเหลือใช้เป็นแผ่นประกอบทดแทนไม้.**

สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย.[Online].Available:
http://www.tistr.or.th/home

สำนักวิจัยการจัดการป่าไม้และผลิตผลป่าไม้ กรมป่าไม้. 2548. **ปริมาณไม้นำเข้า.**เอกสารประกอบการฝึกอบรมและถ่ายทอดเทคโนโลยีเชิงปฏิบัติการ

สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม. [Online] . Available : http://www.oie.go.th

สำนักงานมาตราฐานอุตสาหกรรม. 2433. **มาตราฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นใยความหนาแน่นปายกลาง มอก.966-2533**. ม.ท.ป.

George, J.et.al. 1994."Mechanicel and Viscoelastic Properties of Short Pineapple Fiber Reinforces Low-Density Polyethylene Composites."**Polymer ScienceScience Recent Advances**.2:25

Kokta, B.V.et.al.1989."Use of Wood Filler in Polyethylene :Studies on Mechanical Properties. "**Polym-Plast.Technol Eng**.28 (3) :26

RaJ,R.G.et.al.1993 Mechanical Properties."Plastic and Rubber Processing and Application. 11:24

Xiam,X.J et.al.1993 Mechanical Behauior and Microstructure of Nature Plant Fiber Reinforced Composite Materiel. "**Proc Int Conf. Compos. Master**.2:16

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก.

เอกสารการดำเนินงานที่เกี่ยวข้อง

ที่ ศธ 0524.04/ 0512

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารล
ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 1

2 กุมภาพันธ์ 2549

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ให้กับนักศึกษา

เรียน อธิบดีกรมป่าไม้

ด้วย นายคัมภีร์ นนทราช นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมห บัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลา กระบัง มีความประสงค์จะขอเชิญเรียนเชิญ อาจารย์วรธรรม อุ่นจิตติชัย เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อควบคุ วิทยานิพนธ์ร่วม เพื่อประกอบการจัดเตรียมหัวข้อและเค้าโครงวิทยานิพนธ์ เรื่อง "การศึกษาและพัฒน กากเบียร์เป็นแผ่นวัสดุทดแทนไม้"

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์ให้กับนักศึกษาดังกล่าว และหวังเป็นอย่างยิ่งว่าจะ ได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดี และขอขอบคุณ มา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์เลิศลักษณ์ กลิ่นหอม)
รองคณบดี กำกับดูแลงานด้านบัณฑิตศึกษา
ปฏิบัติราชการแทนคณบดี

หน่วยบัณฑิตศึกษา
โทร. 02-737-3000 ต่อ 3692
โทรสาร 02-326-4325

ที่ ศธ 0524.04/ 0512

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

2 กุมภาพันธ์ 2549

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ให้กับนักศึกษา

เรียน กรรมการผู้จัดการ บริษัท เบียร์ทิพย์ บริวเวอรี่ (1991) จำกัด

ด้วย นายคัมภีร์ นนทราช นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง มีความประสงค์จะขอความร่วมมือจากบริษัทของท่านและขอตัวอย่างกากเบียร์อบแห้ง (ไม่อัดเม็ด) เพื่อนำมาศึกษาและประกอบการจัดเตรียมทำหัวข้อและเค้าโครงวิทยานิพนธ์ เรื่อง "การศึกษาและพัฒนากากเบียร์เป็นแผ่นวัสดุทดแทนไม้" ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษารายบุคคลวิชา Individual Study

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์ให้กับนักศึกษาดังกล่าว และหวังเป็นอย่างยิ่งว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดี และขอขอบคุณ มา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์เลิศลักษณ์ กลิ่นหอม)
รองคณบดี กำกับดูแลงานด้านบัณฑิตศึกษา
ปฏิบัติราชการแทนคณบดี

หน่วยบัณฑิตศึกษา
โทร. 02-737-3000 ต่อ 3692
โทรสาร. 02- 326-4325

ภาคผนวก ข.

การคำนวณปริมาณวัตถุดิบ ที่ใช้ในการผลิตแผ่นประกอบทดแทนไม้

การคำนวณอัตราส่วนของกาวและกากเบียร์ ที่ใช้ในการผลิตแผ่นประกอบทดแทนไม้

<u>กาว 7 %</u>

แผ่นวัสดุมีความหนาแน่น	0.80	กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร
อัดแผ่นขนาด	40 x 40	เซนติเมตร
มีความหนา	10	มิลลิเมตร

<u>สูตร</u> ความหนาแน่น = มวลหรือน้ำหนัก / ปริมาตร

มวล = ปริมาตร x ความหนาแน่น

= (40 x 40 x 1.0) x 0.80

น้ำหนัก / แผ่น = 1280 กรัม

มวลของวัสดุ + มวลของกาว = น้ำหนัก / แผ่น

X + 0.07X = 1280

1.07X = 1280

X = <u>1280</u>

1.07

X = 1196.26 กรัม

(ค่าความชื้น 7.80) X = 1196.26 x 1.08

* มวลของวัสดุ = 1291.96 กรัม

มวลของกาว 7 % = 0.07 x 1196.26

= 83.74 กรัม

กาวผสมน้ำปริมาณ 50/50 = <u>83.74 x 100</u>

50

* มวลของกาว = 167.48 กรัม

ฉะนั้น การเตรียมก่อนอัดต้องใช้วัสดุที่ผสมกาวแล้ว = 1291.96 + 167.48 = **1459.44** กรัม

<u>สรุปอัตราส่วนที่ใช้ในการอัด</u>

กากเบียร์	1291.96+10%	= 1421.16	กรัม
ปริมาณกาว	167.48 +10%	= 184.23	กรัม

<u>หมายเหตุ</u> + 10% เผื่อการกระจายตัวของกากเบียร์และกาวในขั้นตอนการผลิต

<u>กาว 10 %</u>

แผ่นวัสดุมีความหนาแน่น	0.80	กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร
อัดแผ่นขนาด	40 x 40	เซนติเมตร
มีความหนา	10	มิลลิเมตร

<u>สูตร</u> ความหนาแน่น = มวลหรือน้ำหนัก / ปริมาตร

มวล = ปริมาตร x ความหนาแน่น

= (40 x 40 x 1.0) x 0.80

น้ำหนัก / แผ่น = 1280 กรัม

มวลของวัสดุ + มวลของกาว = น้ำหนัก / แผ่น

$X + 0.10X = 1280$

$1.10X = 1280$

$X = \frac{1280}{1.10}$

$X = 1163.64$ กรัม

(ค่าความชื้น 7.80) $X = 1163.64 \times 1.08$

* มวลของวัสดุ = 1256.73 กรัม

มวลของกาว 10 % = 0.10 x 1163.64

= 116.36 กรัม

กาวผสมน้ำปริมาณ 50/50 = $\frac{116.36 \times 100}{50}$

* มวลของกาว = 232.72 กรัม

ฉะนั้น การเตรียมก่อนอัดต้องใช้วัสดุที่ผสมกาวแล้ว = 232.72 + 1256.73 = **1489.45** กรัม

<u>สรุปอัตราส่วนที่ใช้ในการอัด</u>

กากเบียร์	1256.73 +10%	= 1382.40	กรัม
ปริมาณกาว	232.72 +10%	= 255.99	กรัม

<u>หมายเหตุ</u> + 10% เผื่อการกระจายตัวของกากเบียร์และกาวในขั้นตอนการผลิต

<u>กาว 13 %</u>

แผ่นวัสดุมีความหนาแน่น	0.80	กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร
อัดแผ่นขนาด	40 x 40	เซนติเมตร
มีความหนา	10	มิลลิเมตร

<u>สูตร</u> ความหนาแน่น = มวลหรือน้ำหนัก / ปริมาตร

มวล = ปริมาตร x ความหนาแน่น

= (40 x 40 x 1.0) x 0.80

น้ำหนัก / แผ่น = 1280 กรัม

มวลของวัสดุ + มวลของกาว = น้ำหนัก / แผ่น

X + 0.13X = 1280

1.13X = 1280

$X = \frac{1280}{1.13}$

X = 1132.74 กรัม

(ค่าความชื้น 7.80) X = 1132.74 x 1.08

* มวลของวัสดุ = 1223.36 กรัม

มวลของกาว 13 % = 0.13 x 1132.74

= 147.26 กรัม

กาวผสมน้ำปริมาณ 50/50 = $\frac{147.26 \times 100}{50}$

* มวลของกาว = 294.52 กรัม

ฉะนั้น การเตรียมก่อนอัดต้องใช้วัสดุที่ผสมกาวแล้ว = 294.52 + 1223.36 = **1517.88** กรัม

<u>สรุปอัตราส่วนที่ใช้ในการอัด</u>

กากเบียร์	1223.36 +10%	= 1345.69	กรัม
ปริมาณกาว	294.52 +10%	= 323.97	กรัม

<u>หมายเหตุ</u> + 10% เผื่อการกระจายตัวของกากเบียร์และกาวในขั้นตอนการผลิต

กาว 16 %

แผ่นวัสดุมีความหนาแน่น	0.80	กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร
อัดแผ่นขนาด	40 x 40	เซนติเมตร
มีความหนา	10	มิลลิเมตร

สูตร ความหนาแน่น = มวลหรือน้ำหนัก / ปริมาตร

มวล = ปริมาตร x ความหนาแน่น

= (40 x 40 x 1.0) x 0.80

น้ำหนัก / แผ่น = 1280 กรัม

มวลของวัสดุ + มวลของกาว = น้ำหนัก / แผ่น

$X + 0.16X = 1280$

$1.16X = 1280$

$X = \frac{1280}{1.16}$

$X = 1103.45$ กรัม

(ค่าความชื้น 7.80) $X = 1103.45 \times 1.08$

* มวลของวัสดุ = 1191.73 กรัม

มวลของกาว 16 % = 0.16 x 1103.45

= 176.55 กรัม

กาวผสมน้ำปริมาณ 50/50 = $\frac{176.55 \times 100}{50}$

* มวลของกาว = 353.10 กรัม

ฉะนั้น การเตรียมก่อนอัดต้องใช้วัสดุที่ผสมกาวแล้ว = 353.10 + 1191.73 = **1544.83** กรัม

สรุปอัตราส่วนที่ใช้ในการอัด

กากเบียร์	1191.73 +10%	= 1310.90	กรัม
ปริมาณกาว	353.10 +10%	= 194.20	กรัม

หมายเหตุ + 10% เผื่อการกระจายตัวของกากเบียร์และกาวในขั้นตอนการผลิต

ภาคผนวก ค.

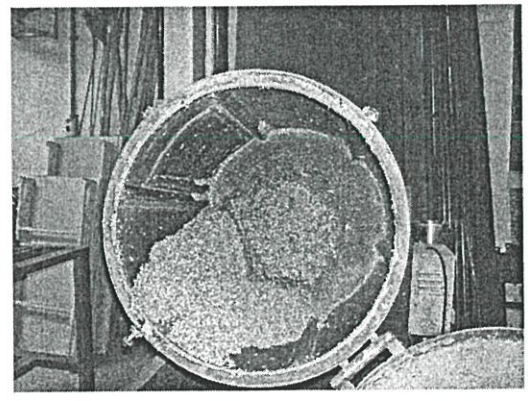
ภาพประกอบกระบวนการการผลิตและทดสอบแผ่นประกอบทดแทนไม้จากกากเบียร์

ภาพประกอบกระบวนการการผลิตแผ่นประกอบทดแทนไม้จากกากเบียร์

1. นำกากเบียร์ที่เตรียมไว้สำหรับการแปรรูปมาตากให้แห้งตามปริมาณที่ต้องการ โดยให้เหลือความชื้นในการเบียร์ให้น้อยที่สุด

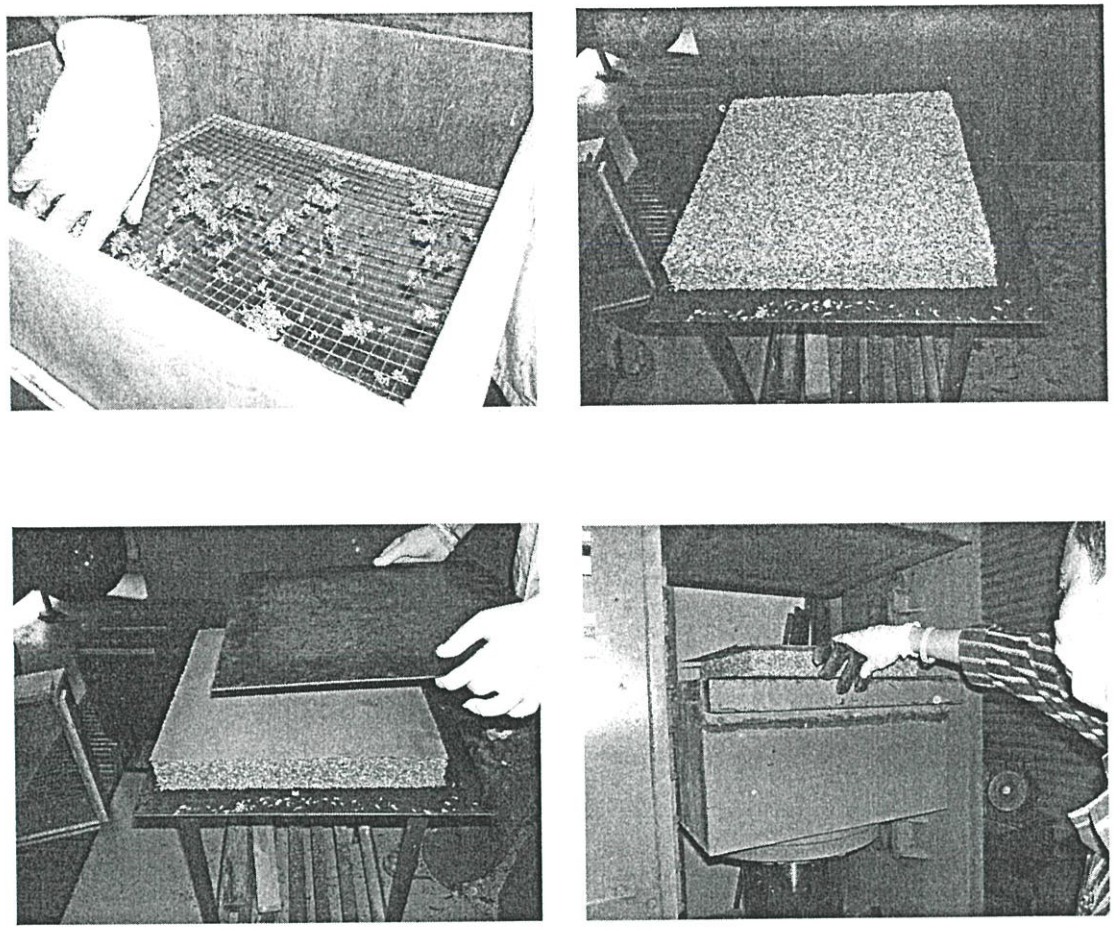
ภาพที่ ค.1 แสดงเนื้อกากเบียร์อบแห้งและการแยกขนาดของกากเบียร์ด้วยตะแกรง

2. นำการเบียร์ที่ได้มาทำให้เป็นลักษณะที่ไม่จับตัวเป็นก้อนใหญ่ ซึ่งนำไปผ่านเครื่องร่อนขนาดช่องตะแกรง 2 x 2 ม.ม. ซึ่งส่วนที่ไม่ผ่านตะแกรงเป็นส่วนที่นำมาใช้งานโดยชั่งตามอัตราส่วนที่ต่างๆ ไปแล้วเข้าเครื่องผสมกาว ใช้กาวยูเรีย-ฟอร์มัลดิไฮด์ตามเปอร์เซ็นต์ต่างๆ คือ 7% , 10% , 13% และ 16%



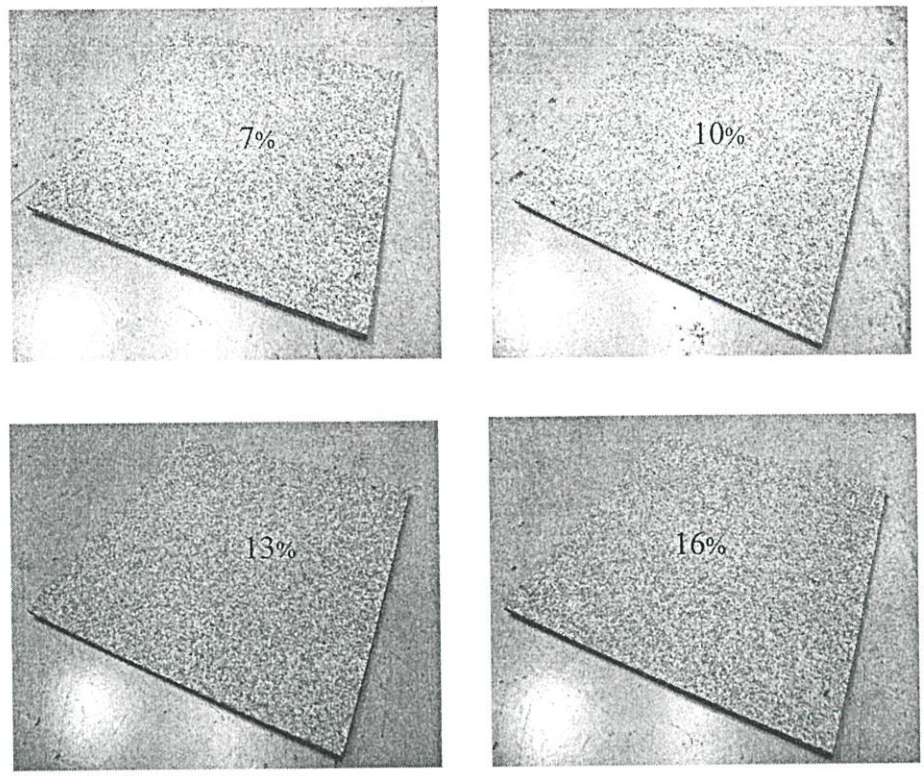
ภาพที่ ค.2 แสดงการผสมกาวด้วยเครื่องผสมกาว

3. นำกากเบียร์ที่ผ่านการผสมกาวเสร็จเรียบร้อยแล้ว มาผ่านอุปกรณ์โรยแผ่น เนื่องจากเนื้อกากเบียร์ที่ผ่านการผสมกาวแล้วจะมีลักษณะเป็นก้อนจึงจำเป็นต้องนำมาเข้ากับอุปกรณ์โรยแผ่น เพื่อให้กากเบียร์ที่โรยไม่เป็นก้อนและมีความสม่ำเสมอกันทั่วทั้งแผ่น ก่อนการนำไปเข้ากับเครื่องอัดร้อน



ภาพที่ ค.3 การโรยแผ่นและนำแผ่นเข้าเครื่องอัดด้วยความร้อน

4. นำกากเบียร์ที่โรยเสร็จแล้วในกล่องแม่แบบขนาด 40 x 40 เซนติเมตร มาวางไว้บริเวณหน้าเครื่องอัดร้อน แล้วใช้ไม้แบบกดทับกากเบียร์ที่อยู่ในกล่องแม่แบบ เพื่อให้เกิดการยึดเกาะกันระหว่างกากเบียร์กับกาวก่อนจึงนำแม่แบบยกออก จากนั้นนำแผ่นเหล็กที่ทาน้ำมันแล้วมารองทั้ง 2 ด้าน ก่อนยกเข้าเครื่องทำการอัดให้ปฏิบัติตามขั้นตอนนี้ตลอดจนครบทุกอัตราส่วน



ภาพที่ ค.4 แผ่นวัสดุทดแทนไม้จากกากเบียร์ที่ทำการอัดเรียบร้อยแล้ว ตามเปอร์เซ็นต์กาว

5. การตัดชิ้นตัวอย่างเพื่อใช้ในการทดสอบหาคุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกล ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง (มอก. 966-2533)กำหนดขนาดเป็นมิลลิเมตร ดังนี้

แผ่นที่ 1 ใช้ทดสอบความหนาแน่น (Density)

แผ่นที่ 2 ช้ทดสอบความชื้น (Moisturc Content)

แผ่นที่ 3 ใช้ทดสอบต้านแรงดัน (Bending Strength)

แผ่นที่ 4 ใช้ทดสอบต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า (Tension perpendicular to Surface)

แผ่นที่ 5 ใช้ทดสอบการดูดซึมน้ำและการขยายตัวตามความหนา (Water Absorption and Thickness Swelling)

ภาพขั้นตอนการทดสอบหาคุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกลของแผ่นประกอบทดแทนไม้ (ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง (มอก. 966-2533)

1. การทดสอบความหนาแน่น (Density)

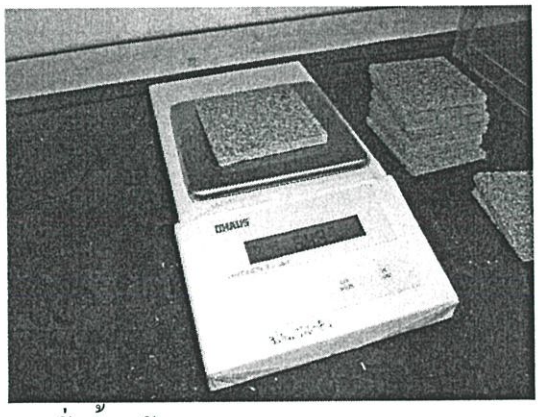
เป็นการทดสอบเพื่อหาความหนาแน่นของชิ้นทดสอบด้วยวิธีการดังต่อไปนี้

1.1 นำแผ่นประกอบทดแทนไม้ที่ได้จากการอัด มาตัดให้ได้ขนาด 100X 100 มิลลิเมตร

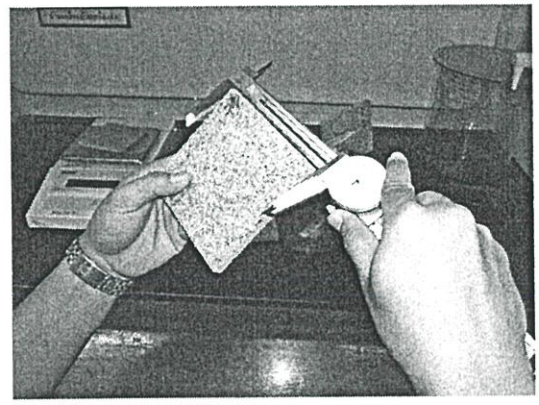
1.2 นำแผ่นที่ตัดเรียบร้อยแล้วมาชั่งน้ำหนักแล้วทำการวัดหาขนาดความกว้างและความยาวของชิ้นที่ใช้ทดสอบ จากนั้นนำมาวัดความหนาทั้ง 4 ตำแหน่ง ดังภาพที่ 3.13 แล้วจึงนำค่าที่ได้มาหาค่าเฉลี่ย

1.3 นำข้อมูลที่ได้จากการทดสอบหาค่าความหนาแน่นจากสูตร

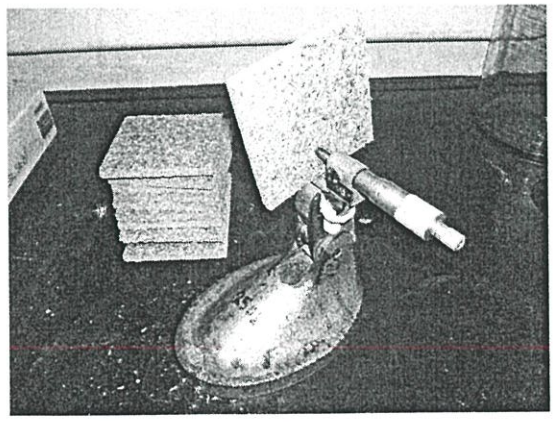
$$\text{ความหนาแน่น (กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)} = \frac{\text{มวล (กรัม)}}{\text{ปริมาตร (ลูกบาศก์มิลลิเมตร)}} \times 10^6$$



การชั่งน้ำหนัก



การวัดขนาดความกว้างและความยาว



การวัดความหนา 4 ตำแหน่ง

ภาพที่ ค.5 ขั้นตอนการเก็บข้อมูลเพื่อทดสอบความหนาแน่น

2. การทดสอบความชื้น (Moisture Content)

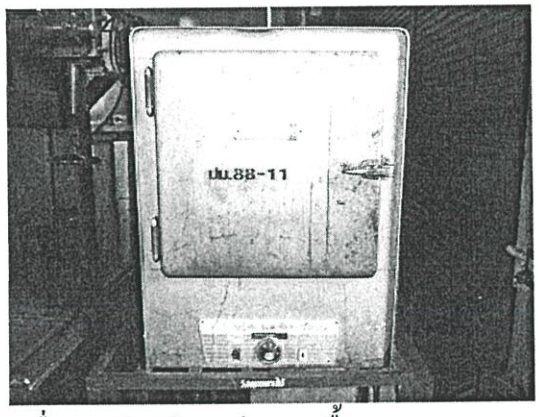
การทดสอบความชื้นเป็นการทดสอบเพื่อหาความชื้นนของชิ้นทดสอบด้วยวิธีการดังต่อไปนี้

2.1 นำแผ่นประกอบทดแทนไม้ที่ได้จากการอัด มาตัดให้ได้ขนาด 100 x 100 มิลลิเมตร

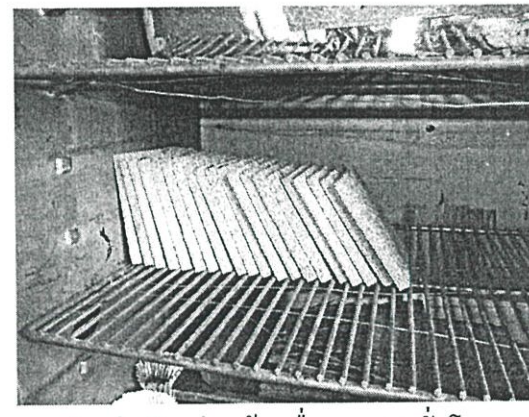
2.2 นำแผ่นที่ตัดเรียบร้อยแล้วมาชั่งน้ำหนักแล้วนำมาเข้าตู้อบ ที่อุณหภูมิที่ 103±2 องศาเซลเซียส จากนั้นนำมาใส่ เดซิกเคเตอร์ เพื่อทำให้เย็นดังภาพที่ 3.15 จากนั้นนำมาชั่งน้ำหนักอีกครั้งเพื่อหามวลที่อบแห้ง

2.3 นำข้อมูลที่ได้จากการทดสอบมาหาค่าความชื้นจากสูตร

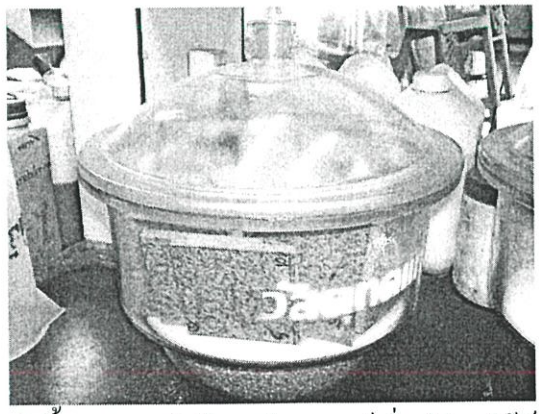
$$\text{ความชื้น (ร้อยละ)} = \frac{\text{มวลก่อนอบ (กรัม)} - \text{มวลหลังอบแห้ง (กรัม)}}{\text{มวลหลังอบแห้ง (กรัม)}} \times 100$$



เครื่องอบสำหรับหาค่าความชื้น



การนำแผ่นตัวอย่างเข้าเครื่องอบ 24 ชั่วโมง



นำชิ้นทดสอบใส่ในเดซิกเคเตอร์เพื่อปล่อยให้เย็น

หาน้ำหนักหลังการอบ

ภาพที่ ค.6 ขั้นตอนการทดสอบความชื้น

3. การทดสอบความต้านแรงดัด (Bending Strength)

การทดสอบความต้านแรงดัด เป็นการทดสอบเพื่อหาค่ามอดุลัสแตกร้าวของชิ้นทดสอบด้วยวิธีดังต่อไปนี้

3.1 นำแผ่นประกอบทดแทนไม้ที่ได้จากการอัด มาตัดให้ได้ขนาด 75 x 290 มิลลิเมตร

3.2 นำชิ้นทดสอบที่ทำการตัดแล้วมาวัดจุดที่ต้องการดัด จากนั้นนำมาวางไว้บนแท่นรองรับที่มีระยะห่าง 240 มิลลิเมตร

3.3 ทำการกดบนจุดกึ่งกลางของชิ้นทดสอบ โดยมีอัตราแรงกดที่สม่ำเสมอจนกระทั่งชิ้นทดสอบหัก

3.4 นำข้อมูลที่ได้จากการทดสอบมาหาค่ามอดุลัสแตกร้าวจากสูตร

$$R = \frac{3P\ell}{2bd^2}$$

R คือ มอดูลัสแตกร้าว เป็นเมกะพาสคัล

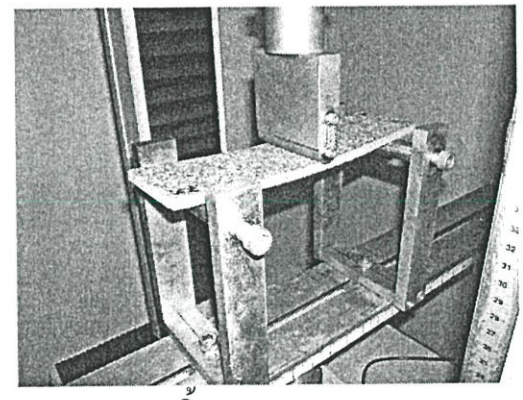
P คือ แรงกดสูงสุดที่ชิ้นทดสอบรับได้ เป็นนิวตัน

ℓ คือ ระยะห่างของแท่นรองรับ เป็นมิลลิเมตร

b คือ ความกว้างของชิ้นทดสอบเป็นมิลลิเมตร

d คือ ความหนาเฉลี่ยของชิ้นทดสอบ

เครื่องทดสอบความต้านแรงดัด



ขณะทดสอบชิ้นงาน

ภาพที่ ค.7 ขั้นตอนการทดสอบความต้านแรงดัด

4. การทดสอบความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า(Tension Perpendicular to Surface)

การทดสอบความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าเป็นการทดสอบเพื่อหาค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าของชิ้นทดสอบด้วยวิธีการดังต่อไปนี้

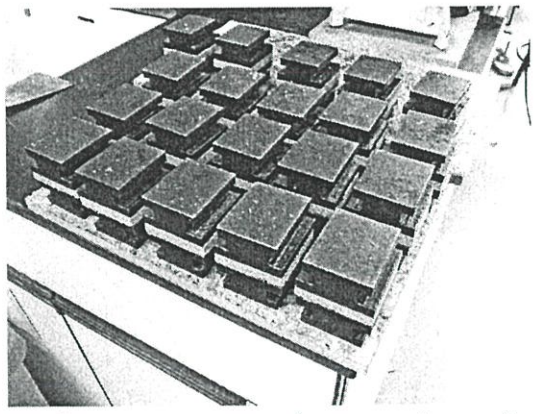
4.1 นำแผ่นประกอบทดแทนไม้ที่ได้จากการอัดมาตัดให้ได้ขนาด 50x 50 มิลลิเมตร

4.2 นำชิ้นทดสอบที่ตัดแล้วมาติดกับชิ้นอุปกรณ์เหล็กดึงทั้ง 2 ด้านเพื่อจะทดสอบกับแรงดึงด้วยกาวสังเคราะห์ที่มีแรงยึดมากกว่าแรงยึดในตัวชิ้นทดสอบ

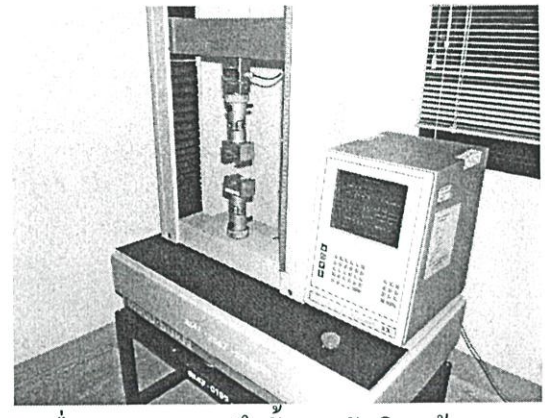
4.3 นำชิ้นทดสอบที่เตรียมแล้วไปเข้าเครื่องดึง ดึงด้วยแรงดึงที่สม่ำเสมอจนกว่าชิ้นทดสอบจะแยกออกจากกัน

4.4 นำข้อมูลที่ได้จากการทดสอบมาหาค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าจากสูตร

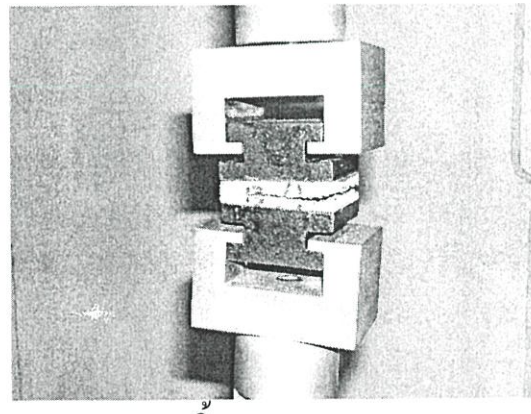
$$\text{ความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า (เมกะพาสคัล)} = \frac{\text{แรงดึงสูงสุด (นิวตัน)}}{\text{ความกว้าง (มิลลิเมตร) x ความยาว (มิลลิเมตร)}}.$$



การยึดแผ่นตัวอย่างกับเหล็กทดสอบด้วยกาวร้อน



เครื่องทดสอบแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า



ขณะทดสอบชิ้นงาน

ภาพที่ ค.8 ขั้นตอนการทดสอบการรับแรงดึงกับผิวหน้า

5. การทดสอบการดูดซึมน้ำและการขยายตัวตามความหนา (Water Absorption and Thickness Swilling)

การทดสอบการดูดซึมน้ำและการขายตัวตามความหนา เป็นการทดสอบเพื่อหาค่าการดูดซึมน้ำและการขยายตัวตามความหนา ของชิ้นทดสอบ ด้วยวิธีการดังต่อไปนี้

5.5 นำแผ่นประกอบไม้ที่ได้จากการอัด มาตัดให้ได้ขนาด 100 x 100 มิลลิเมตร

5.6 นำแผ่นที่ได้แล้วมาชั่งน้ำหนักและวัดความหนาด้วยเครื่องทดสอบ

5.7 แช่ชิ้นทดสอบในภาชนะที่บรรจุน้ำนิ่งและสะอาด โดยจัดชิ้นทดสอบให้อยู่ใต้ระดับผิวน้ำ 20 มิลลิเมตรวางชิ้นทดสอบแต่ละชิ้นให้ห่างกัน

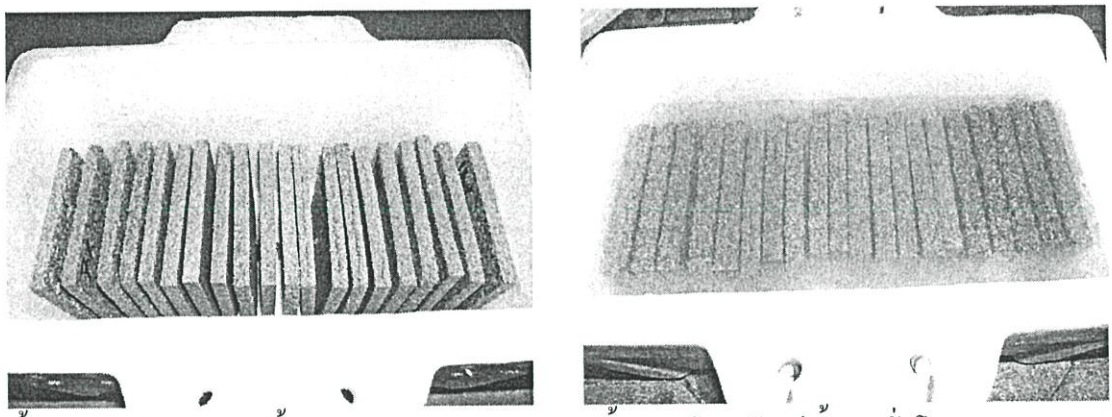
5.8 แช่ชิ้นทดสอบจนครบ 24 ชั่วโมง แล้วนำมาวางไว้บนผ้าหรือกระดาษซับ ทิ้งไว้ 30 วินาที แล้วนำชิ้นทดสอบออกจากผ้าซับ

5.7 นำชิ้นทดสอบมาชั่งและวัดความหนา หลังจากแช่น้ำแล้ว

5.6 นำข้อมูลที่ได้จากการทดสอบมาหาค่าการดูดซึมน้ำและการขยายตัวทางความหนาจากสูตร

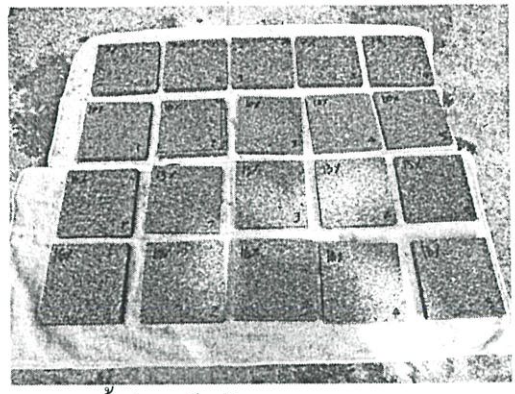
$$\text{ค่าการดูดซึมน้ำ (ร้อยละ)} = \frac{\text{มวลหลังแช่น้ำ (กรัม)} - \text{มวลก่อนแช่น้ำ (กรัม)}}{\text{มวลก่อนแช่น้ำ (มิลลิเมตร)}} \times 100$$

$$\text{การขยายตามความหนา (ร้อยละ)} = \frac{\text{ความหนาหลังแช่น้ำ ม.ม.} - \text{ความหนาก่อนแช่น้ำ (ม.ม.)}}{\text{ความหนาก่อนแช่น้ำ (มิลลิเมตร)}} \times 100$$

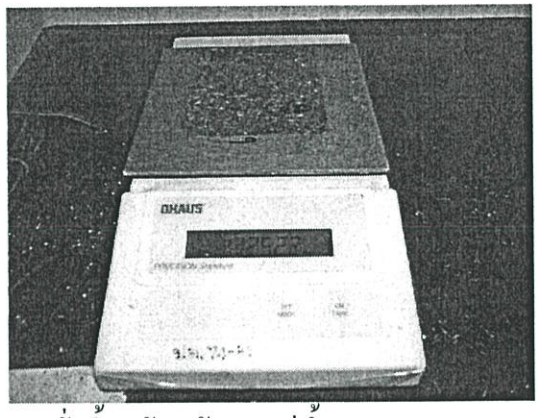


ชิ้นตัวอย่างก่อนการแช่น้ำ ชิ้นตัวอย่างหลังแช่น้ำ 24 ชั่วโมง

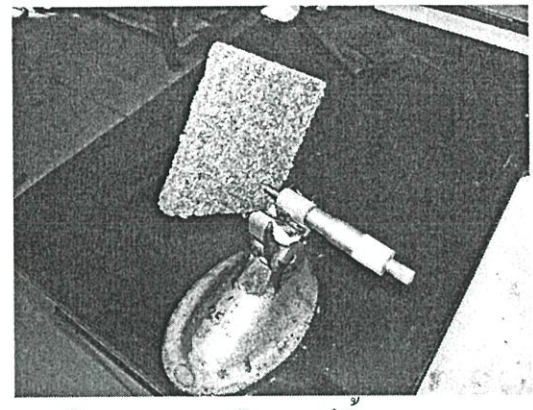
ภาพที่ ค.9 ขั้นตอนการแช่แผ่นวัสดุเพื่อทดสอบการดูดซึมน้ำและขยายตัวตามความหนา



การซับน้ำก่อนเก็บข้อมูล



การชั่งน้ำหนักหลังการแช่น้ำ



การวัดความหนาหลังการแช่น้ำ

ภาพที่ ค.10 ขั้นตอนการทดสอบดูดซึมน้ำและการขยายตัวตามความหนา

ภาคผนวก ง.

ผลการทดสอบคุณสมบัติแผ่นประกอบทดแทนไม้

ผลการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกลของแผ่นประกอบ

หลังจากที่ได้ทำการอัดแผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจากกากเบียร์เป็นที่เรียบร้อยแล้ว จะได้แผ่นประกอบทั้งหมดจำนวน 20 แผ่น นั้นผู้วิจัยได้ใช้เปอร์เซ็นต์กาวที่แตกต่างกัน คือ 7% , 10% , 13% , และ 16% เปอร์เซ็นต์แล้วทำการอัดด้วยความร้อนตามเปอร์เซ็นต์ของกาวอย่างละ 5 แผ่น จากนั้นผู้วิจัยได้นำแผ่นประกอบทั้งหมดที่ได้ทำการอัดเรียบร้อยแล้วมาทำการตัดให้ได้ขนาดต่างๆเพื่อที่จะนำมาทดสอบหาคุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกลของแผ่นประกอบทดแทนไม้ทั้ง 2 ชนิดนี้ โดยใช้กระบวนการทดสอบหาคุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกลของแผ่นประกอบตาม มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง (มอก. 966 – 2533) ซึ่งประกอบไปด้วยกระบวนการในการทดสอบดังนี้

1. ความหนาแน่น (Density)
2. ความชื้น (Moisture Content)
3. ความต้านแรงดัด (Bending Strength)
4. ความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า (Tension perpendicular to Surface)
5. การดูดซึมน้ำและการขยายตัวตามความหนา (Water Absorption and Thickness Swelling)

ในการแสดงผลการทดสอบผู้วิจัยได้ใช้สัญลักษณ์เป็นตัวอักษรย่อในตาราง เพื่อให้ง่ายต่อการแสดงผลดังนี้

P คือ ชิ้นงานที่ใช้ในการทดสอบตามเปอร์เซนต์ของกาว

T คือ ลำดับของชิ้นงานที่ใช้ในการทดสอบ

X คือ แผ่นประกอบที่ผลิตจากกากเบียร์

$\overline{X}$ คือ ค่าเฉลี่ยที่ได้จากผลการทดสอบ

$\overline{Xt}$ คือ ค่าเฉลี่ยรวมของชิ้นทดสอบที่ได้จากค่าเฉลี่ย

ความหนาแน่น (Density)

เป็นการทดสอบหาความหนาแน่นของแผ่นประกอบที่ผู้วิจัยได้ทำการอัดในแต่ละแผ่น โดยแบ่งตามเปอร์เซ็นต์ของกาวต่างๆ คือ 7% , 10%, 13% และ 16% ทำการอัดอย่างละ 5 แผ่น แล้วนำแต่ละแผ่นมาตัดตามขนาดที่จะใช้ทำการทดสอบ สำหรับการทดสอบความหนาแน่นจะใช้ขนาด 100 x 100 มิลลิเมตร ในการทดสอบจะทำการทดสอบจำนวน 5 ครั้ง จนครบทั้งหมดตามเปอร์เซ็นต์ของกาว ในการทดสอบผู้วิจัยจะทำการทดสอบตามกระบวนการทดสอบของมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง (มอก. 966 – 2533)

การหาค่าความหนาแน่น

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

เปอร์เซ็นต์กาว	ลำดับที่	X
7 %	1	ความหนาแน่น กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร $= \frac{74.74}{100.50 \times 100.75 \times 8.92} \times 10^6$ $= 0.00083 \times 1{,}000{,}000$ $= 830$ ก.ก. /ลบ.ม.ม.
	2	ความหนาแน่น กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร $= \frac{80.64}{100.80 \times 100.50 \times 8.80} \times 10^6$ $= 0.000905 \times 1{,}000{,}000$ $= 905$ ก.ก. /ลบ.ม.ม.
	3	ความหนาแน่น กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร $= \frac{81.64}{100.50 \times 100.70 \times 8.55} \times 10^6$ $= 0.00094 \times 1{,}000{,}000$ $= 940$ ก.ก. /ลบ.ม.ม.
	4	ความหนาแน่น กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร $= \frac{78.27}{100.70 \times 100.90 \times 8.55} \times 10^6$ $= 0.00090 \times 1{,}000{,}000$ $= 900$ ก.ก. /ลบ.ม.ม.
	5	ความหนาแน่น กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร $= \frac{71.96}{100.80 \times 100.90 \times 8.63} \times 10^6$ $= 0.00082 \times 1{,}000{,}000$ $= 820$ ก.ก. /ลบ.ม.ม.

เปอร์เซ็นต์กาว	ลำดับที่	X
10 %	1	ความหนาแน่น = $\frac{75.54}{100.20 \times 100.25 \times 9.45} \times 10^6$ กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร = 0.00080 x 1,000,000 = 800 ก.ก. /ลบ.ม.ม.
	2	ความหนาแน่น = $\frac{74.73}{100.30 \times 100.30 \times 9.26} \times 10^6$ กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร = 0.00080 x 1,000,000 = 800 ก.ก. /ลบ.ม.ม.
	3	ความหนาแน่น = $\frac{78.80}{100.35 \times 100.10 \times 9.19} \times 10^6$ กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร = 0.00085 x 1,000,000 = 850 ก.ก. /ลบ.ม.ม.
	4	ความหนาแน่น = $\frac{83.02}{100.35 \times 100.05 \times 9.40} \times 10^6$ กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร = 0.00088 x 1,000,000 = 880 ก.ก. /ลบ.ม.ม.
	5	ความหนาแน่น = $\frac{87.56}{100.30 \times 100.00 \times 9.20} \times 10^6$ กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร = 0.00094 x 1,000,000 = 940 ก.ก. /ลบ.ม.ม.
13 %	1	ความหนาแน่น = $\frac{85.20}{99.70 \times 9.98 \times 9.24} \times 10^6$ กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร = 0.00093 x 1,000,000 = 930 ก.ก. /ลบ.ม.ม.
	2	ความหนาแน่น = $\frac{89.15}{99.10 \times 99.80 \times 9.39} \times 10^6$ กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร = 0.00096 x 1,000,000 = 960 ก.ก. /ลบ.ม.ม.
	3	ความหนาแน่น = $\frac{84.16}{99.75 \times 99.35 \times 9.27} \times 10^6$ กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร = 0.00092 x 1,000,000 = 920 ก.ก. /ลบ.ม.ม.

เปอร์เซ็นต์กาว	ลำดับที่	X
13 %	4	ความหนาแน่น = $\frac{84.82}{99.75 \times 99.75 \times 9.47} \times 10^6$ กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร = 0.00090 x 1,000,000 = 900 ก.ก. /ลบ.ม.ม.
	5	ความหนาแน่น = $\frac{91.05}{99.85 \times 99.45 \times 9.48} \times 10^6$ กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร = 0.00097 x 1,000,000 = 970 ก.ก. /ลบ.ม.ม.
16 %	1	ความหนาแน่น = $\frac{74.38}{100.70 \times 100.55 \times 9.22} \times 10^6$ กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร = 0.00082 x 1,000,000 = 820 ก.ก. /ลบ.ม.ม.
	2	ความหนาแน่น = $\frac{89.15}{100.40 \times 100.40 \times 9.06} \times 10^6$ กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร = 0.00082 x 1,000,000 = 820 ก.ก. /ลบ.ม.ม.
	3	ความหนาแน่น = $\frac{71.78}{100.40 \times 100.00 \times 9.09} \times 10^6$ กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร = 0.00079 x 1,000,000 = 790 ก.ก. /ลบ.ม.ม.
	4	ความหนาแน่น = $\frac{73.16}{100.45 \times 100.35 \times 8.94} \times 10^6$ กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร = 0.00081 x 1,000,000 = 810 ก.ก. /ลบ.ม.ม.
	5	ความหนาแน่น = $\frac{72.15}{100.30 \times 100.45 \times 8.97} \times 10^6$ กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร = 0.00080 x 1,000,000 = 800 ก.ก. /ลบ.ม.ม.

ความชื้น (Moisture Content)

เป็นการทดสอบหาความชื้นของแผ่นประกอบที่ผู้วิจัยให้ทำการอัดในแต่ละแผ่น โดยแบ่งตามเปอร์เซ็นต์ของกาวต่างๆ คือ 7% , 10%, 13% และ 16% ทำการอัดอย่างละ 5 แผ่น แล้วนำแต่ละแผ่นมาตัดตามขนาดที่จะใช้ทำการทดสอบ สำหรับการทดสอบความชื้นจะใช้ขนาด 100 x 100 มิลลิเมตร ในการทดสอบจะทำการทดสอบจำนวน 5 ครั้งจนครบทั้งหมดตามเปอร์เซ็นต์ของกาว ในการทดสอบผู้วิจัยจะทำการทดสอบตามกระบวนการทดสอบของมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง (มอก. 966 – 2533)

การหาค่าความชื้น

$$\text{สูตร} \quad \text{ความชื้นร้อยละ} = \frac{\text{มวลก่อนอบ (กรัม)} - \text{มวลเมื่ออบแห้ง (กรัม)} \times 100}{\text{มวลเมื่ออบแห้ง (กรัม)}}$$

เปอร์เซ็นต์กาว	ลำดับที่	X
7 %	1	ความชื้นร้อยละ = $\frac{74.74 - 67.12}{67.12} \times 100$ = 0.113 x 100 = 11.3
	2	ความชื้นร้อยละ = $\frac{80.68 - 72.79}{72.79} \times 100$ = 0.108 x 100 = 10.8
	3	ความชื้นร้อยละ = $\frac{81.64 - 74.39}{74.39} \times 100$ = 0.097 x 100 = 9.8
	4	ความชื้นร้อยละ = $\frac{78.27 - 70.64}{70.64} \times 100$ = 0.108 x 100 = 10.8
	5	ความชื้นร้อยละ = $\frac{71.69 - 65.22}{65.22} \times 100$ = 0.099 x 100 = 9.9

เปอร์เซ็นต์กาว	ลำดับที่	X
10 %	1	ความชื้นร้อยละ = $\frac{75.54 - 68.39}{68.39} \times 100$ = 0.105 x 100 = 10.5
	2	ความชื้นร้อยละ = $\frac{74.73 - 67.96}{67.96} \times 100$ = 0.100 x 100 = 10.0
	3	ความชื้นร้อยละ = $\frac{78.80 - 71.59}{71.59} \times 100$ = 0.101 x 100 = 10.1
	4	ความชื้นร้อยละ = $\frac{83.02 - 75.12}{75.12} \times 100$ = 0.105 x 100 = 10.5
	5	ความชื้นร้อยละ = $\frac{87.56 - 79.47}{79.47} \times 100$ = 0.102 x 100 = 10.2
13 %	1	ความชื้นร้อยละ = $\frac{85.20 - 76.34}{76.34} \times 100$ = 0.116 x 100 = 11.6
	2	ความชื้น ร้อยละ = $\frac{89.16 - 79.84}{79.84} \times 100$ = 0.117 x 100 = 11.7
	3	ความชื้น ร้อยละ = $\frac{84.16 - 75.44}{75.44} \times 100$ = 0.116 x 100 = 11.6

เปอร์เซ็นต์กาว	ลำดับที่	X1
13 %	4	ความชื้น ร้อยละ = $\frac{84.82 - 75.78}{75.78} \times 100$ = 0.119 x 100 = 11.9
	5	ความชื้น ร้อยละ = $\frac{91.05 - 81.50}{81.50} \times 100$ = 0.117 x 100 = 11.7
16 %	1	ความชื้น ร้อยละ = $\frac{74.38 - 66.93}{66.93} \times 100$ = 0.111 x 100 = 11.10
	2	ความชื้น ร้อยละ = $\frac{74.56 - 67.19}{67.19} \times 100$ = 0.110 x 100 = 11.0
	3	ความชื้น ร้อยละ = $\frac{71.78 - 64.82}{64.82} \times 100$ = 0.107 x 100 = 10.7
	4	ความชื้น ร้อยละ = $\frac{73.16 - 66.15}{66.15} \times 100$ = 0.106 x 100 = 10.6
	5	ความชื้น ร้อยละ = $\frac{72.15 - 65.40}{65.40} \times 100$ = 0.103 x 100 = 10.3

ความต้านแรงดัด (Bending Strength)

เป็นการทดสอบหาความหนาแน่นของแผ่นประกอบที่ผู้วิจัยได้ทำการอัดในแต่ละแผ่น โดยแบ่งตามเปอร์เซ็นต์ของกาวต่างๆ คือ 7% , 10%, 13% และ 16% ทำการอัดอย่างละ 5 แผ่น แล้วนำแต่ละแผ่นมาตัดตามขนาดที่จะใช้ทำการทดสอบ สำหรับการทดสอบความต้านแรงดัดจะใช้ขนาด 75 x 220 มิลลิเมตร ในการทดสอบจะทำการทดสอบจำนวน 5 ครั้ง จนครบทั้งหมดตามเปอร์เซ็นต์ของกาว ในการทดสอบผู้วิจัยจะทำการทดสอบตามกระบวนการทดสอบของมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง (มอก. 966 – 2533)

การหาค่ามอดุลัสแตกร้าว

สูตร $$R = \frac{3 P \ell}{2 bd^2}$$

R คือ มอดุลัสแตกร้าว เป็น เมกะพาสคัล

P คือ แรงกดสูงสุดที่ชิ้นทดสอบรับได้ เป็นนิวตัน

ℓ คือ ระยะห่างของแท่นรองรับ เป็นมิลลิเมตร

b คือ ความกว้างของชิ้นทดสอบ เป็นมิลลิเมตร

d คือ ความหนาเฉลี่ยของชิ้นทดสอบ เป็นมิลลิเมตร

เปอร์เซ็นต์กาว	ลำดับที่	X
7 %	1	$R = \frac{3 \times 153.2 \times 220}{2 \times 75 \times 8.8^2}$ $= \frac{101,112}{11,616}$ = 8.70 เมกะพาสคัล
	2	$R = \frac{3 \times 109.8 \times 220}{2 \times 75 \times 8.8^2}$ $= \frac{72,468}{11,616}$ = 6.24 เมกะพาสคัล

เปอร์เซ็นต์กาว	ลำดับที่	X
7 %	3	$R = \frac{3 \times 130.60 \times 220}{2 \times 75 \times 8.8^2}$ $= \frac{86,193}{11,616}$ = 7.42 เมกะพาสคัล
	4	$R = \frac{3 \times 173.80 \times 220}{2 \times 75 \times 8.7^2}$ $= \frac{114,708}{13,050}$ = 8.79 เมกะพาสคัล
	5	$R = \frac{3 \times 158.9 \times 220}{2 \times 75 \times 8.7^2}$ $= \frac{104,874}{11,354}$ = 9.23 เมกะพาสคัล
10 %	1	$R = \frac{3 \times 313.80 \times 220}{2 \times 75 \times 9.5^2}$ $= \frac{207,108}{13,537}$ = 15.30 เมกะพาสคัล
	2	$R = \frac{3 \times 256.70 \times 220}{2 \times 75 \times 9.4^2}$ $= \frac{169,422}{13,254}$ = 12.78 เมกะพาสคัล
	3	$R = \frac{3 \times 303.00 \times 220}{2 \times 75 \times 9.3^2}$ $= \frac{199,980}{12,973}$ = 15.41 เมกะพาสคัล

เปอร์เซ็นต์กาว	ลำดับที่	X
10 %	4	R = 3 x 299.50 x 220 2 x 75 x 9.7^2 = 197,670 14,113 = 14.00 เมกะพาสคัล
	5	R = 3 x 281.30 x 220 2 x 75 x 9.0^2 = 185,658 12,150 = 15.28 เมกะพาสคัล
13 %	1	R = 3 x 178.20 x 220 2 x 75 x 9.0^2 = 125,202 12,696 = 9.86 เมกะพาสคัล
	2	R = 3 x 178.20 x 220 2 x 75 x 9.2^2 = 117,612 12,696 = 9.26 เมกะพาสคัล
	3	R = 3 x 155.60 x 220 2 x 75 x 9.0^2 = 102,696 12,150 = 8.45 เมกะพาสคัล
	4	R = 3 x 177.20 x 220 2 x 75 x 9.6^2 = 116,952 13,824 = 8.46 เมกะพาสคัล

เปอร์เซ็นต์กาว	ลำดับที่	X
13 %	5	R = 3 x 198.20 x 220 2 x 75 x 9.5^2 = 130,812 13,537 = 9.66 เมกะพาสคัล
16 %	1	R = 3 x 138.60 x 200 2 x 75 x 9.5^2 = 91,476 13,537 = 6.75 เมกะพาสคัล
	2	R = 3 x 142.00 x 220 2 x 75 x 8.7^2 = 93,720 11,353 = 8.25 เมกะพาสคัล
	3	R = 3 x 115.40 x 220 2 x 75 x 9.0^2 = 76,164 12,156 = 6.26 เมกะพาสคัล
	4	R = 3 x 187.10 x 220 2 x 75 x 9.3^2 = 109,032 12,973 = 8.40 เมกะพาสคัล
	5	R = 3 x 187.10 x 220 2 x 75 x 9.6^2 = 123,486 13,824 = 8.93 เมกะพาสคัล

ความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า (Tension perpendicular to Surface)

เป็นการทดสอบหาความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าของแผ่นประกอบที่ผู้วิจัยได้ทำการอัดในแต่ละแผ่นโดยแบ่งตามเปอร์เซ็นต์ของกาวต่างๆ คือ 7% , 10%, 13% และ 16% ทำการอัดอย่างละ 5 แผ่น แล้วนำแต่ละแผ่นมาตัดตามขนาดที่จะใช้ทำการทดสอบ สำหรับการทดสอบความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าจะใช้ขนาด 50 x 50 มิลลิเมตร ในการทดสอบจะทำการทดสอบจำนวน 5 ครั้ง จนครบทั้งหมดตามเปอร์เซ็นต์ของกาว ในการทดสอบผู้วิจัยจะทำการทดสอบตามกระบวนการทดสอบของมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง (มอก. 966 – 2533)

การหาค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า

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

เปอร์เซ็นต์กาว	ลำดับที่	X
7 %	1	ความต้านแรงดึงตั้งฉากกับ = 750.90 ผิวหน้า (เมกะพาสลัค) 50 x 50 = 0.30 เมกะพาสคัล
	2	ความต้านแรงดึงตั้งฉากกับ = 1200.80 ผิวหน้า (เมกะพาสลัค) 50 x 50 = 0.48 เมกะพาสคัล
	3	ความต้านแรงดึงตั้งฉากกับ = 730.70 ผิวหน้า (เมกะพาสลัค) 50 x 50 = 0.29 เมกะพาสคัล
	4	ความต้านแรงดึงตั้งฉากกับ = 600.30 ผิวหน้า (เมกะพาสลัค) 50 x 50 = 0.24 เมกะพาสคัล
	5	ความต้านแรงดึงตั้งฉากกับ = 828.60 ผิวหน้า (เมกะพาสลัค) 50 x 50 = 0.33 เมกะพาสคัล
10 %	1	ความต้านแรงดึงตั้งฉากกับ = 2,369.70 ผิวหน้า (เมกะพาสลัค) 50 x 50 = 0.83 เมกะพาสคัล
	2	ความต้านแรงดึงตั้งฉากกับ = 1,229.30 ผิวหน้า (เมกะพาสลัค) 50 x 50 = 0.49 เมกะพาสคัล

เปอร์เซ็นต์กาว	ลำดับที่	X
10 %	3	ความต้านแรงดึงตั้งฉากกับ = 2,060.10 ผิวหน้า (เมกะพาสลัค) 50 x 50 = 0.82 เมกะพาสคัล
	4	ความต้านแรงดึงตั้งฉากกับ = 2,616.90 ผิวหน้า (เมกะพาสลัค) 50 x 50 = 1.05 เมกะพาสคัล
	5	ความต้านแรงดึงตั้งฉากกับ = 1,430.20 ผิวหน้า (เมกะพาสลัค) 50 x 50 = 0.57 เมกะพาสคัล
13 %	1	ความต้านแรงดึงตั้งฉากกับ = 1,430.20 ผิวหน้า (เมกะพาสลัค) 50 x 50 = 0.57 เมกะพาสคัล
	2	ความต้านแรงดึงตั้งฉากกับ = 957.30 ผิวหน้า (เมกะพาสลัค) 50 x 50 = 0.38 เมกะพาสคัล
	3	ความต้านแรงดึงตั้งฉากกับ = 804.90 ผิวหน้า (เมกะพาสลัค) 50 x 50 = 0.32 เมกะพาสคัล
	4	ความต้านแรงดึงตั้งฉากกับ = 1,088.80 ผิวหน้า (เมกะพาสลัค) 50 x 50 = 0.44 เมกะพาสคัล
	5	ความต้านแรงดึงตั้งฉากกับ = 1,252.20 ผิวหน้า (เมกะพาสลัค) 50 x 50 = 0.50 เมกะพาสคัล
16 %	1	ความต้านแรงดึงตั้งฉากกับ = 718.20 ผิวหน้า (เมกะพาสลัค) 50 x 50 = 0.29 เมกะพาสคัล
	2	ความต้านแรงดึงตั้งฉากกับ = 861.50 ผิวหน้า (เมกะพาสลัค) 50 x 50 = 0.34 เมกะพาสคัล
	3	ความต้านแรงดึงตั้งฉากกับ = 1,130.60 ผิวหน้า (เมกะพาสลัค) 50 x 50 = 0.45 เมกะพาสคัล

เปอร์เซ็นต์กาว	ลำดับที่	X
16 %	4	ความต้านแรงดึงตั้งฉากกับ = 972.60 ผิวหน้า (เมกะพาสลัค) 50 x 50 = 0.39 เมกะพาสคัล
	5	ความต้านแรงดึงตั้งฉากกับ = 1,079.60 ผิวหน้า (เมกะพาสลัค) 50 x 50 = 0.43 เมกะพาสคัล

การดูดซึมน้ำและการขยายตัวทางความหนา (Water Absorption and Swelling)

เป็นการทดสอบหาการดูดซึมน้ำและการขยายตัวทางความหนาของแผ่นประกอบที่ผู้วิจัยได้ทำการอัดในแต่ละแผ่นโดยแบ่งตามเปอร์เซ็นต์ของกาวต่างๆ คือ 7% , 10%, 13% และ 16% ทำการอัดอย่างละ 5 แผ่น แล้วนำแต่ละแผ่นมาตัดตามขนาดที่จะใช้ทำการทดสอบ สำหรับการทดสอบการดูดซึมน้ำและการขยายตัวทางความหนาจะใช้ขนาด 100 x 100 มิลลิเมตร ในการทดสอบจะทำการทดสอบจำนวน 5 ครั้ง จนครบทั้งหมดตามเปอร์เซ็นต์ของกาว ในการทดสอบผู้วิจัยจะทำการทดสอบตามกระบวนการทดสอบของมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง (มอก. 966 – 2533)

การหาค่าการดูดซึมน้ำ

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

การหาค่าการขยายตัวตามความหนา

สูตร

ขยายตัวตามความหนา (ร้อยละ) = $\frac{\text{ความหนาหลังแช่น้ำ(มิลลิเมตร)} - \text{ความหนาแน่นก่อนแช่น้ำ(มิลลิเมตร)}}{\text{ความหนาแน่นก่อนแช่น้ำ (มิลลิเมตร)}} \times 100$

เปอร์เซ็นต์กาว	ลำดับที่	X
7 %	1	การดูดซึมน้ำ ร้อยละ = $\frac{125.23 - 62.00}{62.00} \times 100$ = 1.02 x 100 = 102 การขยายตัวตามความหนา ร้อยละ = $\frac{13.35 - 8.82}{8.82} \times 100$ = 0.51 x 100 = 51

เปอร์เซ็นต์กาว	ลำดับที่	X
7 %	2	การดูดซึมน้ำ ร้อยละ = $\frac{129.50 - 63.24}{63.24} \times 100$ = 1.05 x 100 = 105 การขยายตัวตามความหนา ร้อยละ = $\frac{13.32 - 8.70}{8.70} \times 100$ = 0.72 x 100 = 72
	3	การดูดซึมน้ำ ร้อยละ = $\frac{136.43 - 69.01}{69.01} \times 100$ = 0.98 x 100 = 98 การขยายตัวตามความหนา ร้อยละ = $\frac{13.53 - 8.71}{8.45} \times 100$ = 0.53 x 100 = 53
	4	การดูดซึมน้ำ ร้อยละ = $\frac{131.23 - 64.84}{64.84} \times 100$ = 1.02 x 100 = 102 การขยายตัวตามความหนา ร้อยละ = $\frac{13.32 - 8.50}{8.50} \times 100$ = 0.57 x 100 = 57

เปอร์เซ็นต์กาว	ลำดับที่	X
7 %	5	การดูดซึมน้ำ ร้อยละ = 140.67 – 72.57 x 100 72.57 = 0.94 x 100 = 94
		การขยายตัวตามความหนา ร้อยละ = 13.34 – 8.47 x 100 8.47 = 0.57 x 100 = 57
10 %	1	การดูดซึมน้ำ ร้อยละ = 130.64 – 81.86x 100 81.86 = 0.59 x 100 = 59
		การขยายตัวตามความหนา ร้อยละ = 12.22 – 9.33 x 100 9.33 = 0.31 x 100 = 31
	2	การดูดซึมน้ำ ร้อยละ = 162.98 – 88.10 x 100 88.10 = 0.85 x 100 = 85
		การขยายตัวตามความหนา ร้อยละ = 12.24 – 9.59 x 100 9.59 = 0.28 x 100 = 28

เปอร์เซ็นต์กาว	ลำดับที่	X	
10%	3	การดูดซึมน้ำ ร้อยละ	= 118.29 – 84.86 x 100 84.86 = 0.39 x 100 = 39
		การขยายตัวความหนา ร้อยละ	= 11.94 – 9.02 x 100 9.02 = 0.32 x 100 = 32
	4	การดูดซึมน้ำ ร้อยละ	= 182.44 – 74.30 x 100 74.30 = 1.45 x 100 = 145
		การขยายตัวความหนา ร้อยละ	= 11.97 – 9.45 x 100 9.45 = 0.26 x 100 = 26
	5	การดูดซึมน้ำ ร้อยละ	= 129.63 – 87.16 x 100 87.16 = 0.48 x 100 = 48
		การขยายตัวความหนา ร้อยละ	= 12.22 – 9.36 x 100 9.36 = 0.30 x 100 = 30

เปอร์เซ็นต์กาว	ลำดับที่	X
13%	1	การดูดซึมน้ำ ร้อยละ = 119.85 – 86.29 x 100 86.29 = 0.39 x 100 = 39
		การขยายตัวความหนา ร้อยละ = 11.69 – 9.16 x 100 9.16 = 0.28 x 100 = 28
	2	การดูดซึมน้ำ ร้อยละ = 116.21 – 75.05 x 100 75.05 = 0.55 x 100 = 55
		การขยายตัวความหนา ร้อยละ = 11.35 – 8.80 x 100 8.80 = 0.29 x 100 = 29
	3	การดูดซึมน้ำ ร้อยละ = 118.92 -74.47 x 100 74.47 = 0.59 x 100 = 59
		การขยายตัวความหนา ร้อยละ = 11.68 – 9.16 x 100 9.16 = 0.28 x 100 = 28

เปอร์เซ็นต์กาว	ลำดับที่	X
13%	4	การดูดซึมน้ำ ร้อยละ = 126.01 – 84.94 x 100 84.94 = 0.48 x 100 = 48
		การขยายตัวความหนา ร้อยละ = 12.07 – 9.07 x 100 9.07 = 0.33 x 100 = 33
	5	การดูดซึมน้ำ ร้อยละ = 124.00 – 90.75 x 100 90.75 = 0.36 x 100 = 36
		การขยายตัวความหนา ร้อยละ = 11.97 – 9.28 x 100 9.28 = 0.29 x 100 = 29
16%	1	การดูดซึมน้ำ ร้อยละ = 140.24 – 77.74 x 100 77.74 = 0.80 x 100 = 80
		การขยายตัวความหนา ร้อยละ = 13.34 – 9.02 x 100 9.02 = 0.48 x 100 = 48

เปอร์เซ็นต์กาว	ลำดับที่	X	
16%	2	การดูดซึมน้ำ ร้อยละ	= 145.52 – 80.98 x 100 80.98 = 0.79 x 100 = 79
		การขยายตัวความหนา ร้อยละ	= 11.35 – 9.26 x 100 9.26 = 0.22 x 100 = 22
	3	การดูดซึมน้ำ ร้อยละ	= 138.64 – 79.85 x 100 79.85 = 0.74 x 100 = 74
		การขยายตัวความหนา ร้อยละ	= 12.78 – 8.68 x 100 8.68 = 0.47 x 100 = 47
	4	การดูดซึมน้ำ ร้อยละ	= 141.40 – 78.18 x 100 78.18 = 0.80 x 100 = 80
		การขยายตัวความหนา ร้อยละ	= 13.38 – 8.74 x 100 8.74 = 0.53 x 100 = 53

เปอร์เซ็นต์กาว	ลำดับที่	X
16%	5	การดูดซึมน้ำ ร้อยละ = $\frac{140.02 - 77.82}{77.82} \times 100$ = 0.80 x 100 = 80
		การขยายตัวความหนา ร้อยละ = $\frac{13.35 - 8.78}{8.78} \times 100$ = 0.52 x 100 = 52

สรุปผลผลการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกลของแผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจากกากเบียร์

เปอร์เซ็นกาว	ลำดับที่	ความหนาแน่น	ความชื้น	การต้านแรงดัด	การต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า	การดูดซึมน้ำและการขยายตัวตามความหนา	
						การดูดซึมน้ำ	การขยายตัวตามความหนา
		X	X	X	X	X	X
7%	1	830	11.3	8.7	0.3	102	51
	2	905	10.8	6.24	0.48	105	72
	3	940	9.8	7.42	0.29	98	53
	4	900	10.8	8.79	0.24	102	57
	5	820	9.9	9.23	0.33	94	57
	X	**879**	**10.52**	**8.08**	**0.33**	**100.20**	**58.00**
10%	1	800	10.5	15.3	0.83	59	31
	2	800	10	12.78	0.49	85	28
	3	850	10.1	15.41	0.82	39	32
	4	880	10.5	14	1.05	145	26
	5	940	10.2	15.28	0.57	48	30
	X	**854**	**10.26**	**14.55**	**0.75**	**75.20**	**29.40**

สรุปผลผลการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกลของแผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ผลิตจากกากเบียร์

เปอร์เซ็นกาว	ลำดับที่	ความหนาแน่น	ความชื้น	การต้านแรงดัด	การต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า	การดูดซึมน้ำและการขยายตัวตามความหนา	
						การดูดซึมน้ำ	การขยายตัวตามความหนา
		X	X	X	X	X	X
13%	1	930	11.6	9.89	0.57	39	28
	2	960	11.7	9.26	0.38	55	29
	3	920	11.6	8.45	0.32	59	28
	4	900	11.9	8.46	0.44	48	33
	5	970	11.7	9.66	0.5	36	29
	X	**936**	**11.7**	**9.14**	**0.44**	**47.40**	**29.40**
16%	1	820	11.1	6.75	0.29	80	48
	2	820	11	8.25	0.34	79	22
	3	790	10.7	6.26	0.45	74	47
	4	810	10.6	8.4	0.39	80	53
	5	800	10.3	8.93	0.43	80	52
	X	**808**	**10.74**	**7.72**	**0.38**	**78.60**	**44.40**

ภาคผนวก จ.

ตัวอย่างแนวทางออกแบบผลิตภัณฑ์ด้วยแผ่นประกอบทดแทนไม้จากกากเบียร์

ตัวอย่างการนำวัสดุทดแทนไม้จากกากเบียร์ในการทำผลิตภัณฑ์

เพื่อเป็นแนวทางในการนำวัสดุทดแทนไม้จากกากเบียร์ไปใช้สำหรับทำผลิตภัณฑ์ผู้วิจัยได้นำเสนอตัวอย่างผลิตภัณฑ์บางตัวเพื่อประกอบการนำไปใช้งานต่อไป ดังนี้

1. กรอบรูป

วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้

1. แผ่นวัสดุทดแทนไม้หนา 10 มม. ขนาด 3 x 25 ซม.จำนวน 2 แผ่น เซาะร่องกว้าง 0.5 ซม.ลึก 0.5 ซม.และปลายตัดเอียง 45 องศา สำหรับทำกรอบด้านบนและด้านล่าง

2. แผ่นวัสดุทดแทนไม้หนา 10 มม. ขนาด 3 x 29 ซม.จำนวน 2 แผ่น เซาะร่องกว้าง 0.5 ซม.ลึก 0.5 ซม.และปลายตัดเอียง 45 องศา สำหรับทำกรอบด้านล่าง

3. แผ่นวัสดุทดแทนไม้หนา 10 มม. ขนาด 5 x 15 ซม.จำนวน 1 แผ่น สำหรับทำขาตั้งหลัง

4. แผ่นวัสดุทดแทนไม้หนา 6 มม. ขนาด 19.5 x 24.5 ซม.จำนวน 1 แผ่นสำหรับทำฝาปิดด้านหลัง

5. กระดาษแข็ง จำนวน 1 แผ่น

6. แผ่นพลาสติกใส จำนวน 1 แผ่น

7. ที่แขวน จำนวน 1 อัน

8. ตัวปิด-เปิด ฝาปิดด้านหลังกรอบรูป พร้อมสกรูจำนวน 4 ชุด

วิธีการประกอบ

1. นำกรอบด้านบนและด้านข้างทั้ง 4 ด้าน ทากาวบริเวณด้านที่ปาดเอียง 45 องศา วางต่อเป็นกรอบ 4 . เหลี่ยม โดยวางด้านที่เซาะร่องอยู่ด้านเดียวกัน รอกาวแห้งประมาณ 1 ชั่วโมง

2. นำฝาปิดด้านหลังมาวางปิดด้านหลังกรอบรูป

3. แบ่งกึ่งกลางกรอบทั้ง 4 ด้าน เท่าๆกัน

4. นำตัวปิดฝาด้านหลังไขสกรูพอแน่น

5. ใส่ที่แขวนไขสกรูให้แน่น

6. นำขาตั้งมาใส่สกรูยึดบริเวณกลางฝาปิดด้านหลังกรอบรูป

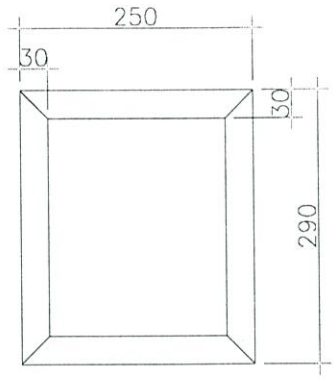
7. ขัดแต่งผิวชิ้นงานให้เรียบร้อยด้วยกระดาษทรายเบอร์ละเอียด

8. ทาแชลคขาวให้ทั่วชิ้นงาน ทิ้งให้แห้งประมาณ 1 ชั่วโมง และลูบผิวงานให้เรียบร้อยด้วยกระดาษทรายเบอร์ละเอียด

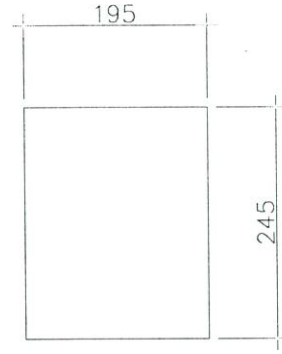
9. ผสมน้ำยาเคลือบเงายูนิเทนกับทินเนอร์ประมาณ 3: 1 (ยูนิเทน:ทินเนอร์)ใช้แปรงทาให้ทั่วชิ้นงาน ทิ้งให้แห้งประมาณ 6 ชั่วโมง

10. นำรูปภาพที่ต้องการมาใส่ให้เรียบร้อย

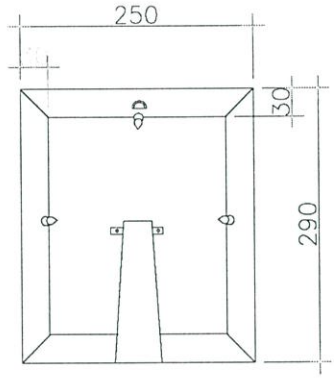
แบบสำหรับการทำกรอบรูป



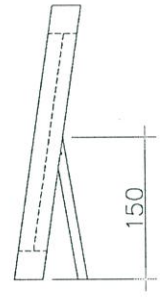
ด้านหน้า



ฝาปิดด้านหลัง



ด้านหลัง



ด้านข้าง

3. กระบอกทิชชู

<u>วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้</u>

1. แผ่นวัสดุทดแทนไม้หนา 13 มม. ขนาด 3 x 15 ซม.จำนวน 12 ชิ้น ด้านข้างตัดเอียง 75 องศา สำหรับทำตัวกระบอก

2. แผ่นวัสดุทดแทนไม้หนา 10 มม. ขนาด 14 ซม.ตรงกลางเจาะรูตามความเหมาะสมด้านข้างเซาะร่องให้เท่ากับเหลี่ยมของกระดาษทิชชู จำนวน 1 แผ่น สำหรับทำฝาปิด

3. แผ่นวัสดุทดแทนไม้หนา 10 มม. เส้นผ่าศูนย์กลาง ขนาด 11 ซม. จำนวนวน 1 แผ่นสำหรับทำพื้นกระบอก

4. กาวลาเท็กซ์ จำนวน 1 ขวด

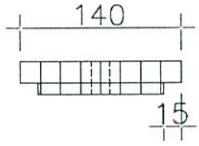
5. ขันพลาสติก จำนวน 1 ใบ

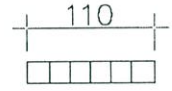
6. หนังยางวงใหญ่ จำนวน 20 เส้น

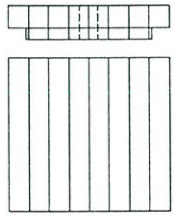
วิธีการประกอบ

1. นำแผ่นที่จะทำกระบอกทิชชูทากาวบริเวณที่ตัดเอียง 75 องศา และวางเรียงกันเป็นทรงกระบอกในขันพลาสติก จำนวน 12 ชิ้น
2. นำหนังยางวงใหญ่มารัดให้แน่น จนกาวแห้งประมาณ 1 ชั่วโมง
3. นำพื้นกระบอกทิชชูมาทากาวประกอบทางด้านล่าง จนกาวแห้งประมาณ 1 ชั่วโมง
4. นำฝาที่เจาะรูและเซาะร่องไว้เรียบร้อยแล้ววางด้านบน
5. ขัดแต่งชิ้นงานให้เรียบร้อย ขัดแต่งชิ้นงานให้เรียบร้อยด้วยกระดาษทรายเบอร์ละเอียด
6. ทาแชลคขาวให้ทั่วชิ้นงาน ทิ้งให้แห้งประมาณ 1 ชั่วโมง และลูบผิวงานให้เรียบร้อยด้วยกระดาษทรายเบอร์ละเอียด
7. ผสมน้ำยาเคลือบเงายูนิเทนกับทินเนอร์ประมาณ 3: 1 (ยูนิเทน:ทินเนอร์)ใช้แปรงทาให้ทั่วชิ้นงาน ทิ้งให้แห้งประมาณ 6 ชั่วโมง
8. นำทิชชูมาใส่ด้านในปิดฝาให้เรียบร้อย

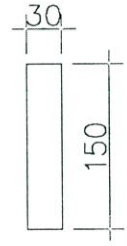
แบบสำหรับการทำกระบอกทิชชู่

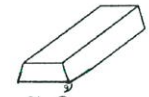




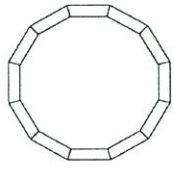


ด้านหน้า

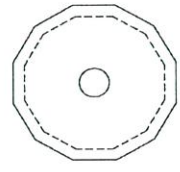




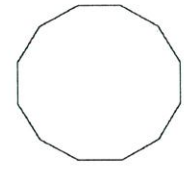
ตัวชิ้นงาน



ด้านบน



ฝากระบอกทิชชู่



พื้นกระบอกทิชชู่

3. ชามเอนกประสงค์

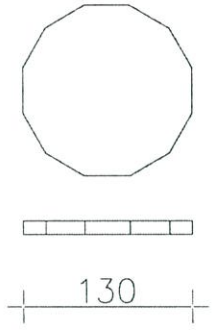
วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้

1. แผ่นวัสดุทดแทนไม้หนา 10 มม. ตัดขนาดกว้าง 3 x 7 ซม.ยาว 10 ซม จำนวน 9 แผ่น สำหรับทำผนังชามใส่สลัด
2. ขอบด้านข้างทั้ง 2 ข้างตัดเอียง 73 องศาด้านล่างตัดเอียง 65 องศาด้านบนตัดมน
3. แผ่นวัสดุทดแทนไม้หนา 6 มม. ตัดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 13 ซม.จำนวน 1 แผ่นสำหรับทำพื้นด้านล่าง
4. ตัดให้เป็นทรงกลมพอดีกับด้านล้างของชามใส่สลัด
5. กาวลาเท็กซ์จำนวน 1 ขวด
6. ขันพลาสติกจำนวน 1 ใบ
7. หนังยางวงใหญ่จำนวน 20 เส้น

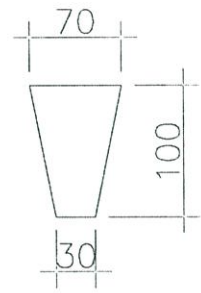
วิธีการประกอบ

1. นำวัสดุทดแทนไม้หนา 10 มม. ขนาดกว้าง 3 x 7 ซม.ยาว 10 ซม. ทากาวด้านขอบที่เอียง 73 องศา นำวางเรียงจำนวน 9 ชิ้น ต่อกันในขันพลาสติกและใช้หนังยางรัดให้แน่นรอกาวแห้งประมาณ 1 ชั่วโมง
2. นำพื้นด้านล่างล่างที่เตรียมไว้มาวางด้านล่างและทากาวประกอบให้แน่น รอกาวแห้งประมาณ 1 ชั่วโมง
3. ขัดแต่งชิ้นงานให้เรียบร้อย ขัดแต่งชิ้นงานให้เรียบร้อยด้วยกระดาษทรายเบอร์ละเอียด
4. ทาแชลคขาวให้ทั่วชิ้นงาน ทิ้งให้แห้งประมาณ 1 ชั่วโมง และลูบผิวงานให้เรียบร้อยด้วยกระดาษทรายเบอร์ละเอียด
5. ผสมน้ำยาเคลือบเงายูนิเทนกับทินเนอร์ประมาณ 3: 1 (ยูนิเทน:ทินเนอร์)ใช้แปรงทาให้ทั่วชิ้นงาน ทิ้งให้แห้งประมาณ 6 ชั่วโมง

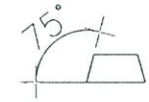
แบบสำหรับการชามเอนกประสงค์



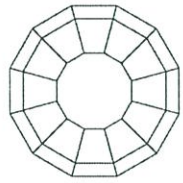
พื้นชาม



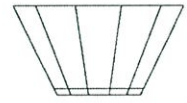
ชิ้นงาน



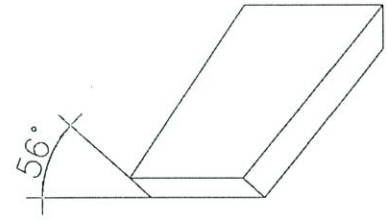
ลักษณะการตัดชิ้นงาน



ด้านบน



ด้านหน้า



ลักษณะการตัดชิ้นงาน

4. กล่องใส่ของรูปหนังสือ

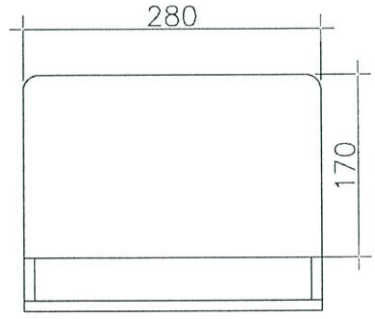
<u>วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้</u>

1. แผ่นวัสดุทดแทนไม้หนา 6 มม. ขนาด 18 x 28 ซม. จำนวน 1 แผ่น สำหรับทำพื้นกล่อง
2. แผ่นวัสดุทดแทนไม้หนา 6 มม. ขนาด 17 x 28 ซม. จำนวน 1 แผ่นสำหรับทำฝาบนของกล่อง
3. แผ่นวัสดุทดแทนไม้หนา 13 มม. ขนาด 5 x 28 ซม. จำนวน 1 แผ่นเซาะร่องขนาด 0.6 x 0.6 ซม.และเซาะร่องสำหรับใส่บานพับ จำนวน 2 บาน สำหรับทำสันกล่อง
4. แผ่นวัสดุทดแทนไม้หนา 6 มม. ขนาด 4 x 15 ซม. จำนวน 2 แผ่นสำหรับทำฝาข้างกล่อง
5. แผ่นวัสดุทดแทนไม้หนา 6 มม. ขนาด 4 x 26 ซม. จำนวน 1 แผ่น ปลายทั้ง 2 ด้านเซาะร่อง 0.6 x 0.6 ซม.สำหรับทำฝาหน้าของข้างกล่อง
6. บานพับขนาด 1 นิ้ว พร้อมสกรูจำนวน 2 ชุด
7. กาวลาเท็กซ์จำนวน 1 ขวด

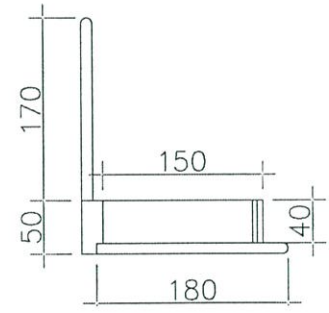
วิธีการประกอบ

1. นำพื้นกล่องมาทากาวประกบสันกล่องโดยประกบตรงที่เซาะร่องเอาไว้ใช้วัสดุที่หนักพอประมาณวางทับที่ด้านบน รอให้กาวแห้งประมาณ 1 ชั่วโมง
2. นำฝาบนของกล่องที่เซาะร่องไว้ใส่บานพับให้เรียบร้อย
3. นำฝาข้างกล่องทากาวประกบกับฝาด้านหน้าให้ตรงกับที่เซาะร่องไว้และทากาวประกบบนพื้นกล่องที่ติดกับสันกล่องให้เรียบร้อย
4. นำฝาบนของกล่องที่ติดบานพับไว้แล้วมาใส่บนสันกล่องที่เซาะร่องไว้แล้วไขสกรูให้แน่น
5. ขัดแต่งชิ้นงานให้เรียบร้อย ขัดแต่งชิ้นงานให้เรียบร้อยด้วยกระดาษทรายเบอร์ละเอียด
6. ทาแชลคขาวให้ทั่วชิ้นงาน ทิ้งให้แห้งประมาณ 1 ชั่วโมง และลูบผิวงานให้เรียบร้อยด้วยกระดาษทรายเบอร์ละเอียด
7. ผสมน้ำยาเคลือบเงายูนิเทนกับทินเนอร์ประมาณ 3: 1 (ยูนิเทน:ทินเนอร์)ใช้แปรงทาให้ทั่วชิ้นงาน ทิ้งให้แห้งประมาณ 6 ชั่วโมง

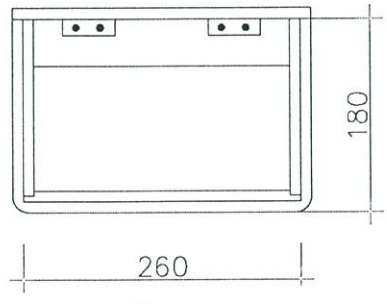
แบบสำหรับการทำกระบอกเทิชชู่



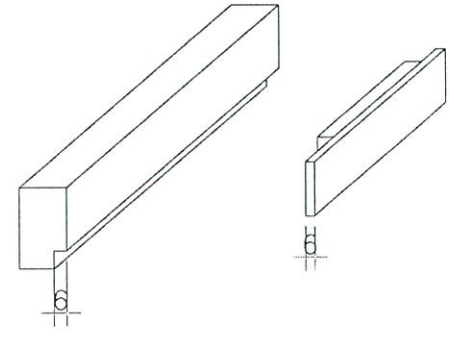
ด้านหน้า



ด้านข้าง



ด้านบน



การเซาะร่องสันกล่องและฝาหน้าด้านในกล่อง

ในตัวอย่างผลิตภัณฑ์ข้างต้นเป็นเพียงบางส่วนเพื่อใช้เป็นแนวทาง ซึ่งผู้สนใจสามารถประยุคต์นำไปใช้ในรูปแบบของผลิตภัณที่ไกล้เคียงได้ และทางผู้วิจัยได้แสดงรูปแบบในการจะนำวัสดุทดแทนไม้จากกากเบียร์ไปใช้ในงานตกแต่งและกรุผนังประกอบเป็นส่วนหนึ่งของงานตกแต่งภายใน ตามตัวอย่างดังนี้

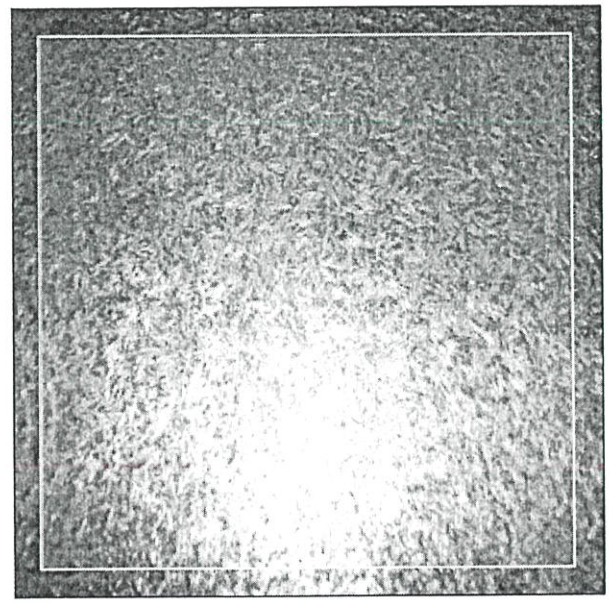
4. งานตกแต่งผนังห้อง

<u>วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้</u>

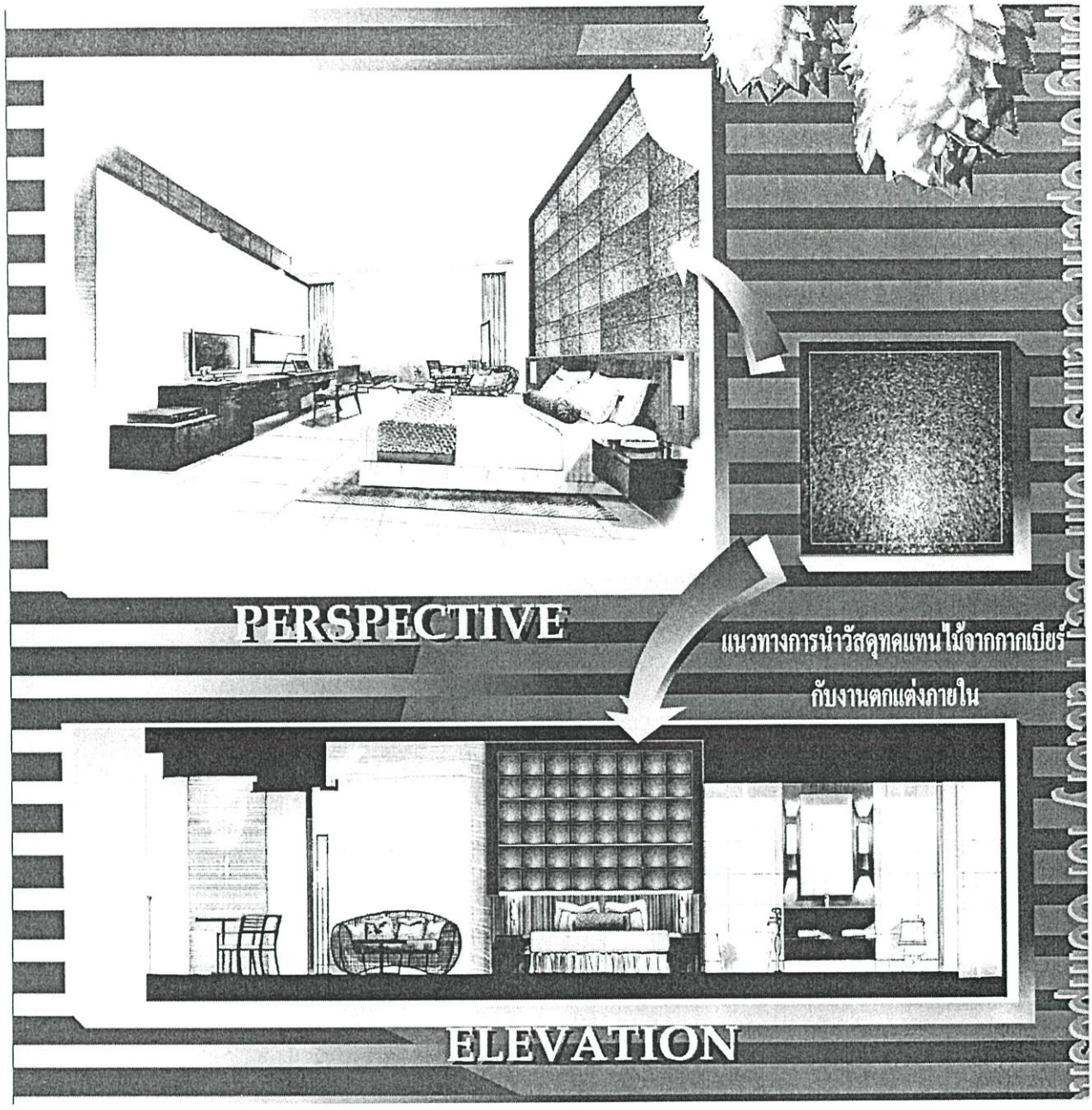
1. วัสดุทดแทนไม้จากกากเบียร์ตัดตามขนาดที่ต้องการสำหรับงานตกแต่ง
2. อุปกรณ์ขัดผิว เช่นกระดาษทราและเครื่องมือขัด
3. สีเคลือบเงาวัสดุ
4. อุปกรณ์งานกรุผนังตกแต่งภายใน เช่น พื้นหลังไม้อัด และ อุปกรณ์ยิงเกาะยึด

<u>วิธีการนำไปใช้</u>

1. วัสดุทดแทนไม้จากกากเบียร์ตัดตามขนาดที่ต้องการสำหรับงานตกแต่ง
2. ทำการขัดผิววัสดุให้ได้ตามต้องการ
3. ลงสีเคลือบเงาตามความเหมาะสม หรือทำสีภายหลังงานติดตั้ง
4. ติดตั้งตามหลังงานเฟอร์นิเจอร์ตกแต่งภายใน โดยช่างผู้ชำนาญ



ภาพที่ จ.1 แสดงตัวอย่างแผ่นวัสดุทดแทนไม้จากกากเบียร์ที่ทำการขัดเคลือบเงาเพื่อใช้ในการตกแต่งภายใน



ภาพที่ จ.2 แสดงตัวอย่างงานตกแต่งที่ใช้วัสดุทดแทนไม้จากกากเบียร์

ภาคผนวก ฉ.

เอกสารการดำเนินการด้านสิทธิบัติ

แบบ สป/สผ/อสป/001-ก

หน้า 1 ของจำนวน 3 หน้า

คำขอรับสิทธิบัตร / อนุสิทธิบัตร

☑ การประดิษฐ์
☐ การออกแบบผลิตภัณฑ์
☐ อนุสิทธิบัตร

ข้าพเจ้าผู้ลงลายมือชื่อในคำขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตรนี้
ขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร ตามพระราชบัญญัติสิทธิบัตร พ.ศ.2522
แก้ไขเพิ่มเติมโดยพระราชบัญญัติสิทธิบัตร(ฉบับที่ 2) พ.ศ 2535
และ พระราชบัญญัติสิทธิบัตร (ฉบับที่ 3) พ.ศ 2542

สำหรับเจ้าหน้าที่

วันรับคำขอ	เลขที่คำขอ
วันยื่นคำขอ	0701000935

สัญลักษณ์จำแนกการประดิษฐ์ระหว่างประเทศ

ใช้กับแบบผลิตภัณฑ์
ประเภทผลิตภัณฑ์

วันประกาศโฆษณา	เลขที่ประกาศโฆษณา
วันออกสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร	เลขที่สิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร

ลายมือชื่อเจ้าหน้าที่

1. ชื่อที่แสดงถึงการประดิษฐ์/การออกแบบผลิตภัณฑ์
กรรมวิธีการนำกากเบียร์ทำเป็นแผ่นชิ้นไม้อัด

2. คำขอรับสิทธิบัตรการออกแบบผลิตภัณฑ์นี้เป็นคำขอสำหรับผลิตภัณฑ์อย่างเดียวกันและเป็นคำขอลำดับที่
ในจำนวน คำขอ ที่ยื่นในคราวเดียวกัน

3. ผู้ขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร และที่อยู่(เลขที่ ถนน ประเทศ)
นายคัมภีร์ นนทราช 65/77 หมู่ 2 ซ.ติวานนท์ 45 ถนนติวานนท์-แคราย
ต.ท่าทราย อ.เมือง จ.นนทบุรี 11000

3.1 สัญชาติ ไทย
3.2 โทรศัพท์ 02-9513191
3.3 โทรสาร 02-9513039
3.4 อีเมล์ ball_kampee@yahoo.com

4. สิทธิในการขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร
☑ ผู้ประดิษฐ์/ผู้ออกแบบ ☐ ผู้รับโอน ☐ ผู้ขอรับสิทธิโดยเหตุอื่น

5. ตัวแทน (ถ้ามี) ที่อยู่ (เลขที่ ถนน จังหวัด รหัสไปรษณีย์)

5.1 ตัวแทนเลขที่
5.2 โทรศัพท์
5.3 โทรสาร
5.4 อีเมล์

6. ผู้ประดิษฐ์/ผู้ออกแบบผลิตภัณฑ์ และที่อยู่ (เลขที่ ถนน ประเทศ)
นายคัมภีร์ นนทราช 65/77 หมู่ 2 ซ.ติวานนท์ 45 ถนนติวานนท์-แคราย ต.ท่าทราย อ.เมือง จ.นนทบุรี 11000

7. คำขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตรนี้แยกจากหรือเกี่ยวข้องกับคำขอเดิม
ผู้ขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร ขอให้ถือว่าได้ยื่นคำขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตรนี้ ในวันเดียวกับคำขอรับสิทธิบัตร
เลขที่ วันยื่น เพราะคำขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตรนี้แยกจากหรือเกี่ยวข้องกับคำขอเดิมเพราะ
☐ คำขอเดิมมีการประดิษฐ์หลายอย่าง ☐ ถูกคัดค้านเนื่องจากผู้ขอไม่มีสิทธิ ☐ ขอเปลี่ยนแปลงประเภทของสิทธิ

หมายเหตุ ในกรณีที่ไม่อาจระบุรายละเอียดได้ครบถ้วน ให้จัดทำเป็นเอกสารแนบท้ายแบบพิมพ์นี้โดยระบุหมายเลข กำกับข้อและหัวข้อที่แสดงรายละเอียดเพิ่มเติมดังกล่าวด้วย

8. การยื่นคำขอนอกราชอาณาจักร

วันยื่นคำขอ	เลขที่คำขอ	ประเทศ	สัญลักษณ์จำแนกการประดิษฐ์ระหว่างประเทศ	สถานะคำขอ
8.1				
8.2				
8.3				

8.4 ☐ ผู้ขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตรขอสิทธิให้ถือว่าได้ยื่นคำขอนี้ในวันที่ได้ยื่นคำขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตรในต่างประเทศเป็นครั้งแรกโดย
☐ ได้ยื่นเอกสารหลักฐานพร้อมคำขอนี้ ☐ ขอยื่นเอกสารหลักฐานหลังจากวันยื่นคำขอนี้

9. การแสดงการประดิษฐ์หรือการออกแบบผลิตภัณฑ์ผู้ขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตรได้แสดงการประดิษฐ์ที่หน่วยงานของรัฐเป็นผู้จัด
วันแสดง วันเปิดงานแสดง ผู้จัด

10. การประดิษฐ์เกี่ยวกับจุลชีพ

10.1 เลขทะเบียนฝากเก็บ	10.2 วันที่ฝากเก็บ	10.3 สถาบันฝากเก็บ/ประเทศ

11. ผู้ขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร ขอยื่นเอกสารภาษาต่างประเทศก่อนในวันยื่นคำขอนี้ และจะจัดยื่นคำขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตรนี้ที่จัดทำเป็นภาษาไทยภายใน 90 วัน นับจากวันยื่นคำขอนี้ โดยขอยื่นเป็นภาษา
☐ อังกฤษ ☐ ฝรั่งเศส ☐ เยอรมัน ☐ ญี่ปุ่น ☐ อื่น ๆ

12. ผู้ขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตรขอให้อธิบดีประกาศโฆษณาคำขอรับสิทธิบัตรหรือจดทะเบียนและประกาศโฆษณาอนุสิทธิบัตรนี้
หลังจากวันที่ เดือน พ.ศ
☐ ผู้ขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตรขอให้ใช้รูปเขียนหมายเลข ในการประกาศโฆษณา

13. คำขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตรนี้ประกอบด้วย
- ก. แบบพิมพ์คำขอ 2 หน้า
- ข. รายละเอียดการประดิษฐ์ หรือคำพรรณนาแบบผลิตภัณฑ์ 2 หน้า
- ค. ข้อถือสิทธิ 1 หน้า
- ง. รูปเขียน 1 รูป 1 หน้า
- จ. ภาพแสดงแบบผลิตภัณฑ์
  - ☐ รูปเขียน รูป หน้า
  - ☐ รูปถ่าย รูป หน้า
- ฉ. บทสรุปการประดิษฐ์ 1 หน้า

14. เอกสารประกอบคำขอ
- ☐ เอกสารแสดงสิทธิในการขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร
- ☐ หนังสือรับรองการแสดงการประดิษฐ์/การออกแบบผลิตภัณฑ์
- ☐ หนังสือมอบอำนาจ
- ☐ เอกสารรายละเอียดเกี่ยวกับจุลชีพ
- ☐ เอกสารการขอนับวันยื่นคำขอในต่างประเทศเป็นวันยื่นคำขอในประเทศไทย
- ☐ เอกสารขอเปลี่ยนแปลงประเภทของสิทธิ
- ☐ เอกสารอื่น ๆ

15. ข้าพเจ้าขอรับรองว่า
- ☑ การประดิษฐ์นี้ไม่เคยยื่นขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตรมาก่อน
- ☐ การประดิษฐ์นี้ได้พัฒนาปรับปรุงมาจาก.....

16. ลายมือชื่อ (☑ ผู้ขอรับสิทธิบัตร / อนุสิทธิบัตร; ☐ ตัวแทน)
(นายคมภีร์ นนทราช)

หมายเหตุ บุคคลใดยื่นขอรับสิทธิบัตรการประดิษฐ์หรือการออกแบบผลิตภัณฑ์ หรืออนุสิทธิบัตร โดยการแสดงข้อ ความอันเป็นเท็จแก่พนักงานเจ้าหน้าที่เพื่อให้ได้ไปซึ่งสิทธิบัตรหรืออนุสิทธิบัตร ต้องระวางโทษจำคุกไม่เกินหกเดือน

รายละเอียดการประดิษฐ์

ชื่อที่แสดงถึงการประดิษฐ์

กรรมวิธีการนำกากเบียร์ผลิตเป็นแผ่นชิ้นไม้อัดที่ได้จากกรรมวิธีนี้

สาขาวิทยาการที่เกี่ยวข้องกับการประดิษฐ์

การประดิษฐ์นี้อยู่ในสาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีทางไม้ในส่วนที่เกี่ยวข้องกับกรรมวิธีการอัดแผ่นชิ้นไม้จากกากเบียร์ (Spent Grain)

ภูมิหลังของศิลปะและวิทยาการที่เกี่ยวข้อง

กากเบียร์ถือเป็นผลพลอยได้จากวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตเบียร์ โดยในปัจจุบันได้มีโรงงานอุตสาหกรรมด้านการผลิตเบียร์เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง และ มีการขยายกำลังการผลิตเพื่อรองรับตลาดทั้งในประเทศ และ ต่างประเทศจึงสามารถมองเห็นถึงวัตถุดิบที่เหลือจากการผลิตเบียร์ต่อวันในโรงงานอุตสาหกรรมเหล่านั้น และจะนำเอาวัตถุดิบที่เป็นของเหลือนั้นมาแปรสภาพให้เกิดเป็นวัสดุที่มีคุณค่าแทนวัสดุธรรมชาติอย่างเช่นไม้ซึ่งจัดเป็นผลผลิตจากธรรมชาติที่ต้องควบคุมปริมาณการใช้งานต่อไปในอนาคตทั้งเป็นการสร้างสมดุลให้แก่ธรรมชาติสืบต่อไป โดยวิธีการนำกากเบียร์ที่ได้นั้นมาทำการคัดแยกขนาดและควบคุมความชื้น แล้วนำไปผสมกับกาวยูเรีย-ฟอร์มัลดีไฮด์ นำไปฟอร์มแผ่นที่มีขนาดโครงสร้างของแผ่นต่างๆกัน ที่ระดับความหนาแน่นต่างๆ เช่นกัน เพื่อได้แผ่นไม้ที่มีสมบัติทางกายภาพและเชิงกลตามมาตราฐานที่ต้องการ

ลักษณะและความมุ่งหมายของการประดิษฐ์โดยย่อ

การนำกากเบียร์ (Spent Grain) มาทำการคัดแยกขนาดและควบคุมความชื้น แล้วนำไปผสมกับกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ นำไปฟอร์มแผ่น เข้าเครื่องอัดร้อน และตัดขอบ ขัดผิว เพื่อนำไปใช้ในงานผลิตเฟอร์นิเจอร์ งานวัสดุตกแต่ง งานก่อสร้าง และใช้งานทั่วไป

คำอธิบายรูปเขียนโดยย่อ

รูปที่ 1 แสดงขั้นตอนการผลิตชิ้นไม้อัดจากกากเบียร์

การเปิดเผยการประดิษฐ์โดยสมบูรณ์

การประดิษฐ์นี้ ดำเนินการโดยนำการเบียร์ที่ได้มาทำให้เป็นลักษณะที่ไม่จับตัวเป็นก้อนใหญ่ ซึ่งนำไปผ่านเครื่องร่อนขนาดช่องตะแกรง 2 x 2 ม.ม. ซึ่งส่วนที่ไม่ผ่านตะแกรงเป็นส่วนที่นำมาใช้งาน โดยปรับค่าความชื้นให้อยู่ระหว่าง 5-10 เปอร์เซ็นต์ นำไปชั่งตามอัตราส่วนที่ต่างๆไปแล้วเข้าเครื่องผสมกาว โดยใช้กาวยูเรีย-ฟอร์มัลดีไฮด์ ร้อยละ 7-16 ของน้ำหนักแห้งกากเบียร์ นำกากเบียร์ที่ผ่านการผสมกาวเสร็จเรียบร้อยแล้ว มาผ่านอุปกรณ์โรยแผ่นความหนาแน่นของแผ่น 800 กก./ม^3 เนื่องจากเนื้อกากเบียร์ที่ผ่านการผสมกาวแล้วจะมีลักษณะเป็นก้อนจึงจำเป็นต้องนำมาเข้ากับอุปกรณ์โรยแผ่น เพื่อให้กากเบียร์ที่โรยไม่เป็นก้อน และ มีความสม่ำเสมอกันทั่วทั้งแผ่นก่อนการ

นำไปเข้ากับเครื่องอัดร้อน จากนั้นนำแผ่นเหล็กที่ทาน้ำมันแล้วมารองทั้ง 2 ด้าน ก่อนยกเข้าเครื่อง ทำการอัดอุณหภูมิในการอัดร้อน 130 องศาเซลเซียส และ แรงอัดในการอัดร้อน 130-150 กก/ซม.^{2} ระยะเวลาในการอัดความร้อน 5 นาที ทำการตัดขนาดตามต้องการหลังนำลงจากเครื่องอัด ทำการขัดผิวสำหรับนำไปใช้งานตามความต้องการ หรือปิดทับผิวหน้าด้วยวัสดุชนิดต่าง ๆ ก็ได้

วิธีการประดิษฐ์ที่ดีที่สุด

ได้เปิดเผยไว้แล้วในหัวข้อการเปิดเผยการประดิษฐ์โดยสมบูรณ์

หน้า 1 ของจำนวน 1 หน้า

ข้อถือสิทธิ

1. กรรมวิธีการนำกากเบียร์ผลิตเป็นแผ่นชิ้นไม้อัด ประกอบด้วย

(1) นำกากเบียร์ที่เตรียมไว้สำหรับการแปรรูปมาตากให้แห้งตามปริมาณที่ต้องการโดยให้เหลือความชื้นในการเบียร์ให้น้อย แล้วนำไปผ่านเครื่องร่อนขนาดช่องตะแกรง 2 x 2 ม.ม. ซึ่งส่วนที่ไม่ผ่านตะแกรงและผ่านตะแกรงนำไปใช้งานในลักษณะเดียวแต่จะให้ความละเอียดของผิวที่แตกต่างกันไป

(2) ส่วนที่นำมาใช้งานชั่งตามอัตราส่วนที่ต่างๆ ไปแล้วเข้าเครื่องผสมกาว ใช้กาวยูเรีย-ฟอร์มัลดิไฮด์ตามเปอร์เซ็นต์ระหว่าง 7-16 เปอร์เซ็นต์ เทียบกับน้ำหนักของกากเบียร์แห้ง

(3) นำกากเบียร์ที่ผ่านการผสมกาวเสร็จเรียบร้อยแล้ว มาผ่านอุปกรณ์โรยแผ่นความหนาแน่นของแผ่น 800 กก./ม^3 เนื่องจากเนื้อกากเบียร์ที่ผ่านการผสมกาวแล้วจะมีลักษณะเป็นก้อนจึงจำเป็นต้องนำมาเข้ากับอุปกรณ์โรยแผ่น เพื่อให้กากเบียร์ที่โรยไม่เป็นก้อน และ มีความสม่ำเสมอกันทั่วทั้งแผ่นก่อนการนำไปเข้ากับเครื่องอัดร้อน

(4) นำแผ่นเหล็กที่ทาน้ำมันแล้วมารองทั้ง 2 ด้าน ก่อนยกเข้าเครื่องทำการอัดอุณหภูมิในการอัดร้อน 130 องศาเซลเซียส และแรงอัดในการอัดร้อน 130-150 กก/ซม.^{2} ระยะเวลาในการอัดความร้อน 5 นาที

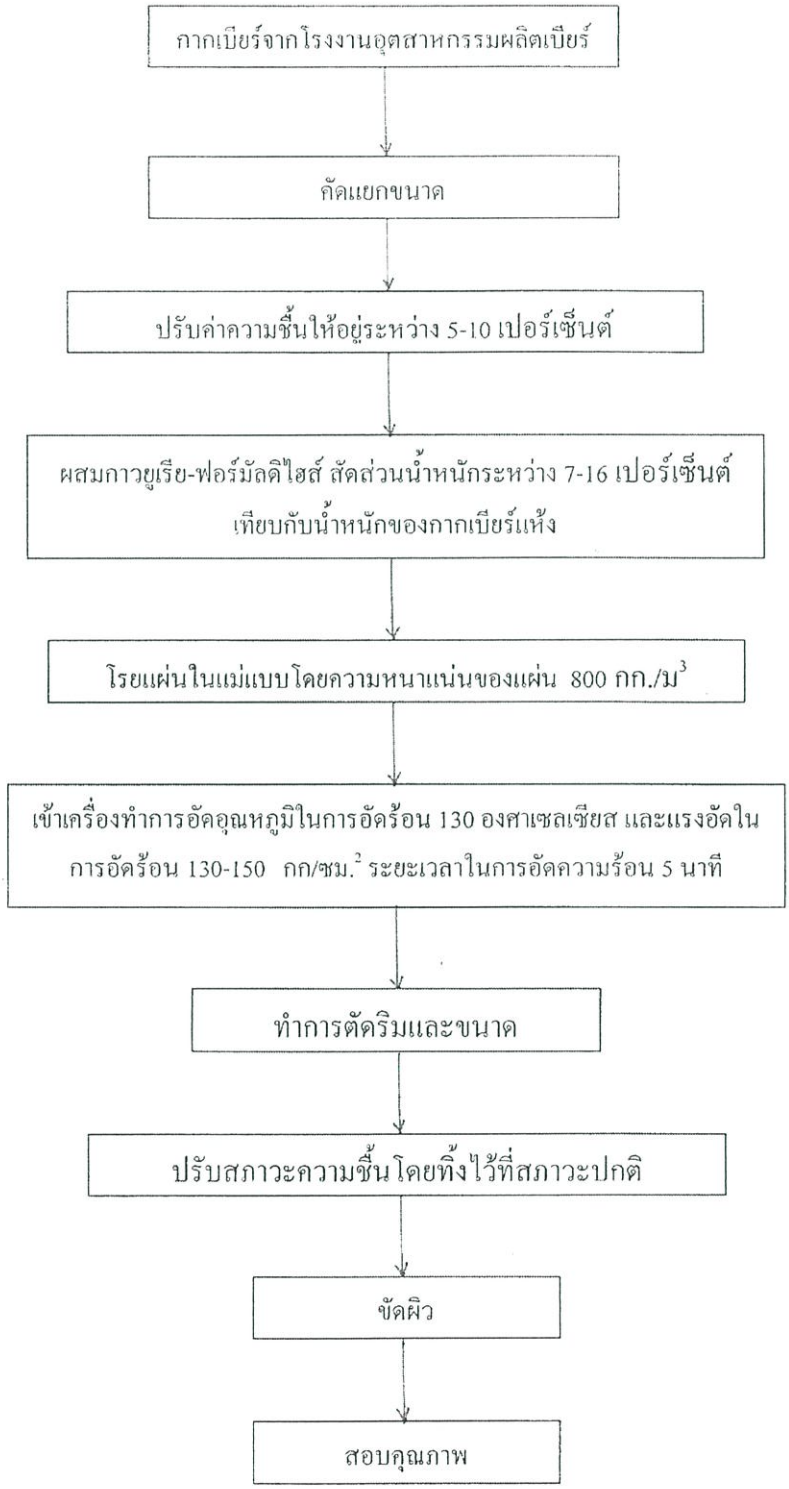
(5) นำแผ่นชิ้นไม้อัดจากกากเบียร์ไปปรับสภาวะความชื้นโดยทิ้งไว้ที่สภาวะปกติ

2. แผ่นชิ้นไม้อัดจากกากเบียร์ที่ผลิตขึ้นตามกรรมวิธีของข้อถือสิทธิ 1

บทสรุปการประดิษฐ์

กรรมวิธีการนำกากเบียร์ผลิตเป็นแผ่นชิ้นไม้อัด ซึ่งมีการเตรียมวัตถุดิบเฉพาะ ปรับค่าความชื้นให้อยู่ระหว่าง 5-10 เปอร์เซ็นต์ และใช้กาวยูเรีย-ฟอร์มัลดิไฮส์ตามอัตราส่วนร้อยละ 7-16 ของน้ำหนักแห้งกากเบียร์ แล้วนำไปโรยแผ่น ความหนาแน่นของแผ่น 800 กก./ม^3 ทำการอัดอุณหภูมิในการอัดร้อน 130 องศาเซลเซียส และแรงอัดในการอัดร้อน 130-150 กก/ซม.^{2} ทำการตัดริมและขนาด แล้วทิ้งปรับสภาวะ ขัดผิว จะได้แผ่นชิ้นไม้อัดที่มีคุณภาพตามที่ต้องการ

หน้า 1 ของจำนวน 1 หน้า



รูปที่ 1

ประวัติผู้เขียน

ชื่อขนามสกุล นายคัมภีร์ นนทราช

วัน เดือน ปีเกิด 31 สิงหาคม 2517 ที่จังหวัดพัทลุง

ที่อยู่ 14/675 หมู่บ้านเจริญลาภ 5 หมู่ที่ 3 ถนนรังสิต-นครยายก ตำบลลำผักกูด อำเภอธัญบุรี จังหวัดปทุมธานี โทรศัพท์ 081-8168653 , 081-9076369

ประวัติการศึกษา 2538 สำเร็จการศึกษาระดับอนุปริญญา (ประสบการณ์วิชาชีพชั้นสูง) สาขาช่างเทคนิคสถาปัตยกรรม ภาควิชาสถาปัตยกรรม สถาบันเทคโนโลยีราชมงคลวิทยาเขต อุเทนถวาย

2545 บริหารธุรกิจบัณฑิต สาขาวิชาการบริหารงานก่อสร้าง คณะวิทยการการจัดการ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช

2549 ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ภาควิชาครุศาสตร์สถาปัตยกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

2544 ได้รับใบประกอบวิชาชีพสถาปนิก ระดับ ภาคีสถาปนิก สาขาสถาปัตยกรรมหลัก ตามพระราชบัญญัติสภาสถาปนิก พ.ศ.2543

ความชำนาญเฉพาะด้าน

1.) ออกแบบและเขียนแบบงานสถาปัตยกรรมหลัก

2.) ออกแบบกราฟิก

การทำงานและผลงานที่เกี่ยวข้อง

ตำแหน่ง สถาปนิกโครงการ บริษัทซินเท็ค คอนสตรัคชั่น จำกัด (มหาชน)

โครงการโรงงานเบียร์ช้าง จังหวัดกำแพงเพชร บริษัทเบียร์ไทย(1991) จำกัด (มหาชน)

โครงการ ห้างสรรพสินค้า วิถีเทพและบิ๊กซี จังหวัดนครสวรรค์

โครงการโรงพยาบาลกรุงเทพพัทยา จังหวัดชลบุรี

โครงการ THE SAILS PATTAYA คอนโดมิเนียม และโรงแรม จังหวัดชลบุรี