สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การศึกษาและพัฒนาวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้ จากกากกาแฟผสมชานอ้อย

STUDY AND DEVELOPMENT OF COMPOSITE BOARD FROM COFFEE RESIDUE AND BAGASSE

T117051

ชนิดา หิรัญรัตนากร

CHANIDA HIRANRATTANAKORN

สจหปู.....
เลขทะเบียน 117051
วัน,เดือน,ปี 23 มิ.ย. 2554

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

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ. 2553

KMITL-2010-ED-M-222-134

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

STUDY AND DEVELOPMENT OF COMPOSITE BOARD FROM COFFEE RESIDUE AND BAGASSE

CHANIDA HIRANRATTANAKORN

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILMENT

OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF

MASTER OF SCIENCE IN INUSTRIAL EDUCATION INDUSTRIAL DESIGN TECNOLOGY

FACULTY OF INDUSTRIAL EDUCATION

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKABANG

2010

KMITL-2010-ED-M-222-134

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COPYRIGHT 2010

FACULTY OF INDUSTRIAL EDUCATION

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองวิทยานิพนธ์

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การศึกษาและพัฒนาวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้ จากกากกาแฟผสมชานอ้อย

Study and Development of Composite Board from Coffee Residue and Bagasse

นักศึกษา นางสาวชนิดา หิรัญรัตนากร

รหัสประจำตัว 49063651

ปริญญา ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต

สาขาวิชา เทคโนโลยีผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ รศ.อุดมศักดิ์ สาริบุตร

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม -

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์		ลายมือชื่อ
รศ.สถาพร	ดีบุญมี ณ ชุมแพ	
รศ.อุดมศักดิ์	สาริบุตร	
ดร.จตุรงค์	เสาหะเพ็ญแสง	
ดร.อภิสักก์	สินธุภัค	
ผศ.ดร.รัฐไท	พรเจริญ	

วัน / เดือน/ ปี ที่สอบ 20 พฤศจิกายน 2553 เวลา 07.00 น. เป็นต้นไป

สถานที่สอบ ณ ห้อง ค 407 คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมรับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์ พีระวุฒิ สุวรรณจันทร์)

คณบดี คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

วันที่.....27.....**เดือน**.....ธันวาคม.....**พ.ศ. 2553**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การศึกษาและพัฒนาวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้ จากกากกาแฟผสมชานอ้อย
นักศึกษา	นางสาวชนิดา หิรัญรัตนากร
รหัสประจำตัว	49063651
ปริญญา	ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	เทคโนโลยีผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
พ.ศ.	2553
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	รองศาสตราจารย์อุดมศักดิ์ สาริบุตร

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและพัฒนาวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้ จากกากกาแฟผสมชานอ้อย โดยการนำกากกาแฟที่เหลือทิ้งและมีชานอ้อยมาช่วยเป็นวัสดุประสานเพื่อลดการใช้กาวที่มีส่วนผสมของสารเคมีให้น้อยลง โดยใช้กาวโซไซยาเนต 7% และกำหนดสัดส่วนของปริมาณวัตถุดิบที่ใช้ในงานวิจัยครั้งนี้ คือ ปริมาณกากกาแฟต่อชานอ้อยโดยใช้น้ำหนักอบแห้งที่ระดับ 100:0, 90:10, 80:20, 70:30, 60:40, 50:50, 40:60, 30:70, 20:80, 10:90 และ 0:100 ตามลำดับ ซึ่งทั้งหมดนี้จะทำการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกล ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นชิ้นไม้อัดชนิดอัดราบ (มอก.876-2547) รวมถึงการทดสอบหาค่าการนำความร้อน ตามมาตรฐาน ASTM C177 แล้วสรุปหาแนวทางการนำแผ่นวัสดุไปใช้งานด้านเครื่องเรือน หรืองานด้านตกแต่งภายในได้อย่างเหมาะสม โดยผู้วิจัยได้สรุปผลการทดสอบ ดังนี้

ความหนาแน่น พบว่าในปริมาณกากกาแฟต่อชานอ้อยที่ระดับ 90:10 มีค่าความหนาแน่น 996.91 กก./ลบ.ม. ไม่เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ 400-900 กก./ ลบ.ม. ส่วนที่ระดับ 0:100, 10:90, 20:80, 30:70, 40:60, 50:50, 60:40, 70:30 และ 80:20 มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดไว้ คือ 818.61, 737.73, 709.34, 808.62, 821.43, 827.78, 830.39, 880.94 และ 833.65 กก./ ลบ.ม.

ความชื้น พบว่าในปริมาณกากกาแฟต่อชานอ้อยที่ระดับ 0:100, 10:90, 20:80, 30:70, 40:60, 50:50, 60:40, 70:30, 80:20 และ 90:10 มีค่าความชื้น 9.91, 10.65, 9.35, 9.86, 9.90, 9.16, 10.20, 8.82, 8.72 และ 7.86 เปอร์เซ็นต์ เป็นค่าที่อยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดไว้ 4-13 เปอร์เซ็นต์

การดูดซึมน้ำพบว่าในปริมาณกากกาแฟต่อชานอ้อยที่ระดับ 0:100 ที่ได้ทดสอบการแช่น้ำ 1 ชั่วโมง มีค่าการดูดซึมน้ำน้อยที่สุด คือ 5.08 เปอร์เซ็นต์ และที่ระดับ 50:50 มีค่าการดูดซึมน้ำมากที่สุด คือ 16.94 เปอร์เซ็นต์ ต่อมาการแช่น้ำที่ 24 ชั่วโมง ที่ระดับ 0:100 มีค่าการดูดซึมน้ำน้อยที่สุด คือ 28.01 เปอร์เซ็นต์ และที่ระดับ 50:50 มีค่าการดูดซึมน้ำมากที่สุด คือ 51.11 เปอร์เซ็นต์ ในส่วนของการขยายตัวตามความหนา พบว่าในปริมาณกากกาแฟต่อชานอ้อยที่ระดับ 20:80,

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

50:50, 70:30, 80:20 และ 90:10 ที่ได้ทดสอบการแช่น้ำ 24 ชั่วโมง ไม่เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ที่ไม่เกินกว่า 20 เปอร์เซ็นต์ ส่วนระดับที่ 0:100, 10:90, 20:80, 30:70, 40:60, 50:50, 60:40, 70:30, 80:20 และ 90:10 มีค่าการขยายตัวตามความหนา 1.25, 3.18, 6.20, 1.64, 3.25, 3.30, 0.58, 5.85, 2.18 และ 0.67 เปอร์เซ็นต์ ที่ได้ทดสอบการแช่น้ำ 1 ชั่วโมง และระดับที่ 0:100, 10:90, 30:70, 40:60 และ 60:40 เป็นการทดสอบการแช่น้ำ 24 ชั่วโมง มีค่าการขยายตัวตามความหนา 7.56, 10.64, 10.20, 11.93 และ 8.79 เปอร์เซ็นต์ มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดไว้

ความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า พบว่าในปริมาณกากกาแฟต่อชานอ้อยที่ระดับ 10:90, 70:30, 80:20 และ 90:10 มีค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า 0.36, 0.53, 0.16, 0.17 และ 0.07 เมกะพาสคัล ไม่เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ไม่น้อยกว่า 0.40 เมกะพาสคัล ส่วนที่ระดับ 0:100, 20:80, 30:70, 40:60, 50:50 และ 60:40 มีค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า 0.79, 0.43, 0.47, 0.67, 0.53 และ 0.54 มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดไว้

ความต้านแรงดัดและมอดูลัสยืดหยุ่น พบว่าในปริมาณกากกาแฟต่อชานอ้อยระดับที่ 10:90, 20:80, 30:70, 40:60, 50:50, 60:40, 70:30, 80:20 และ 90:10 มีค่าความต้านแรงดัด 8.20, 7.85, 10.55, 9.96, 7.27, 11.46, 6.25, 3.69 และ 4.65 เมกะพาสคัล ไม่เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ที่ไม่น้อยกว่า 14 เมกะพาสคัล ส่วนระดับที่ 0:100 มีค่าความต้านแรงดัด 22.96 เมกะพาสคัล มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดไว้ ต่อมาในส่วนสของค่ามอดูลัสยืดหยุ่น พบว่าในปริมาณกากกาแฟต่อชานอ้อยที่ระดับ 10:90, 20:80, 30:70, 40:60, 50:50, 60:40, 70:30, 80:20 และ 90:10 มีค่ามอดูลัสยืดหยุ่น 770.95, 848.36, 1040.79, 1017.33, 852.07, 1135.81, 801.51, 548.82 และ 743.10 เมกะพาสคัล อยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดไว้ที่มากกว่า 1800 เมกะพาสคัล ส่วนที่ระดับ 0:100 มีค่ามอดูลัสยืดหยุ่น 1808.51 เมกะพาสคัล มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดไว้

การทดสอบการนำความร้อน ตามมาตรฐาน ASTM C177 ในปริมาณกากกาแฟต่อชานอ้อยที่ระดับ 10:90 มีค่าการนำความร้อนต่ำที่สุด คือ 0.052 วัตต์/ เมตร.เคลวิน และที่ระดับ 0:100 มีค่าการนำความร้อนสูงที่สุด คือ 0.101 วัตต์/ เมตร.เคลวิน และสุดท้ายในปริมาณกากกาแฟระดับที่ 100 ไม่สามารถหาค่าการทดสอบใดๆ ได้ เนื่องจากวัสดุไม่สามารถยึดตัวเกาะติดกันเป็นแผ่นได้

สรุปผลการทดสอบทั้งหมดนี้ได้ว่าหากมีปริมาณกากกาแฟมากกว่าชานอ้อย จะส่งผลให้คุณสมบัติทางกายภาพ คือ ความหนาแน่น, ความชื้น, การดูดซึมน้ำและการขยายตัวตามความหนาได้ดีกว่า และหากมีปริมาณชานอ้อยมากกว่ากากกาแฟนั้น ก็จะทำให้มีคุณสมบัติเชิงกล คือ ความต้านแรงดัด, ความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า ได้ดีกว่าเช่นกัน ในส่วนของค่าการนำความร้อน พบว่าหากมีปริมาณกากกาแฟมากขึ้นจะทำให้ค่าการนำความร้อนสูงขึ้นตามกัน ดังนั้นจึงแผ่นสามารถนำมาแปรรูปเป็นวัสดุตกแต่งที่มีสภาพเทียบเคียงกับแผ่นไม้อัดได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Study and Development of Composite Board from Coffee Residue and Bagasse
Student	Chanida Hiranrattanakorn
Student ID.	49063651
Degree	Master of Science in Industrial Education
Program	Industrial Design Technology
Year	2553
Thesis Advisor	Associate Professor Udomsak Saributr
Thesis Co-Advisor	-

ABSTRACT

This research aims at studying and developing the composite board from coffee residue and bagasse as joining material to decrease usage of glue which has the composition of chemical substance. This is done by using sozyanate glue 7% and fixing proportion of raw material contents used in this research: the content of coffee waste to bagasse with dehydration weight at the level of 100:0, 90:10, 80:20, 70:30, 60:40, 50:50, 40:60, 30:70, 20:80, 10:90, and 0:100 respectively. All these will be tested both physical and mechanical qualifications according to industrial product standards of plywood board (smooth and flat) (IPS 876-2547). This also includes testing to find thermal conduction value according to ASTM C177 and then summarizing to find guideline of using suitably material sheets in furniture or internal decoration works. The researcher has summarized the test results as follows:

Density: it is found out that the content of coffee waste to bagasse at the level of 90:10 has density value at 996.91 kilograms/cubic meters (not in accordance with the fixed value at 400-900 kilograms/cubic meters). However the content of coffee waste to bagasse at the level of 0:100, 10:90, 20:80, 30:70, 40:60, 50:50, 60:40, 70:30, and 80:20, has density value according to the fixed value at 818.61, 737.73, 709.34, 808.62, 821.43, 827.78, 830.39, 880.94, and 883.65 kilograms/cubic meters respectively.

Humidity: it is found out that the content of coffee waste to bagasse at the level of 0:100, 10:90, 20:80, 30:70, 40:60, 50:50, 60:40, 70:30, 80:20 and 90:10, has density value at 9.91%, 10.65%, 9.35%, 9.86%, 9.90%, 9.16%, 10.20%, 8.82%, 8.72%, and 7.86% respectively (which is within the fixed value at 4-13%).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Water absorption: it is found out that the content of coffee waste to bagasse at the level of 0:100 (tested by soaking in water for 1 hour), has the least absorption value at 5.08%; and at the level of 50:50 has the highest absorption value at 16.94%. However, when soaking has been made for 24 hours, at the level of 0:100 has the least absorption value at 28.01% while at the level of 50:50 has the highest absorption value at 51.11%.

Expansion according to thickness: it is found out that the content of coffee waste to bagasse at the level of 20:80, 50:50, 70:30, 80:20, and 90:10 (soaking in water for 24 hours), has not been in accordance with the fixed value of expansion according to thickness at not over 20%; at the level of 0:100, 10:90, 20:80, 30:70, 40:60, 50:50, 60:40, 70:30, 80:20 and 90:10, has the value at 1.25%, 3.18%, 6.20%, 1.64%, 3.25%, 3.30%, 0.58%, 5.85%, 2.18%, and 0.67% respectively (soaking in water for 24 hours); and at the level of 0:100, 10:90, 30:70, 40:60, and 60:40 (soaking in water for 24 hours), has the value at 7.56%, 10.64%, 10.20%, 11.93%, and 8.79% respectively (according to the fixed value).

Pull resistance perpendicular to surface: it is found out that the content of coffee waste to bagasse at the level of 10:90, 70:30, 80:20, and 90:10, has the value of pull resistance perpendicular to surface at 0.36, 0.53, 0.16, 0.17, and 0.07 megapascal (not in accordance with the fixed value at not less than 0.04 megapascal); while at the level of 0:100, 20:80, 30:70, 40:60, 50:50, and 60:40, has the value at 0.79, 0.43, 0.47, 0.67, 0.53, and 0.54 megapascal respectively (in accordance with the fixed value).

Bending resistance: it is found out that the content of coffee waste to bagasse at the level of 10:90, 20:80, 30:70, 40:60, 50:50, 60:40, 70:30, 80:20, and 90:10, has the value of bending resistance at 8.20, 7.85, 10.55, 9.96, 7.27, 11.46, 6.25, 3.69, and 4.65 megapascals respectively (not according to the fixed value at not less than 14 megapascals); while at the level of 0:100 has the value at 22.96 megapascals (according to the fixed value).

Resilient modulus: it is found out that the content of coffee waste to bagasse at the level of 10:90, 20:80, 30:70, 40:60, 50:50, 60:40, 70:30, 80:20, and 90:10, has the value of resilient modulus at 770.95, 848.36, 1040.79, 1017.33, 852.07, 1135.81, 801.51, 548.82, and 743.10 megapascals respectively (within the fixed value at more than 1800 megapascals); and at the level of 0:100 has the value at 1808.51 megapascals which is according to the fixed value.

Thermal conduction test according to the ASTM C177 in the content of coffee waste to bagasse at the level of 10:90, has the lowest thermal conduction value at 0.052 watt/kelvin meter;

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

and at the level of 0:100, has the highest value at 0.101 watt/kelvin meter. However, at the level of 100:0, any test value could not be calculated since the material cannot adhere tightly as sheets.

In summary of all these test results, if the content of coffee waste is more than the content of bagasse, the physical qualifications: density, humidity, water absorption, and expansion according to thickness, are better. And if the content of bagasse is more than the content of coffee waste, the mechanical qualifications: bending resistance, pull resistance perpendicular to surface, are better. In the part of thermal conduction, if the content of coffee waste is higher, the thermal conduction value will be higher also. Therefore, the sheets of material can be transformed into decorative materials which have almost the same qualifications as plywood's.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้สามารถสำเร็จได้ด้วยความกรุณาจากท่านอาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ อุดมศักดิ์ สาริบุตร ที่ให้คำแนะนำและความร่างๆ เกี่ยวกับการดำเนินงานวิจัยในครั้งนี้มาโดยตลอด ร่วมทั้งความกรุณาจากท่านอาจารย์วรธรรม อุ่นจิตติชัย ที่ท่านเป็นผู้ให้ความรู้ ให้คำแนะนำ และให้ข้อมูลต่างๆ ที่เกี่ยวกับงานวิจัยในครั้งนี้มาก พร้อมทั้งท่านยังให้ความกรุณาในเรื่องของการใช้เครื่องมือต่างๆ ที่เกี่ยวกับงานทดลองของงานวิจัยในครั้งนี้ด้วย ซึ่งเป็นความกรุณาอย่างมาก ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ทุกท่านในส่วนงานอุตสาหกรรมวัสดุทดแทนไม้ สำนักวิจัยการจัดการป่าไม้ กรมป่าไม้กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ที่ให้ความช่วยเหลือในด้านการผลิตและการทดสอบต่างๆ ของงานวิจัยในครั้งนี้

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ภาควิชาเทคโนโลยีผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมทุกท่านที่ให้ความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับงานด้านเทคโนโลยีผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมที่ให้ความรู้อย่างเป็นระบบได้มากขึ้น และขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่บัณฑิตคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมทุกท่าน ที่ให้ความช่วยเหลือด้วยดีมาโดยตลอด

ขอบขอบคุณเพื่อนๆ ปริญญาโททุกคนและเพื่อนร่วมงานทุกคน รวมทั้งเพื่อนๆ ทุกคนของข้าพเจ้าที่คอยให้กำลังใจและให้ความช่วยเหลือด้วยดีมาโดยตลอด

และสุดท้ายข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ที่เคารพรักยิ่งยิ่งข้าพเจ้าที่เป็นผู้คอยให้กำลังใจและให้ความช่วยเหลือในทุกๆ เรื่องกับข้าพเจ้าด้วยดีมาโดยตลอด

ชนิดา หิรัญรัตนากร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ III

กิตติกรรมประกาศ VI

สารบัญ VII

สารบัญตาราง X

สารบัญรูป XII

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของการวิจัย 1

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 2

1.3 กรอบแนวความคิดที่ใช้ในการวิจัย 2

1.4 ขอบเขตของการวิจัย 3

1.5 สมมุติฐานของการวิจัย 4

1.6 นิยามศัพท์ที่ใช้ในการวิจัย 4

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 7

2.1 ข้อมูลเกี่ยวกับกาแฟ 7

2.2 ข้อมูลเกี่ยวกับชานอ้อย 18

2.3 ข้อมูลเกี่ยวกับแผ่นไม้ประกอบและแผ่นปาร์ติเกิล 25

2.4 มาตรฐานการทดสอบอุตสาหกรรมแผ่นชิ้นไม้อัดชนิดอัดราบ (มอก.876-2547) 60

2.5 กาว 63

2.6 ข้อมูลเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ที่แปรรูปจากวัสดุทดแทนไม้ 67

2.7 หลักการออกแบบเฟอร์นิเจอร์ 72

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 77

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 80

3.1 การกำหนดผลิตภัณฑ์ที่พัฒนา 80

3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย 81

3.3 ศึกษาและพัฒนาวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้ จากกากกาแฟผสมชานอ้อย 82

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.4 การทดสอบหาคุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกล รวมถึงการทดสอบหาค่าการนำความร้อนของวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้..... 87

3.5 การสรุปหาแนวทางการนำวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้ จากกากกาแฟผสมชานอ้อยไปใช้งานด้านเครื่องเรือนหรืองานด้านตกแต่งภายใน..... 90

3.6 การเก็บรวบรวมข้อมูล..... 91

3.7 การวิเคราะห์ข้อมูล..... 91

3.8 สถานที่ดำเนินการวิจัย..... 92

บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล..... 93

4.1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากการทดสอบด้วยเครื่องทดสอบตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นชิ้นไม้อัดชนิดอัดราบ (มอก. 876-2547) เพื่อทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกลของวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้ จากกากกาแฟผสมชานอ้อย รวมถึงการทดสอบหาค่าการนำความร้อน ตามมาตรฐาน ASTM C177 โดยใช้ค่าสถิติค่า เฉลี่ย(Mean, $\overline{X}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation , S.D)..... 94

4.2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเปรียบเทียบความแตกต่าง ของคุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกลของวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้ จากกากกาแฟผสมชานอ้อยในทุกอัตราส่วน และใช้กาวไอโซไซยาเนตในปริมาณ 7% โดยน้ำหนักเทียบกับน้ำหนักแห้งของกากวัสดุที่ใช้ โดยใช้สถิติ Kruskal Wall One-way Analysis of Variance หรือ H Test..... 107

4.3 สรุปแนวทางการนำวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้ จากกากกาแฟผสมชานอ้อยไปใช้งานได้ตรงตามคุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกล..... 115

4.4 ให้ผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบและวัสดุทดแทนไม้ ช่วยประเมินและวิเคราะห์โดยใช้หลักเหตุและผล ในลักษณะของการสัมภาษณ์และการตอบแบบประเมินด้านความคิดเห็น และทำการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติเพื่อหาค่าเฉลี่ย (Mean, $\overline{X}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation, S.D) เพื่อใช้เป็นแนวทางในการนำวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้จากกากกาแฟผสมชานอ้อยไปใช้งานได้อย่างเหมาะสม..... 117

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายและข้อเสนอแนะ..... 124

5.1 สรุปผลการวิจัย..... 124

5.2 อภิปราย..... 133

5.3 ข้อเสนอแนะ..... 135

บรรณานุกรม..... 136

ภาคผนวก..... 138

ภาคผนวก ก. เอกสารการดำเนินการที่เกี่ยวข้อง, แบบสอบถามความคิดเห็นเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์จากวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้ จากกากกาแฟผสมชานอ้อย จากผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน..... 139

ภาคผนวก ข. การคำนวณปริมาณวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิต วัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้ จากกากกาแฟผสมชานอ้อย..... 152

ภาคผนวก ค. ภาพประกอบกระบวนการการผลิตและทดสอบ วัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้ จากกากกาแฟผสมชานอ้อย..... 166

ภาคผนวก ง. ตัวอย่างแนวทางผลิตภัณฑ์งานด้านเครื่องเรือน หรืองานด้านตกแต่งภายในด้วยวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้ จากกากกาแฟผสมชานอ้อย.. 178

ประวัติผู้เขียน..... 183

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	ระดับการคั่วเมล็ดกาแฟ	14
2.2	องค์ประกอบทางเคมีของชานอ้อย	24
2.3	ชนิดของแผ่นปาร์ติเกิล แบ่งตามความหนาแน่นของแผ่น	27
2.4	ปริมาณการใช้กาวแต่ละชนิดในการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลชนิด 3 ชั้น	45
2.5	แสดงคุณสมบัติของกาวไอโซไซยาเนต	67
3.1	ค่าน้ำหนักของชานอ้อยต่อน้ำหนักของกากกาแฟที่ปริมาณต่างๆ	84
3.2	ตารางแสดงสภาวะต่างๆ ที่กำหนดในการผลิต	85
4.1	แสดงค่าความหนาแน่นของวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้ จากกากกาแฟผสมชานอ้อย	94
4.2	แสดงค่าความชื้นของวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้ จากกากกาแฟผสมชานอ้อย	96
4.3	แสดงค่าการดูดซึมน้ำของวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้ จากกากกาแฟผสมชานอ้อย	97
4.4	แสดงค่าการขยายตัวตามความหนาของวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้ จากกากกาแฟผสมชานอ้อย	99
4.5	แสดงความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าของวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้ จากกากกาแฟผสมชานอ้อย	101
4.6	แสดงความต้านแรงดัดของวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้ จากกากกาแฟผสมชานอ้อย	102
4.7	แสดงความยืดหยุ่นของวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้ จากกากกาแฟผสมชานอ้อย	104
4.8	แสดงค่าการนำความร้อนของวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้ จากกากกาแฟผสมชานอ้อย ตามมาตรฐาน ASTM C177	105
4.9	แสดงความแตกต่างของคุณสมบัติทางกายภาพ ด้านความหนาแน่นของวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้ จากกากกาแฟผสมชานอ้อย	107
4.10	แสดงความแตกต่างของคุณสมบัติทางกายภาพด้าน ความชื้นของวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้ จากกากกาแฟผสมชานอ้อย	108
4.11	แสดงความแตกต่างของคุณสมบัติทางกายภาพ ด้านการดูดซึมน้ำของวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้ จากกากกาแฟผสมชานอ้อย	109
4.12	แสดงความแตกต่างของคุณสมบัติทางกายภาพ ด้านการขยายตัวทางความหนาของวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้ จากกากกาแฟผสมชานอ้อย	110
4.13	แสดงความแตกต่างของคุณสมบัติทางเชิงกล ด้านความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าของวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้ จากกากกาแฟผสมชานอ้อย	111

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง(ต่อ)

ตารางที่ **หน้า**

4.14 แสดงความแตกต่างของคุณสมบัติทางเชิงกล ด้านความต้านแรงดัดของวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้ จากกากกาแฟผสมชานอ้อย..... 112

4.15 แสดงความแตกต่างของคุณสมบัติทางเชิงกล ด้านค่ามอดูลัสยืดหยุ่นของวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้ จากกากกาแฟผสมชานอ้อย..... 113

4.16 แสดงความแตกต่างค่าการนำความร้อน ตามการทดสอบมาตรฐาน ASTM C177 ของวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้ จากกากกาแฟผสมชานอ้อย..... 114

4.17 แสดงค่าเฉลี่ย ($\overline{x}$) ของการทดสอบต่างๆ ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ อุตสาหกรรมแผ่นชิ้นไม้อัดชนิดราบ (มอก. 876-2547) และค่าการนำความร้อน ตามมาตรฐาน ASTM C177..... 116
แสดงค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของระดับความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญต่อวัสดุ

4.18 แผ่นประกอบทดแทนไม้ จากกากกาแฟผสมชานอ้อย..... 120

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
2.1	ต้นกาแฟ	7
2.2	ดอกกาแฟ	8
2.3	ผลกาแฟ	8
2.4	เมล็ดกาแฟ	9
2.5	ตัวอย่างแผ่นปาร์ติเกิลแบบอัดกระทุ้ง "Extruded Pressed" (Courtesy Washington State University)	28
2.6	แสดงลักษณะโครงสร้างด้านหน้าตัดของแผ่นปาร์ติเกิลแบบอัดราบ	29
2.7	แสดงภาพชิปหรือชิ้นไม้สับ(Chips), เยื่อไม้(Wood Pulp), เกล็ดไม้(Flakes), เกล็ดใหญ่ (Wafers) และแถบไม้(Strands)	31
2.8	ผังแสดงลักษณะของเครื่อง HOG แบบใช้มีด(Courtesy Mitts & Merrill.)	34
2.9	ลักษณะของเครื่อง HOG แบบใช้หัวทุบกระแทก(Courtesy Williams Patent Crusher and Pulverizor Co.,)	34
2.10	เครื่องทำชิปแบบจาน(Fisher, 1972)	35
2.11	เครื่องทำชิปแบบถัง(Fisher, 1972)	35
2.12	เครื่องตัดไม้สั้นสำหรับเศษแผ่นบอร์ดต่างๆ (Fisher, 1972)	36
2.13	ลักษณะของเครื่องตอกทุบ (A Hammermill) (Fisher, 1972)	36
2.14	ลักษณะของเครื่องบดกระแทกแบบวงแหวน(A Double-Stream Ring Refiner) และชิ้นส่วนภายในเครื่อง (A Ring Refiner Mill) (Fisher, 1972)	37
2.15	ลักษณะของเครื่องกระแทกชิ้นไม้แบบตะแกรงหมุนทวน (A Counter-Rotating, Double-Stream Ring Refiner)	37
2.16	ลักษณะของเครื่องบดเสียดสีแบบจาน (A Disc Refiner) (Fisher, 1972)	39
2.17	ลักษณะของเครื่อง Turbo Mill (Fisher, 1972)	39
2.18	เครื่องผสมกาวด้วยลูกกลิ้งแบบหนึ่งของระบบ Fahrni (Kollmann, 1957)	46
2.19	ลักษณะของลูกกลิ้งพิมพ์ลาย (An Embossing Roll) (Courtesy Washington State Univ.)	59
2.20	ตำแหน่งที่วัดความกว้าง ความยาว และความหนาของชิ้นทดสอบ	60
2.21	แสดงวิธีวัดความกว้าง ความยาวของชิ้นทดสอบ	61
2.22	ไม้อัดหญ้าแฝก (Vetiver Grass Board)	71

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่		หน้า
2.23	ผลิตภัณฑ์จากวัสดุทดแทนไม้	71
2.24	แผ่นไม้อัดมะพร้าว	71
2.25	ผลิตภัณฑ์จากวัสดุทดแทนไม้	72
2.26	ผลิตภัณฑ์จากวัสดุทดแทนไม้	72
3.1	ขั้นตอนการบดย่อยชานอ้อยด้วยเครื่อง Hammer Mill	82
3.2	แสดงเครื่องร่อน	83
3.3	แสดงวิธีการสเปรย์กาว	86
3.4	แสดงกรรมวิธีการผลิตวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้ จากกากกาแฟผสมชานอ้อย	87
3.5	ขั้นตอนการสรุปหาแนวทางการนำวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้ จากกากกาแฟผสมชานอ้อย ไปใช้งานด้านเครื่องเรือนหรืองานด้านตกแต่งภายใน	90
4.1	แสดงค่าเฉลี่ยความหนาแน่นของวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้จากกากกาแฟผสมชานอ้อย ตามอัตราส่วนต่างๆที่กำหนด ซึ่งค่าตามคุณสมบัติมาตรฐานเท่ากับ 400-900 กก./ลบ.มม.	95
4.2	แสดงค่าเฉลี่ยของความหนาแน่นของวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้จากกากกาแฟผสมชานอ้อยตามอัตราส่วนต่างๆที่กำหนด ซึ่งค่าตามคุณสมบัติมาตรฐานเท่ากับ 4-13 เปอร์เซ็นต์	96
4.3	แสดงค่าเฉลี่ยของการดูดซึมน้ำของวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้ จากกากกาแฟผสมชานอ้อย ตามอัตราส่วนต่างๆที่กำหนด	98
4.4	แสดงค่าเฉลี่ยของการขยายตัวตามความหนาของวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้ จากกากกาแฟผสมชานอ้อย ตามอัตราส่วนต่างๆ ที่กำหนด ซึ่งค่าตามคุณสมบัติมาตรฐานเท่ากับไม่เกินกว่า 20 เปอร์เซ็นต์	99
4.5	แสดงค่าเฉลี่ยของความแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าของวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้ จากกากกาแฟผสมชานอ้อยตามอัตราส่วนต่างๆที่กำหนด ซึ่งค่าตามคุณสมบัติมาตรฐานเท่ากับไม่น้อยกว่า 0.40 เมกะพาสคัล	101
4.6	แสดงค่าเฉลี่ยของความต้านแรงดัดของวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้ จากกากกาแฟผสมชานอ้อย ตามอัตราส่วนต่างๆ ที่กำหนด ซึ่งค่าตามคุณสมบัติมาตรฐานเท่ากับไม่น้อยกว่า 14 เมกะพาสคัล	103
4.7	แสดงค่าเฉลี่ยของมอดูลัสยืดหยุ่นของวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้ จากกากกาแฟผสมชานอ้อย ตามอัตราส่วนต่างๆ ที่กำหนด ซึ่งค่าตามคุณสมบัติมาตรฐานเท่ากับมากกว่า 1800 เมกะพาสคัล	104

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่		หน้า
4.8	แสดงค่าเฉลี่ยของค่าการนำความร้อนของวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้ จากกากกาแฟผสมชานอ้อย ตามมาตรฐาน ASTM C177	106
4.9	แสดงภาพแผ่นประกอบทดแทนไม้จากกากกาแฟผสมชานอ้อย ที่ปริมาณของกากกาแฟต่อชานอ้อยโดยใช้น้ำหนักอบแห้งที่ระดับ 60:40 นำมาใช้ประกอบเป็นตัวอย่างเครื่องเรือน	118
4.10	แสดงภาพแผ่นประกอบทดแทนไม้ จากกากกาแฟผสมชานอ้อย ในอัตราส่วนต่างๆ ที่นำมาใช้ประกอบเป็นตัวอย่างผลิตภัณฑ์ของตกแต่งบ้าน	118
4.11	แสดงภาพการตกแต่งภายในร้านกาแฟสดและวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้ จากกากกาแฟผสมชานอ้อย ทุกสัดส่วนมาใช้ในการตกแต่ง	119
4.12	แสดงผู้วิจัยได้ทำการสัมภาษณ์และให้คุณอรพินท์ สินอมรเวช ช่วยตอบแบบประเมินด้านความคิดเห็น	121
4.13	แสดงผู้วิจัยได้ทำการสัมภาษณ์และให้ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สิงห์ อินทรชูโต ช่วยตอบแบบประเมินด้านความคิดเห็น	122
4.14	ผู้วิจัยได้ทำการสัมภาษณ์และให้คุณภาวิน เศรษฐบุตร ช่วยตอบแบบประเมินด้านความคิดเห็น	123
ค.1	แสดงกากกาแฟที่ต้องนำมาตากแห้งก่อน เพื่อนำไปสู่กระบวนการต่อไป	167
ค.2	แสดงการหาความชื้นในกากกาแฟ	167
ค.3	แสดงชานอ้อยที่ต้องนำมาตากแห้งก่อน เพื่อนำไปสู่กระบวนการต่อไป	168
ค.4	เครื่อง Hammer Mill สำหรับบดย่อยชานอ้อย	168
ค.5	แสดงการร่อนชานอ้อยด้วยเครื่องร่อน และขนาดของวัตถุดิบที่ต้องการมาจากตะแกรร่อนเบอร์ 2	169
ค.6	แสดงกาวไอโซไซยาเนตในปริมาณ 7% โดยน้ำหนักเทียบกับน้ำหนักแห้ง	169
ค.7	แสดงการผสมกาว ด้วยเครื่องผสมกาว	170
ค.8	แสดงลักษณะของวัตถุดิบที่ผ่านการโรยแผ่นแล้ว และเมื่อขณะที่เข้าเครื่องอัดด้วยความร้อน	170
ค.9	แผ่นประกอบวัสดุทดแทนไม้ จากกากกาแฟผสมชานอ้อยที่ทำการอัดเรียบร้อยแล้ว ตามอัตราส่วนต่างๆ ที่กำหนดขึ้นสำหรับงานวิจัยในครั้งนี้	171
ค.10	เครื่องอบสำหรับหาค่าความชื้น	173

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่		หน้า
ค.11	ขั้นตอนการแช่แผ่นประกอบวัสดุทดแทนไม้ เพื่อทดสอบการดูดซึมน้ำและการขยายตัวตามความหนา	174
ค.12	การนำชิ้นทดสอบไปแช่น้ำ 1 ชั่วโมง และ 24 ชั่วโมง เพื่อทดสอบการดูดซึมน้ำและการขยายตัวตามความหนา	174
ค.13	ขั้นตอนการเตรียมอุปกรณ์สำหรับทดสอบการรับแรงดึงของผิวหน้า	175
ค.14	การทดสอบการรับแรงดึงกับผิวหน้า	175
ค.15	ขั้นตอนการทดสอบความต้านแรงดัด	176
ค.16	เครื่องทดสอบค่าการนำความร้อน (Thermal Conductivity)	177
ง.1	แสดงตัวอย่างกรอบรูปที่ประกอบด้วยวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้ จากกากกาแฟผสมชานอ้อย	179
ง.2	แสดงตัวอย่างโต๊ะกาแฟแบบสูง 76 ซม. ที่ประกอบด้วยวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้จากกากกาแฟผสมชานอ้อย	181
ง.3	แสดงแบบตัวอย่างโต๊ะกาแฟแบบสูง 760 มม. ที่ประกอบด้วยวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้จากกากกาแฟผสมชานอ้อย	182
ง.4	แสดงแบบที่ถอดประกอบของตัวอย่างโต๊ะกาแฟแบบสูง 760 มม. ที่ประกอบด้วยวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้จากกากกาแฟผสมชานอ้อย	182

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของการวิจัย

ประเทศไทยมีการปลูกและผลิตกาแฟเพื่อบริโภคภายในประเทศ มีปริมาณผลผลิตหกหมื่นล้านตันต่อปี เกษตรกรส่วนใหญ่นิยมปลูกกาแฟพันธุ์โรบัสต้าประมาณร้อยละ 90 ปลูกบริเวณภาคใต้ และกาแฟพันธุ์อราบิก้าร้อยละ 10 ปลูกบริเวณภาคเหนือ (สำนักงานปลัดกระทรวงพาณิชย์) ในช่วง 2-3 ปีที่ผ่านมาตลาดผลิตภัณฑ์กาแฟมีแนวโน้มเติบโตอย่างต่อเนื่อง มูลค่าผลิตภัณฑ์กาแฟในปี 2550 เท่ากับ 25,600 ล้านบาท เมื่อเทียบกับในปีที่ผ่านมามีอัตราการขยายตัวร้อยละ 6.7 (บริษัท ศูนย์วิจัยกสิกรไทย จำกัด)

ในภาคอุตสาหกรรมจะมีกากกาแฟที่เหลือทิ้งจากการผลิตอยู่เป็นจำนวนมาก กากกาแฟที่เหลือทิ้งส่วนใหญ่จะถูกนำไปขนทิ้งบ้าง หรือประมูลให้กับบริษัทกำจัดขยะของเสีย (บริษัท คอมโพสท์ ยูอิ จำกัด) จากข้อมูลของกรมพัฒนาที่ดินเกี่ยวกับปริมาณวัตถุดิบสำหรับผลิตปุ๋ยอินทรีย์ พบว่าในปี 2549 จังหวัดระนองมีปริมาณกากกาแฟที่ใช้ในการผลิตปุ๋ยอินทรีย์ ประมาณ 20,000 ตัน และข้อมูลจากบริษัท คอมโพสท์ ยูอิ จำกัด ผู้ผลิตและผู้จำหน่ายปุ๋ยอินทรีย์ ตามมาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ 2548 ของกรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ซึ่งเป็นผู้ได้สัปทานกากกาแฟจากโรงงานผู้ผลิตกาแฟหลายแห่ง เช่น จากบริษัท Ajinomoto (Thailand) Co.,ltd , บริษัท Sara Lee Coffee&Tea (Thailand) Co.,Ltd และ บริษัท Toyo Pack Co.,Ltd โดยมีปริมาณกากกาแฟที่ประมูลได้เฉลี่ย 600 ตันต่อเดือน ในโรงงานบางแห่งได้นำกากกาแฟกลับไปใช้เป็นเชื้อเพลิงอีกครั้ง ส่งผลให้เกิดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์กลับสู่ชั้นบรรยากาศก่อให้เกิดภาวะโลกร้อน จากข้อมูลเหล่านี้จึงเป็นแนวทางให้ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาและพัฒนากากกาแฟซึ่งเป็นวัสดุเหลือทิ้งให้สามารถนำกลับมาใช้ประโยชน์ในด้านอื่นๆ เพิ่มขึ้น และส่งผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมให้น้อยที่สุด

การศึกษาและพัฒนาในงานวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยมีแนวคิดในการแปรรูปกากกาแฟเป็นวัสดุทดแทนไม้ โดยได้แนวทางมาจากการศึกษาถึงลักษณะเด่นเฉพาะตัวของกากกาแฟ ในเรื่องของกลิ่นและสีสันที่ยังคงความเป็นกาแฟอยู่ โดยสีของกากกาแฟเป็นสีที่เกิดจากธรรมชาติของเมล็ดกาแฟ วัสดุทดแทนไม้ที่ผลิตจากกากกาแฟจึงไม่จำเป็นต้องย้อมสีไม้อีก เป็นการช่วยลดสารเคมีที่เกิดจากการย้อมไม้ได้อีกทาง และสิ่งสำคัญที่ผู้วิจัยคำนึงถึงคือเรื่องของทรัพยากรป่าไม้ซึ่งเป็นแหล่งทรัพยากรธรรมชาติที่สำคัญยิ่งของประเทศที่มีผลต่อสภาวะสมดุลของระบบนิเวศ ดังจะเห็นได้จากสภาวะวิกฤตจากภัยธรรมชาติในปัจจุบันซึ่งรุนแรงขึ้นเรื่อยๆ ดังนั้นจึงควรที่จะรีบเร่งแก้ไขและหาแนวทางปกป้องสภาพป่าไม้ให้สามารถเพิ่มพื้นที่ป่าไม้และอนุรักษ์สภาพป่าไม้ที่เหลืออยู่เพียง 86 ล้าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไร่ หรือประมาณ 26% ของพื้นที่ประเทศให้คงอยู่ต่อไปได้ แนวทางหนึ่งก็คือการแสวงหาและใช้ประโยชน์จากเศษวัสดุเหลือใช้อื่นๆ จากธรรมชาติมาทดแทนไม้จากป่าไม้ ซึ่งจะเป็นวิธีการที่สามารถปกป้องป่าไว้ได้ เพราะนับวันปริมาณการบริโภคไม้นั้นจะสูงขึ้น โดยเฉพาะการบริโภคไม้ของประเทศไทยมีมากกว่า 3 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี (สำนักวิจัยการจัดการป่าไม้และผลิตผลป่าไม้ กรมป่าไม้)

ด้านการทดลองในงานวิจัยครั้งนี้ได้นำชานอ้อยมาพัฒนาร่วมกับกากกาแฟ โดยเส้นใยของชานอ้อยมีคุณสมบัติการประสานตัวกันเป็นอย่างดีเมื่อเทียบกับเส้นใยจากไม้เนื้อแข็งหรือไม้ (วรธรรม อุ่นจิตติชัย และ จรัล ทองสถิต. 2538) เนื่องจากกากกาแฟมีลักษณะเป็นผงละเอียดการยึดตัวกันจึงมีค่อนข้างน้อย อาจทำให้ต้องใช้กาวที่มีสารเคมีมาใช้เป็นตัวประสานในปริมาณที่มากตาม ชานอ้อยเป็นกากใยของอ้อยที่ผ่านการหีบสกัดเอาน้ำหวานออกจากต้นอ้อยมาแล้ว ชานอ้อยที่เหลือทิ้งในแต่ละปี ประมาณร้อยละ 30 ถูกใช้เป็นเชื้อเพลิง อีกประมาณร้อยละ 15 ผลิตเยื่อกระดาษ ทำให้เหลือกากอ้อยอีกร้อยละ 55 หรือไม่ต่ำกว่า 4.5 ล้านตัน (วรธรรม อุ่นจิตติชัย และ จรัล ทองสถิต. 2538)

จากข้อมูลที่กล่าวมาทั้งหมดนี้ ทำให้ผู้วิจัยมีความสนใจที่จะทำการวิจัยเพื่อแก้ไขปัญหาและทดลองเพื่อหาความเหมาะสมที่จะนำวัสดุเหลือทิ้งเหล่านี้มาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ด้านเครื่องเรือนหรือด้านตกแต่งภายในได้ โดยยึดหลักการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกล รวมถึงการทดสอบหาค่าการนำความร้อน ทั้งหมดนี้ยังเป็นการช่วยเพิ่มทางเลือกให้กับผู้บริโภคได้มากขึ้นและยังสามารถช่วยลดสารเคมีจากเครื่องเรือนหรือวัสดุตกแต่งภายในบ้านได้

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษาและพัฒนาวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้จากกากกาแฟผสมชานอ้อย

1.2.2 เพื่อทดสอบหาคุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกลของวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้จากกากกาแฟผสมชานอ้อย ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นชิ้นไม้อัดชนิดอัดราบ (มอก.876-2547) รวมถึงการทดสอบหาค่าการนำความร้อน ตามมาตรฐาน ASTM C177

1.2.3 เพื่อสรุปแนวทางการนำวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้ จากกากกาแฟผสมชานอ้อยไปใช้งานด้านเครื่องเรือน หรืองานด้านตกแต่งภายในได้ตรงตามคุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกล

1.3 กรอบแนวความคิดที่ใช้ในการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ตั้งประเด็นที่จะศึกษาให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการวิจัยโดยสรุปได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3.1 กรอบแนวความคิดด้านการพัฒนาวัสดุ

1.3.1.1 การนำวัสดุเหลือใช้มาพัฒนาเป็นแผ่นประกอบทดแทนไม้ โดยผู้วิจัยใช้แนวคิดของสำนักวิจัยการจัดการป่าไม้และผลิตผลป่าไม้ (กรมป่าไม้. 2548) กล่าวว่าวัสดุเหลือใช้จากผลผลิตของอ้อย ข้าว ปาล์มน้ำมัน มะพร้าว มันสำปะหลัง ข้าวโพด ฝ้าย ถั่วต่างๆ เป็นต้น รวมทั้งวัสดุเหลือทิ้งใช้แล้วจากการผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ทดแทนไม้ได้เป็นอย่างดี

1.3.1.2 การเลือกใช้กาวสำหรับเป็นวัตถุดิบในการทดสอบ ผู้วิจัยได้ใช้แนวความคิดของสำนักวิจัยการจัดการป่าไม้และผลิตผลป่าไม้ (กรมป่าไม้. 2548) ปริมาณกาวที่ใช้ผลิตแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดจะแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับชนิดของแผ่นที่ผลิต โดยทั่วไปจะใช้กาวอยู่ที่ 4-12 เปอร์เซนต์โดยเทียบกับน้ำหนักกาวแห้งต่อชิ้นไม้

1.3.2 กรอบแนวความคิดเกี่ยวกับหลักการออกแบบเฟอร์นิเจอร์ของ อุดมศักดิ์ สาริบุตร โดยเฟอร์นิเจอร์สามารถแยกประเภทได้ตามวัสดุที่ใช้ ซึ่งสามารถแบ่งได้เป็น 4 ประเภท ดังนี้

1.3.2.1 ประเภทขา (Legs Type) หมายถึง เฟอร์นิเจอร์ที่ผลิตจากไม้จริงหรือวัสดุโลหะส่วนใหญ่นำมาทำเป็นโครงสร้างเฟอร์นิเจอร์ที่มีขา เช่น เก้าอี้ โต๊ะ เตียง เป็นต้น

1.3.2.2 ประเภทกล่อง (Box Type) หมายถึง เฟอร์นิเจอร์ที่ผลิตจากไม้วิทยาศาสตร์เป็นส่วนใหญ่ โดยนำมาทำเป็นโครงสร้างรูปร่างลักษณะแบบกล่อง เช่น ตู้เสื้อผ้า ชั้นวางของ เป็นต้น

1.3.2.3 ประเภทบุ (Upholstery) หมายถึง เฟอร์นิเจอร์ที่ผลิตจากไม้จริงหรือวัสดุโลหะมาทำเป็นโครงสร้างภายในแล้วหุ้มทับด้วยผ้าชนิดต่างๆ เช่น หนังเทียม พลาสติก เป็นต้น ตัวอย่างเฟอร์นิเจอร์ประเภทนี้ เช่น เก้าอี้รับแขก ส่วนประกอบของเก้าอี้ชนิดต่างๆ เป็นต้น

1.3.2.4 ประเภทไม้บางอัดโค้ง (Molded Veneer or Plywood) หมายถึง เฟอร์นิเจอร์ที่ผลิตจากไม้บางมาอัดยึดติดเข้าด้วยกัน โดยใช้แบบแม่พิมพ์กาวและแรงอัดเพื่อให้ได้รูปร่างที่ต้องการด้วยวิธีการผ่านความร้อนให้กาวแห้ง

1.4 ขอบเขตของการวิจัย

1.4.1 วัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้จากกากกาแฟผสมชานอ้อย มาใช้งานด้านเครื่องเรือนหรืองานด้านตกแต่งภายใน

1.4.2 ตัวแปรที่ทำการศึกษา ได้แก่

1.4.2.1 ตัวแปรต้น คือ การเปรียบเทียบหาค่าความแตกต่างของวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้ จากกากกาแฟผสมชานอ้อยในอัตราส่วนต่างๆ คือ ปริมาณของกากกาแฟต่อชานอ้อย โดยใช้น้ำหนักอบแห้งที่ระดับ 100:0, 90:10, 80:20, 70:30, 60:40, 50:50, 40:60, 30:70, 20:80, 10:90 และ 0:100 ตามลำดับ และใช้กาวไอโซไซยาเนตในปริมาณ 7% โดยน้ำหนักเทียบกับน้ำหนักแห้งของกากวัสดุที่ใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4.3.2 ตัวแปรตาม คือ

1. คุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกลของวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้ จากกากกาแฟผสมชานอ้อย ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นชิ้นไม้อัดชนิดอัดราบ (มอก.876-2547) รวมถึงการทดสอบหาค่าการนำความร้อน ตามมาตรฐาน ASTM C177

2. แนวทางการนำวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้จากกากกาแฟผสมชานอ้อย ไปใช้งานด้านเครื่องเรือน หรืองานด้านตกแต่งภายในได้ตรงตามคุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกล รวมถึงค่าการนำความร้อนได้

1.5 สมมุติฐานของการวิจัย

1.5.1 การเปรียบเทียบหาค่าความแข็งแรงของวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้ จากกากกาแฟผสมชานอ้อยในอัตราส่วนต่างๆ คือ ปริมาณของชานอ้อยต่อกากกาแฟโดยใช้น้ำหนักอบแห้ง ที่ระดับ 100:0, 90:10, 80:20, 70:30, 60:40, 50:50, 40:60, 30:70, 20:80, 10:90 และ 0:100 ตามลำดับ และใช้กาวไอโซไซยาเนตในปริมาณ 7% โดยน้ำหนักเทียบกับน้ำหนักแห้งของกากวัสดุที่ใช้

1.5.2 ได้วัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้ จากกากกาแฟผสมชานอ้อย ที่สามารถนำไปใช้ในงานเครื่องเรือน หรืองานด้านตกแต่งภายในได้ โดยยึดหลักการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกล ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นชิ้นไม้อัดชนิดอัดราบ (มอก.876-2547) รวมถึงการทดสอบหาค่าการนำความร้อน ตามมาตรฐาน ASTM C177

1.6 นิยามศัพท์เฉพาะที่ใช้ในการวิจัย

1.6.1 กากกาแฟ หมายถึง เป็นส่วนของผงกาแฟที่ผ่านการชง โดยการนำผงกาแฟมากรองผ่านน้ำร้อนเพื่อกรองเอาแต่น้ำมาดื่ม ส่วนที่เหลือจากการชงกาแฟนั้น เรียกว่ากากกาแฟ

1.6.2 ชานอ้อย หมายถึง เป็นกากใยของอ้อยที่ผ่านการหีบสกัดเอาน้ำหวานออกจากต้นอ้อย

1.6.3 การพัฒนา หมายถึง การใช้ประโยชน์จากกากกาแฟและกากชานอ้อยที่เหลือทิ้งนำมาพัฒนาเป็นวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้ และทำการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกล รวมถึงการทดสอบการนำความร้อน

1.6.4 แผ่นไม้ประกอบ (Wood-Based Panels) หมายถึง ผลิตภัณฑ์แผ่นวัสดุที่ผลิตขึ้นจากไม้หรือวัสดุประเภทลิกโนเซลลูโลส ซึ่งใช้ในรูปร่างลักษณะต่างๆ กัน เช่น แท่งไม้จริง (Solid Wood) ไม้บาง (Veneer) แถบไม้ (Particle) หรือเส้นใย (Fiber) ฯลฯ มาประกอบกันขึ้นเป็นแผ่นโดยอาจจะใช้สารเติมแต่งอื่นๆ ด้วยก็ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.6.5 วัสดุทดแทนไม้ หมายถึง วัสดุที่ใช้ทดแทนไม้สำหรับงานด้านเครื่องเรือน หรืองานด้านตกแต่งภายในได้ โดยยึดหลักการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกล

1.6.6 งานด้านเครื่องเรือน หมายถึง ในการวิจัยครั้งนี้หมายถึงผลิตภัณฑ์ที่ใช้วัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้ จากกากกาแฟผสมชานอ้อย นำมาประกอบเป็นส่วนประกอบของเครื่องเรือน เช่น แผ่นด้านบนของโต๊ะ ฉากกั้น เพื่อตกแต่งเครื่องเรือนให้มีความสวยงาม เป็นต้น

1.6.7 งานด้านตกแต่งภายใน หมายถึง ในการวิจัยครั้งนี้หมายถึงผลิตภัณฑ์ที่ใช้วัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้ จากกากกาแฟผสมชานอ้อย นำมาใช้ในงานด้านตกแต่งภายใน จำพวกฝ้าตกแต่งผนัง ขอบของบานหน้าต่าง บานประตู เป็นต้น

โดยในข้อ 1.6.6 และข้อ 1.6.7 วัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้ จากกากกาแฟผสทชานอ้อย จะ ต้องผ่านการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกล ตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นชิ้นไม้อัดชนิดอัดราบ (มอก.876-2547) รวมถึงการทดสอบหาค่าการนำความร้อน ตามมาตรฐาน ASTM C177 เพื่อเป็นแนวทางในการนำไปใช้งานด้านเครื่องเรือน หรืองานด้านตกแต่งภายในได้อย่างเหมาะสม

1.6.7 กาว MDI หรือกาวไอโซไซยาเนต มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า ไดไอโซไซยาเนต (4-4, Diphenylmethane Di-Isocyanate, pMDI) เป็นสารที่ใช้เป็นองค์ประกอบสำคัญในการผลิตโฟมโพลียูรีเทน มีลักษณะเป็นของเหลวหนืดสีน้ำตาลดำไม่ละลายในน้ำ แอลกอฮอร์ กรดด่าง สามารถยึดเหนี่ยวทางเคมีลิกนินและเซลล์ลูโลสในไม้ได้จึงมีความแข็งแรงสูงกว่ากาวทั่วไป

1.6.8 การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกล หมายถึง คุณภาพที่ได้จากการทดสอบวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้จากกากกาแฟผสมชานอ้อย ตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นชิ้นไม้อัดชนิดอัดราบ (มอก.876-2547) ประกอบด้วย

1.6.8.1 คุณสมบัติทางกายภาพ

1. การทดสอบความหนาแน่น หมายถึง ปริมาณของกากกาแฟผสมชานอ้อยที่ถูกนำมาผ่านการอัดด้วยเครื่องอัดร้อน

2. การทดลองความชื้น หมายถึง การทดลองหาปริมาณน้ำที่มีในแผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่วัดได้ด้วยการชั่ง ระหว่างก่อนอบและหลังอบ

3. การทดสอบการดูดซึมน้ำและการขยายตัวทางความหนา หมายถึง ค่าน้ำหนักของแผ่นประกอบทดแทนไม้ที่วัดได้ด้วยการชั่งระหว่างก่อนแช่น้ำและหลังแช่น้ำ รวมทั้งการวัดความหนาของแผ่นระหว่างก่อนแช่น้ำและหลังแช่น้ำ

1.6.8.2 คุณสมบัติเชิงกล

1. การทดสอบความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า หมายถึง แรงที่มากระทำให้วัตถุแยกออกจากกันด้วยวิธีการดึงด้วยเครื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. การทดสอบความต้านแรงดัด หมายถึง แรงที่กระทำจนวัตถุที่ถูกกระทำโก่งหรืองอ ความแข็งของแผ่นประกอบทดแทนไม้ที่ต้านทานต่อแรงที่มากระทำให้แผ่นโก่งหรืองอ

1.6.9 ค่าการนำความร้อน (Thermal Conductivity) หมายถึง ความสัมพันธ์ในเชิงการนำและการเก็บความร้อนของวัสดุ โดยในการวิจัยครั้งนี้จะดำเนินการทดสอบหาค่าการนำความร้อนของวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้ จากกากกาแฟผสมชานอ้อย ตามมาตรฐาน ASTM C177 ซึ่งจะมีประโยชน์ในด้านการทดสอบเพื่อบ่งบอกว่าจะสามารถใช้เป็นฉนวนลดความร้อนได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการงานวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาค้นคว้าข้อมูลเพื่อพัฒนาวัสดุทดแทนไม้ จากกากกาแฟผสมชานอ้อย โดยมีรายละเอียดของข้อมูล ดังนี้

2.1 ข้อมูลเกี่ยวกับกาแฟ

2.2 ข้อมูลเกี่ยวกับชานอ้อย

2.3 ข้อมูลเกี่ยวกับแผ่นไม้ประกอบและแผ่นปาร์ติเกิล

2.4 มาตรฐานการทดสอบอุตสาหกรรมแผ่นชิ้นไม้อัดชนิดอัดราบ (มอก.876-2547)

2.5 กาว

2.6 ข้อมูลเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ที่แปรรูปจากวัสดุทดแทนไม้

2.7 หลักการออกแบบเฟอร์นิเจอร์

2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ข้อมูลเกี่ยวกับกาแฟ

2.1.1 ลักษณะทางพฤษศาสตร์

กาแฟ (Coffee) มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า Coffea sp. จัดเป็นไม้พุ่มขนาดกลาง สูงประมาณ 3-5 เมตร ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ของกาแฟ โดยทั่วไปกาแฟมีลักษณะทางพฤษศาสตร์ ดังต่อไปนี้

2.1.1.1 ลำต้นกาแฟ

กาแฟมีลักษณะลำต้นตรงในระยะแรกของการเจริญจะไม่แตกกิ่ง แต่มีใบแตกออกเป็นข้อตรงข้ามกันเป็นคู่ๆ กิ่งจะขนานไปกับพื้นดินหรือห้อยต่ำลงดินซึ่งเป็นที่เกิดของดอก นอกจากกิ่งแล้วยังมีการแตกหน่อออกจากตาของลำต้นอีกเป็นจำนวนมาก ทำให้หน่อที่เกิดใหม่ไปเบียดกับลำต้นเดิม หากไม่มีการแต่งกิ่งจะทำให้เป็นที่สะสมโรคผลผลิตต่ำลงและต้นกาแฟจะตายในที่สุด

รูปที่ 2.1 ต้นกาแฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.1.2 ดอกกาแฟ

ดอกกาแฟมีสีขาวบริสุทธิ์กลิ่นหอมคล้ายดอกมะลิรูปคล้ายดาวมีก้านสั้น อยู่รวมกันเป็นกลุ่มจะเกิดตามข้อต้นกาแฟบ้างเป็นส่วนน้อย แต่ส่วนใหญ่ดอกกาแฟจะออกจากข้อของกาแฟ โดยเริ่มจากข้อที่อยู่ใกล้ลำต้นออกไปหาปลายกิ่ง กาแฟมีลักษณะพิเศษคือ ข้อของกิ่งจะสั้นสามารถที่จะเกิดดอกและติดได้มาก ดอกกาแฟเป็นดอกสมบูรณ์เพศมีทั้งเกสรตัวผู้และเกสรตัวเมียอยู่ในดอกเดียวกัน เกสรตัวเมียจะอยู่สองส่วนส่วนเกสรตัวผู้จะมีเท่ากับกลีบดอกคือ ประมาณ 2-4 อัน กาแฟบางพันธุ์อาจมีการผสมข้ามพันธุ์กันได้หากปลูกอยู่ใกล้กัน เวลาออกดอกของกาแฟขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำ ถ้าในท้องถิ่นที่มีฝนตกเป็นฤดูดอกจะออกหลังจากฝนตกประมาณ 1 เดือน แต่ถ้าหากอากาศชุ่มชื้นอยู่ตลอดทั้งปี หรือมีการชลประทานเพียงพอกาแฟจะออกดอกตลอดทั้งปี

รูปที่ 2.2 ดอกกาแฟ

2.1.1.3 ผลกาแฟ

แม้ว่ากาแฟจะออกดอกจำนวนมากก็ตาม แต่การติดผลจะมีเพียงร้อยละ 16-26 เมื่อกลีบดอกร่วงแล้ว กาแฟจะติดเป็นผลมีลักษณะคล้ายลูกหว้าซึ่งภายในจะแบ่งออกเป็นสองส่วน ส่วนหนึ่งมีเมล็ดกาแฟ 1 เมล็ด ซึ่งมีลักษณะแบนยาวไปตามรูปของเปลือกหุ้ม ถ้าหากเมล็ดหนึ่งเมล็ดใดลีบไปเนื่องจากการผสมพันธุ์ไม่ดีเมล็ดที่เหลืออยู่จะมีรูปกลม ส่วนยาวจะมีรูปโค้งเป็นรูปกระบอกตัด เมื่อเมล็ดสุกจะมีสีน้ำตาลปนแดง

รูปที่ 2.3 ผลกาแฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.1.4 เมล็ดกาแฟ

มีสีเขียวอมเทา ความยาวประมาณ ½ นิ้ว เป็นส่วนที่อยู่ในกะลาซึ่งห่อหุ้มด้วยเยื่อบางๆ (Silver Skin) และมีเปลือกแข็ง (Parchment) หุ้มอีกชั้นหนึ่ง ส่วนเนื้อกาแฟที่ห่อหุ้มกะลาเมื่อสุกเต็มที่จะมีรสหวานเล็กน้อย ลักษณะเป็นยางเหนียวๆ (สมศักดิ์, 2545)

รูปที่ 2.4 เมล็ดกาแฟ

2.1.2 สายพันธุ์กาแฟ(coffee species)

ปัจจุบันทั่วโลกมีกาแฟอยู่มากกว่า 6,000 พันธุ์ แต่มีเพียง 2 พันธุ์เท่านั้นที่ได้รับความนิยมปลูกเป็นการค้าคือ พันธุ์อาราบิก้ากับพันธุ์โรบัสต้า

2.1.2.1 กาแฟพันธุ์อาราบิก้า (*Coffea arabica*) เป็นพันธุ์ที่นิยมปลูกกันมากที่สุดในโลก มีถิ่นกำเนิดดั้งเดิมบริเวณประเทศเอธิโอเปีย เนื่องจากกาแฟพันธุ์นี้จะสามารถเจริญเติบโตได้ดีในสภาพอากาศค่อนข้างเย็น อุณหภูมิประมาณ 15-24 องศาเซลเซียส เป็นพืชกึ่งเมืองหนาวกาแฟพันธุ์นี้จะมีคุณภาพดีที่สุดมีรสชาติหอมหวนชวนดื่มและมีความเป็นกรดเล็กน้อย ปลูกกันมากบนพื้นที่สูงจากระดับน้ำทะเลประมาณ 1,500-2,000 เมตร (Varnam และ Sutherland, 1994) ระยะเวลาตั้งแต่ออกดอกจนถึงเก็บเกี่ยวใช้เวลาประมาณ 6-8 เดือน โดยกาแฟพันธุ์อาราบิก้าจะมีปริมาณคาเฟอีนประมาณร้อยละ 0.5-1.4 (สมเจตต์, 2546)

2.1.2.2 กาแฟพันธุ์โรบัสต้า (*Coffea canephora var. robusta*) เป็นพันธุ์ที่สามารถปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมได้ดีมากเป็นกาแฟสายพันธุ์ดั้งเดิมแถบศูนย์สูตร มีรสชาติขมเข้ม มีความทนทานต่อโรคมากกว่ากาแฟพันธุ์อาราบิก้า สามารถเจริญเติบโตได้ในสภาพอากาศอบอุ่นกว่ากาแฟพันธุ์อาราบิก้าคือ ประมาณ 20-32 องศาเซลเซียส สามารถปลูกได้ตั้งแต่ระดับน้ำทะเลจนถึงระดับความสูง 1,200 เมตรเหนือระดับน้ำทะเล ระยะเวลาตั้งแต่ออกดอกจนถึงเก็บเกี่ยวประมาณ 9-11 เดือน กาแฟพันธุ์นี้เป็นพันธุ์ที่ต้องการความชุ่มชื้นและมีฝนตกสม่ำเสมอสามารถเจริญเติบโตได้ดีทั้งในที่ร่มและกลางแจ้ง แต่จะชอบร่มเงามากกว่าสามารถทนทานต่อความชื้นในดินสูงหรือดินที่ระบายน้ำได้ไม่ดี กาแฟพันธุ์โรบัสต้าให้ผลผลิตสูงกว่าพันธุ์อาราบิก้าเล็กน้อย แม้ว่าผลจะมีขนาดเล็กกว่ากาแฟพันธุ์อาราบิก้าก็ตามแต่จะมีข้อเสีย คือหลังจากให้ผลผลิตสูงในปีหนึ่งๆ แล้วกิ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แขนงมักจะมีการแห้งตายเป็นจำนวนมากทำให้ผลผลิตในปีต่อไปลดต่ำลง โดยกาแฟพันธุ์โรบัสต้าจะมีปริมาณคาเฟอีนประมาณร้อยละ 1.7-4.0 (สมเจตต์, 2546)

2.1.3 กระบวนการแปรรูปกาแฟในอุตสาหกรรม

กรรมวิธีการผลิตที่ดีจะส่งผลถึงคุณภาพของเมล็ดกาแฟที่ผลิตได้ การผลิตเมล็ดกาแฟสามารถทำได้ 2 วิธี คือ การแปรรูปแบบเปียกและแบบแห้งซึ่งขั้นตอนต่างๆ

2.1.3.1 กระบวนการแปรรูปแบบแห้งหรือแบบธรรมชาติ (Dry Process หรือ Natural Process) เป็นกระบวนการแปรรูปที่มีมานาน ง่ายและนิยมใช้กับกาแฟโรบัสต้าแต่ในประเทศบราซิลจะใช้กับกาแฟอาราบิก้าด้วยเนื่องจากผลผลิตกาแฟในประเทศบราซิลมีปริมาณมาก จึงใช้ผลกาแฟสุก ผลกาแฟดิบ ผลที่สุกจนแห้งคาต้นมาผ่านกระบวนการแปรรูปแบบแห้ง ส่งผลให้กาแฟที่ได้มีคุณภาพไม่ดี ราคาที่ขายในท้องตลาดจึงมีราคาต่ำ (Varnam และ Sutherland, 1994) นอกจากนี้ความชื้นของเมล็ดกาแฟยังแตกต่างกันมากจากร้อยละ 30 ถึงร้อยละ 65 เมื่อความชื้นต่างกันคุณภาพของกาแฟจะแตกต่างกัน ผลกาแฟสุกเต็มที่จะร่วงลงดินทำให้เกิดการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ และเมื่อฝนตกทำให้ผลกาแฟเปียกอาจมีการเจริญของเชื้อราได้ (Clarke, 1986)

ผลกาแฟสุกจะมีเมือก (Mucilage) และจะค่อยๆ สลายจากนั้นจะถูกดูดซึมเข้าสู่ภายในเมล็ดทำให้เกิดกลิ่นรสที่ดีขึ้น แต่ยากที่จะควบคุมจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนได้ ความผันแปรของดินฟ้าอากาศทำให้กาแฟเสื่อมเสียคุณภาพ ถ้าหากมีการควบคุมความชื้นให้ได้เช่นเดียวกับกระบวนการแปรรูปแบบเปียกจะได้เมล็ดกาแฟที่มีคุณภาพดีขึ้น (Varnam และ Sutherland, 1994) หลังจากเก็บผลกาแฟที่สุกเต็มที่แห้งคาต้นแต่ความชื้นก็ยังสูงอยู่ จำเป็นต้องนำมาผึ่งแดดให้แห้ง (Sun Drying) ซึ่งจะใช้เวลานานถึง 3 เท่าของแบบเปียกเนื่องจากความชื้นระเหยออกลำบาก ทำให้มีโอกาสติดเชื้อเนื่องจากจุลินทรีย์มีมากขึ้น

การตากแห้งเป็นการลดความชื้นของเมล็ดกาแฟให้เหลือประมาณร้อยละ 12±1 ถ้าหากความชื้นประมาณร้อยละ 15 เชื้อรา แบคทีเรีย สามารถเจริญและทำลายคุณภาพเมล็ดกาแฟได้ ถ้าหากความชื้นประมาณร้อยละ 20 จะเกิดการงอกของเมล็ดกาแฟก็จะมีการใช้สารอาหารในเมล็ด ถ้าหากความชื้นประมาณร้อยละ 8 เมล็ดกาแฟจะหดตัวลงมากคุณภาพก็จะด้อยลง ดังนั้นต้องพยายามควบคุมความชื้นให้ได้ประมาณร้อยละ 12

การตากแห้งมี 2 ระบบคือ การใช้แสงอาทิตย์แต่ต้องใช้พื้นที่มากการควบคุมไม่ให้อากาศเปลี่ยนแปลงค่อนข้างยาก มีการปนเปื้อนจากจุลินทรีย์ง่าย ต้องใช้แรงงานสูงเนื่องจากต้องเกลี่ยบ่อยครั้งใช้เวลาในการทำแห้งนาน อีกวิธีคือการใช้ตู้อบไฟฟ้าซึ่งสามารถควบคุมอุณหภูมิได้ ใช้พื้นที่ในการตากแห้งน้อย ควบคุมอากาศเข้าออกได้ ใช้แรงงานต่ำและใช้เวลาในการตากแห้งน้อย

ซึ่งกระบวนการแปรรูปแบบแห้งนี้มีข้อดีตรงที่ขั้นตอนในการแปรรูปนั้นไม่ยุ่งยาก และใช้เวลารวดเร็วกว่ากระบวนการแปรรูปแบบเปียก แต่อย่างไรก็ตามคุณภาพของกาแฟที่ผ่านกระบวน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การแปรรูปแบบแห้งจะได้กาแฟดิบที่มีคุณภาพต่ำกว่าการผ่านกระบวนการแปรรูปแบบเปียก เนื่องจากเมล็ดกาแฟจะมีความไวต่อการดูดกลิ่นได้ดีจึงดูดกลิ่นอับจากเปลือกในระหว่างการตาก เพราะใช้เวลาในการทำแห้งนานกว่ากระบวนการแปรรูปแบบเปียก (Sivetz และ Foote, 1963)

2.1.3.2 กระบวนการแปรรูปแบบเปียก (Wet process) การเก็บผลกาแฟจะเก็บเฉพาะผลกาแฟที่สุกเท่านั้น ถ้ามีผลดิบหรือผลที่สุกเกินไปติดมาจะทำให้คุณภาพด้อยลงเนื่องจาการสุกของผลกาแฟจะไม่เท่ากัน ดังนั้นการเก็บเมล็ดกาแฟต้องใช้ต้นทุนที่สูง การเก็บผลกาแฟแบบนี้จะได้กาแฟที่สะอาดซึ่งต่างจากแบบแห้ง ผลกาแฟที่เก็บมาจะมีความชื้นประมาณร้อยละ 60-75 การเก็บมักเก็บในตอนเช้าถึงบ่าย และต้องนำมาแปรรูปภายในวันที่เก็บหรือปล่อยทิ้งไว้ไม่เกิน 12-24 ชั่วโมง จึงเป็นกระบวนการที่ทำให้ได้เมล็ดกาแฟที่มีคุณภาพสูง (Varnam และ Sutherland, 1994) การปอกเปลือกผลกาแฟที่เก็บมาแล้วควรปอกในวันนั้น ถ้าไม่ทันไม่ควรเก็บเกิน 1 คืน เพราะจะเกิดการหมักทำให้เมล็ดกาแฟเสื่อมคุณภาพ การปอกเปลือกจะให้ผลดีถ้าใช้เครื่องปอกเปลือก หลังจากปอกเปลือกแล้วจะเห็นว่ามีอีกชั้นที่หุ้มเมล็ดไว้มีลักษณะเป็นเมือก มีความหนาราว 0.8 มิลลิเมตร ซึ่งประกอบด้วยน้ำและเอนไซม์ต่างๆ ร้อยละ 80 ของเอนไซม์ ได้แก่ Protopectinase, Pectinesterase และ Pectinase และอีกร้อยละ 20 เป็น Insoluble Mucilage ซึ่งใน Insoluble Mucilage ร้อยละ 80 เป็นน้ำตาล และอีกร้อยละ 20 เป็นสารประเภท Pectin, Protopectin, Pectinester (Methyl Pectin Ester) และ Pectin Acid ส่วนของเมือกเป็นส่วนที่เกิดขึ้นเมื่อเมล็ดค่อยๆ สุก ไม่สามารถนำมาล้างน้ำออกได้ เพราะว่าจะติดอยู่กับเมล็ดกาแฟถ้าหากปล่อยให้สุกคาต้นจะมีเอนไซม์มาย่อยโพลีเมอร์เหล่านี้ให้ได้น้ำตาลกาแลคโตส ซึ่งจุลินทรีย์สามารถใช้ได้ถ้าทิ้งไว้จะทำให้คุณภาพของกาแฟลดลง (Sivetz และ Foote, 1963)

จากนั้นจะผ่านขั้นตอนที่มีความสำคัญคือ ขั้นตอนในการหมักเพื่อนำเมือกที่ติดเมล็ดกาแฟออกซึ่งขั้นตอนดังกล่าวเป็นขั้นตอนที่สำคัญทำให้เกิดกลิ่นรสเฉพาะ (Specific Flavour) ในกาแฟ เนื่องจากการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ทำให้น้ำหมักกาแฟมีสภาพเป็นกรดและเชื้อจุลินทรีย์ยังสร้างเอนไซม์เพคตินเนส ซึ่งช่วยในการกำจัดเมือก สายพันธุ์ของแบคทีเรียที่สร้างกรดคือ Enterococcus ซึ่งเป็นกลุ่มของแบคทีเรียที่มีความสามารถในการสร้างกรดแลคติก ทำให้น้ำหมักมีค่าความเป็นกรด-ด่างลดลงจาก 6.8 เหลือ 4.3 จากค่าความเป็นกรดที่ลดลงส่งผลให้เกิดการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ เพคตินเนส แต่ก็มีผลดีในแง่ของการป้องกันการเจริญของจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดการเสื่อมเสีย แต่การหมักเมล็ดกาแฟเป็นเวลานานมีผลทำเกิดกลิ่นรสที่ไม่ดีในกาแฟ ซึ่งโดยทั่วไปจะทำการหมัก 24-36 ชั่วโมง (Varnam และ Sutherland, 1994) การแปรรูปแบบเปียก ทำให้เมล็ดกาแฟแห้ง ดังนั้นเมล็ดกาแฟที่ผ่านการแปรรูปแบบเปียกจะมีกลิ่นหอม และเป็นที่นิยมมากกว่าเมล็ดกาแฟที่ผ่านการแปรรูปแบบแห้ง (Sivetz และ Foote, 1963)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.4 การตากแห้งเมล็ดกาแฟ

กาแฟที่ผลิตแบบเปียกจะมีความชื้นประมาณร้อยละ 55-60 อาจใช้การตากแห้งแบบตู้อบไฟฟ้าหรือผึ่งแดดเกลี่ยบนพื้น การตากแห้งใช้เวลาประมาณ 7 วัน ขึ้นอยู่กับสภาพอากาศ การตากจะตากกันในตอนเช้าและเก็บกองเป็นภูเขาในตอนบ่ายแล้วนำผ้าใบมาคลุมไว้เพื่อให้ความชื้นของเมล็ดกาแฟใกล้เคียงกัน เนื่องจากบางเมล็ดจะมีความชื้นต่ำเมื่อเก็บกองจะมีการถ่ายเทความชื้นในวันต่อมาให้เกลี่ยตากใหม่ กระทำแบบนี้ไปเรื่อยๆ จนกระทั่งเมล็ดกาแฟมีความชื้นประมาณร้อยละ 12 จากนั้นนำเมล็ดกาแฟไปกะเทาะเอาเปลือกหุ้มเมล็ดออก ที่ความชื้นร้อยละ 12 จะทำการกะเทาะออกง่าย การกะเทาะจะใช้เครื่องมือที่มีลักษณะคล้ายกับเครื่องสีข้าวแยกเอาเปลือกหุ้มเมล็ดออก เมล็ดภายในจะขัดสีกันเองจนไม่มีเปลือกติดอยู่คัดเมล็ดที่เสียออกและบรรจุลงกระสอบ

คุณภาพของกาแฟที่มีการย่อยเมือกออก (Digested mucilage) คุณภาพจะดีกว่าเมล็ดกาแฟที่ล้างแบบธรรมดา (Washed bean) และดีกว่ากาแฟที่ไม่เอาเมือกออก (Mucilage bean) เนื่องจากกาแฟที่ไม่ได้นำเมือกออกเมื่อนำไปตาก เมือกจะเหนียวติดกับพื้นและเมือกทำให้กาแฟแห้งยากโอกาสปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์จึงมีมาก และความร้อนจากดวงอาทิตย์ไม่เพียงพอที่จะทำลายเอนไซม์ เอนไซม์จะทำการย่อยเมือกให้เป็น Galacturonic Acid จากนั้นยีสต์จะเข้าไปเปลี่ยนให้เป็นแอลกอฮอล์และแบคทีเรียจะเปลี่ยนต่อเป็นกรดอะซิติกและกรดบิวทาริกทำให้กาแฟมีกลิ่นที่ไม่ดี

2.1.5 การกะเทาะเปลือกเมล็ดกาแฟ

เป็นการนำส่วนของเปลือกนอกเปลือกแข็งหุ้มเมล็ดและส่วนของเยื่อออก แต่ในการแปรรูปแบบเปียกจะเป็นการนำส่วนของเปลือกแข็งหุ้มเมล็ดและเยื่อออกเท่านั้น เพราะว่าเปลือกนอกได้นำออกไปก่อนที่จะมีการกำจัดเมือกแล้วจึงใช้แรงขัดสีน้อยกว่าแบบแห้ง ส่วนการแปรรูปกาแฟแบบแห้ง กาแฟจะแห้งทั้งเมล็ดจึงต้องนำส่วนของเปลือกนอก เปลือกแข็งหุ้มเมล็ดและส่วนของเยื่อออก เมล็ดกาแฟจะสีกันเองจากนั้นใช้ลมเป่าเปลือกแข็งหุ้มเมล็ดและส่วนของเยื่อออก

2.1.6 สารประกอบในเมล็ดกาแฟ

2.1.6.1 สารประกอบไนโตรเจน คาเฟอีนจะให้รสขม (Bitter) มีค่าต่ำสุดการรับรู้รส 15-75 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณคาเฟอีนในเมล็ดกาแฟจะขึ้นกับสายพันธุ์ (Coffee Research Institute, 2001) ปริมาณคาเฟอีนในกาแฟดิบของกาแฟอาราบิก้ามีร้อยละ 1.2 ในกาแฟโรบัสต้าร้อยละ 2.2 โดยน้ำหนักแห้ง ส่วน Trigonelline เมื่อแตกตัวจะให้ทั้งกลิ่นรสและสารอาหารพบในกาแฟสายอาราบิก้าร้อยละ 1.0 ของ น้ำหนักแห้ง ส่วนในโรบัสต้ามีร้อยละ 0.7 ของน้ำหนักแห้ง ซึ่งให้รสขมอ่อนๆ (ประมาณ ร้อยละ 25 ของคาเฟอีน) ในเครื่องดื่มกาแฟ การแตกสลายของ Trigonelline จะเป็นสัดส่วนกับระดับของการคั่วจะทำให้ได้ไพริดีนซึ่งให้กลิ่นของการคั่ว (Roasty) นอกจากนี้โปรตีนและกรดอะมิโนอิสระจะมีความสำคัญต่อการเกิดกลิ่นรสในกาแฟ เนื่องจากจะรวมตัวกับสารประกอบที่อยู่ในเมล็ดกาแฟเกิด เป็นสารที่ให้กลิ่นรส เช่น สารประกอบในกลุ่มของไพราซีน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และไพริดีน โดยปริมาณโปรตีนขึ้นกับ สายพันธุ์ของกาแฟ และจะพบโปรตีนอยู่ในส่วนของไซโตพลาส (Cytoplasm) หรือจับอยู่กับโพลแซคคาไรด์ที่ผนังเซลล์ (Varnam and Sutherand, 1994)

2.1.6.2 คาร์โบไฮเดรต ในเมล็ดกาแฟที่ยังไม่ผ่านกระบวนการคั่วพบคาร์โบไฮเดรตในรูปของน้ำตาลอิสระ และโพลีแซคคาไรด์ โดยน้ำตาลอิสระส่วนมากเป็นน้ำตาลซูโครส ปริมาณจะขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ระดับความแก่ของเมล็ด โดยในอาราบิก้าพบร้อยละ 6.0-8.3 ส่วนในโรบัสต้าพบร้อยละ 3.3-4.1 โดยน้ำหนักแห้ง นอกนั้นพบว่าเป็นน้ำตาลรีดิวซ์ เช่น Arabinose, Galactose, Raffinose, Rhamnose, Ribose, Fructose และ Glucose ซึ่งน้ำตาลมีความสำคัญในการเกิดกลิ่นรสและการเกิดสี (Pigmentation) ระหว่างกระบวนการคั่ว (Varnam and Sutherand, 1994)

2.1.6.3 ไขมัน องค์ประกอบของไขมันในเมล็ดกาแฟที่ยังไม่ผ่านกระบวนการคั่วประกอบด้วยน้ำมันกาแฟ (Coffee Oil) ซึ่งส่วนมากพบใน Endosperm และ Coffee Wax จะพบที่ผิวชั้นนอกของเมล็ดกาแฟ โดยพบในกาแฟสายพันธุ์อาราบิก้าร้อยละ 15 ของน้ำหนักแห้งน้ำมัน ส่วนในโรบัสต้าพบร้อยละ 10 ของน้ำหนักแห้งน้ำมัน โดยประกอบด้วย triacylglycerols และไขมันอื่นๆ (Varnam and Sutherand, 1994)

2.1.6.4 กรดอินทรีย์ กรดในเมล็ดกาแฟคั่วแบ่งเป็น 3 กลุ่มได้แก่ Aliphatic, Alicyclic, Carboxylic และ Phenolic Acids (Coffee Research Institute, 2001) ซึ่งมีการพบเช่นเดียวกับในเมล็ดกาแฟที่ยังไม่ผ่านกระบวนการคั่ว มีรายงานว่ากาแฟสายพันธุ์อาราบิก้ามีกรดซิตริกร้อยละ 0.5 กรดมาลิก ร้อยละ 0.46 กรดออกซาลิกร้อยละ 0.2 และ กรดทาร์ทาริกร้อยละ 0.4 โดยขณะทำการเก็บรักษาเมล็ดกาแฟความเป็นกรดจะเพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นผลมาจากเอนไซม์จะย่อยสลายไขมันให้เกิดเป็นกรดไขมันอิสระ (Varnam and Sutherand, 1994)

ในกาแฟอาราบิก้าที่ผ่านการคั่วแบบกลางจะมีปริมาณกรดที่สำคัญดังต่อไปนี้กรดซิตริก กรดมาลิก กรดแลคติก กรดไพรูวิก และกรดอะซิติก ร้อยละ 0.30, 0.22, 0.13, 0.07 และร้อยละ 0.27 ตามลำดับ ในกาแฟที่คั่วแบบอ่อนปริมาณกรดทั้งหมดจะมีร้อยละ 1.58 แต่เมื่อผ่านการคั่วแบบเข้มปริมาณกรดทั้งหมดจะเหลือเพียงร้อยละ 0.71 เท่านั้น (Clarke, 1986) โดยโมเลกุลของกรดที่อยู่ในรูปที่ไม่แตกตัว (Undissociate acids) จะมีอิทธิพลในการควบคุมการให้เกิดกลิ่นรสที่ดีในกาแฟ (Clarke และ Macrae, 1985) องค์ประกอบของสารที่อยู่ในเมล็ดกาแฟดิบและในกาแฟคั่วจะแตกต่างกันทั้งในด้านของชนิด และปริมาณโดยสารประกอบที่อยู่ในเมล็ดกาแฟดิบจะเป็นสารตั้งต้นที่จะเปลี่ยนแปลงไปเป็นสารประกอบที่พบในกาแฟคั่ว

2.1.7 กระบวนการคั่วเมล็ดกาแฟ (Roasting process)

ในระหว่างการคั่วเมล็ดกาแฟจะเกิดการเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบทางเคมีทำให้ได้กลิ่นและรสชาติของกาแฟที่กลมกลืนกัน โดยในขั้นตอนแรกของการคั่วเมล็ดกาแฟจะเริ่มดูดความร้อนและเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีเหลืองอ่อนๆ มีกลิ่นคล้ายกับกลิ่นของข้าวโพดคั่ว เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถึง 205 องศาเซลเซียส เมล็ดกาแฟจะเริ่มพองตัวเป็นสองเท่า และเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลอ่อนๆ มีการสูญเสียน้ำหนักประมาณร้อยละ 5 และค่าสีออกตรอน (Agtron number) อยู่ประมาณ 90-95 เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นถึง 220 องศาเซลเซียส สีของเมล็ดกาแฟจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล และค่าสีออกตรอนจะลดลงเหลือ 60-65 มีการสูญเสียน้ำหนักไปร้อยละ 13 โดยในขั้นตอนนี้จะมีการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางเคมีที่เรียกว่ากระบวนการไพโรไลซีส (Pyrolysis) ซึ่งมีส่วนสำคัญทำให้สารประกอบในกลุ่มของคาร์โบไฮเดรตเกิดการแตกตัว และมีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกมา เมื่อสิ้นสุดการคั่วต้องทำให้เมล็ดกาแฟเย็นตัวลง (Coffee Research Institute, 2001) ซึ่งระยะเวลาในการคั่วจะแตกต่างกันออกไปขึ้นอยู่กับระดับการคั่วว่าจะเป็นการคั่วแบบใด โดยทั่วไปการคั่วกาแฟสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ระดับ คือการคั่วแบบอ่อน (Light Roast) ใช้อุณหภูมิประมาณ 193-199 องศาเซลเซียส การคั่วแบบกลาง (Medium roast) ใช้อุณหภูมิประมาณ 204 องศาเซลเซียส และการคั่วแบบเข้ม (heavy roast) ใช้อุณหภูมิประมาณ 218-221 องศาเซลเซียส (Clarke, 1985) ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความชอบของผู้บริโภค เนื่องจากระดับของการคั่วจะส่งผลต่อกลิ่นและรสชาติของกาแฟที่แตกต่างกันและระดับการคั่วส่วนมากจะดูจากค่าสีหลังจากการคั่วเสร็จโดยใช้เครื่อง Agtron Roast Analyzer (Coffee Research Institute, 2001) การควบคุมสภาวะในการคั่วมีผลต่อคุณสมบัติทางกายภาพ และเคมีของเมล็ดกาแฟจึงมีการวัด และควบคุมตัวแปรต่างๆ เช่น การถ่ายเทความร้อน อัตราการสูญเสียน้ำอุณหภูมิในการคั่วและอุณหภูมิของเมล็ดกาแฟ ซึ่งช่วยในการควบคุมอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีต่างๆ ที่จะมีผลต่อคุณภาพของกาแฟ (Schenker และคณะ, 2002)

ตารางที่ 2.1 ระดับการคั่วเมล็ดกาแฟ

ระดับการคั่ว	คุณสมบัติ
แบบอ่อน	มีสีน้ำตาลคล้ายกับสีของอบเชย ความข้นหนืดน้อย มีความเป็นกรดอ่อนๆ และการเกิดกลิ่นรสยังเกิดขึ้นไม่สมบูรณ์
แบบอ่อน-กลาง	มีสีน้ำตาลอ่อนๆ มีความเป็นกรดและความข้นหนืดเพิ่มขึ้นเล็กน้อย
แบบกลาง	มีสีน้ำตาล ความเป็นกรดและความข้นหนืดเพิ่มขึ้นเล็กน้อย
แบบกลาง-เข้ม	มีสีน้ำตาลอ่อนเข้ม มีหยดน้ำมันเคลือบที่ผิวของเมล็ดกาแฟเล็กน้อย ความเป็นกรดเริ่มลดลงและความข้นหนืดเพิ่มขึ้น เหมาะสำหรับทำกาแฟเอสเปรสโซ
แบบเข้ม	มีสีน้ำตาลดำและหยดน้ำมันเคลือบรอบเมล็ดกาแฟ กลิ่นกาแฟเริ่มหายไปแต่ความข้นหนืดจะเพิ่มขึ้น
แบบเข้มมาก	กาแฟสีดำสนิท มีน้ำมันออกมาเคลือบผิวด้านนอกมาก กลิ่นกาแฟแล้วความหนืดค่อนข้างน้อย

ที่มา: Coffee Research Institute(2001)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.8 การเปลี่ยนแปลงของเมล็ดกาแฟในระหว่างการคั่ว

การคั่วกาแฟเป็นขั้นตอนเกี่ยวกับการปรับปรุงกลิ่นรสของกาแฟ โดยการให้ความร้อนแก่เมล็ดกาแฟเพื่อไล่ความชื้น อีกทั้งก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีและทางกายภาพ น้ำซึ่งอยู่ในรูปของความชื้นในเมล็ดกาแฟจะกลายเป็นไอออกจากเมล็ดที่อุณหภูมิของเมล็ดกาแฟประมาณ 100 องศาเซลเซียส เมื่ออุณหภูมิของเมล็ดสูงขึ้นถึง 180 องศาเซลเซียส จะเกิดการสลายตัวเนื่องจากความร้อนหรือที่เรียกว่าไพโรไลซีส รวมถึงการเปลี่ยนแปลงทางเคมีภายในเมล็ดซึ่งจะเปลี่ยนสารประกอบอินทรีย์บางส่วนในเมล็ดไปเป็นสารที่ให้กลิ่นและรส (Aroma and Flavour) เช่น เปลี่ยนโปรตีน คาร์โบไฮเดรต ไปเป็นอัลดีไฮด์ คีโตน แอลกอฮอล์ ฯลฯ ปฏิกิริยาที่เกิดจากไพโรไลซีสบางชนิดเป็นแบบคายความร้อน (Exothermic Reaction) ทำให้เมล็ดกาแฟมีอุณหภูมิสูงขึ้นเป็น 200-210 องศาเซลเซียส กาแฟที่ผ่านการคั่วจะมีน้ำหนักน้อยกว่าเดิมน้ำหนักที่หายไปอยู่ในช่วงร้อยละ 12-20 ขึ้นอยู่กับระดับของการคั่ว โดยน้ำหนักที่หายไปคิดจากเมล็ดกาแฟที่มีความชื้นเริ่มต้นร้อยละ 10-12 ในช่วงที่น้ำหนักหายไปอย่างรวดเร็วเมล็ดกาแฟจะเริ่มเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลและสีของเมล็ดจะเข้มขึ้นเมื่อน้ำหนักหายไปมากขึ้น นอกจากนี้เมล็ดกาแฟจะเกิดการพองตัว และเพิ่มขนาดเป็นสองเท่าจากเดิม (สมหมาย, 2528)

2.1.8.1 การเปลี่ยนแปลงทางด้านกายภาพ

กาแฟที่ผ่านการคั่วจะเกิดการเปลี่ยนแปลงทางด้านกายภาพทำให้รูปร่าง ขนาดและคุณสมบัติทางกายภาพอื่นๆ เปลี่ยนไป ได้แก่

1. น้ำหนักที่หายไปทั้งหมด (Total Weight Loss) โดยทั่วไปมีค่าประมาณร้อยละ 15-18 คิดจากกาแฟที่มีความชื้นร้อยละ 10-12 และเป็นน้ำหนักที่หายไปหลังจากเกิดไพโรไลซีสร้อยละ 4-6 องค์ประกอบที่หายไปมากที่สุดคือ กรดคลอโรเจนิก (Chlorogenic Acid) โดยกรดชนิดนี้เริ่มต้นจะมีปริมาณร้อยละ 7 และหลังการคั่วจะลดลงเหลือเพียงร้อยละ 4 เนื่องจากการสลายตัวไปเป็นสารประกอบในกลุ่มของฟีนอล (Ky และคณะ, 2001) ซึ่งจะมีผลต่อรสชาติของกาแฟมาก ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ซึ่งเป็นผลจากไพโรไลซีสก็สูญเสียไปบางส่วนในขณะที่คาเฟอีนมีการสูญเสียไปเพียงเล็กน้อยเท่านั้น

2. การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด-ด่างของกาแฟเกิดเนื่องจากไพโรไลซีสของคาร์โบไฮเดรตกลายเป็นกรดคาร์บอกซิลิก ทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่างของกาแฟลดลงจาก 5.5-4.9 โดยจะขึ้นกับระดับการคั่วกาแฟ กาแฟที่คั่วเข้มมากๆ ค่าความเป็นกรด-ด่างจะลดลง เนื่องจากการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิจะทำให้กรดสลายตัวของกรดและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ก็ถูกขับออกไป

3. การเปลี่ยนแปลงสีและรสชาติ สีของกาแฟที่เปลี่ยนแปลงหลังการคั่วเกิดขึ้นได้เพราะไพโรไลซีสของคาร์บอนและโปรตีน แต่รสชาติเปลี่ยนแปลงเนื่องจากโปรตีนและกรดไขมันที่ถูกไฮโดรไลซ์ (Sivetz และ Foote, 1963)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.8.2 การเปลี่ยนแปลงทางด้านเคมี

ขั้นตอนของการคั่วกาแฟส่งผลให้เกิดปฏิกิริยาที่สำคัญ เช่น ปฏิกิริยาเมลลาร์ด การเกิดคาราเมล Strecker Degradation และกระบวนการไพโรไลซีส ซึ่งก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีของกาแฟอย่างมาก รวมทั้งการเกิดสารประกอบใหม่องค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญของกาแฟที่เกิดการเปลี่ยนแปลง ได้แก่

1. กรดที่ระเหยได้ (Volatile Acids) ในกระบวนการคั่วกาแฟสิ่งที่นิยมศึกษากันคือความสัมพันธ์ระหว่างกรดที่ระเหยได้กับอุณหภูมิ สี และน้ำหนักที่หายไปของเมล็ดกาแฟ การเปลี่ยนแปลงของปริมาณกรดมีผลต่อรสชาติของกาแฟมากกว่าการเปลี่ยนแปลงทางด้านสีของกาแฟหรืออุณหภูมิของเมล็ด โดยพบว่ากรด ฟอร์มิก (Formic Acid) และกรดอะซิติก (Acetic Acid) จะถูกขับออกมาในช่วงแรกของการคั่ว รวมทั้งกรดที่ไม่ระเหย (Non Volatile Acids) ด้วยกรดที่ระเหยได้จะมีปริมาณสูงสุดก่อนการเกิดไพโรไลซีส แต่เมื่อทำการคั่วไปนานๆ สีของเมล็ดกาแฟจะเข้มขึ้นส่วนปริมาณกรดระเหยก็จะลดลง การคั่วที่พอเหมาะจะทำให้มีกรดระเหยอยู่ในระดับที่ทำให้กาแฟมีรสชาติดี แต่ถ้าเกิดไพโรไลซีสมากเกินไปกรดระเหยจะถูกขับออกหมด (Sivetz และ Foote, 1963)

2. น้ำตาลซูโครส มีประมาณร้อยละ 7 น้ำตาลซูโครสอาจเกิดปฏิกิริยาคาราเมลไลเซชัน (Caramelization) ได้สารโพลีเมอร์หรือสลายตัวได้เป็นสารประกอบคาร์บอนสายสั้นๆ (Short Chain Carbon) ซึ่งจะทำปฏิกิริยาได้เป็นสารประกอบคาร์บอนที่ซับซ้อนหรืออาจทำปฏิกิริยากับโปรตีนเกิดสารประกอบที่ซับซ้อนและให้รสชาติที่ดี เมื่อดึงน้ำออกจากน้ำตาลซูโครส (Dehydration) และทำการย่อย (Hydrolize) จะให้น้ำตาลรีดิวซ์ซึ่งแต่ถ้าทำโพลีเมอร์ไรซ์ (Polymerize) จะทำให้เกิดสารที่มีรสน้ำตาลหรืออาจถูกย่อยให้สารประกอบอินทรีย์ที่ระเหยน้ำและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (Sivetz และ Foote, 1963)

3. กรดที่ไม่ระเหย (Non Volatile Acids) กรดคาร์บอกซิลิกเป็นกรดที่ไม่ระเหยที่เกิดจากการสลายตัวของคาร์โบไฮเดรตเมื่อได้รับความร้อน กรดนี้มีผลต่อค่าความเป็นกรด-ด่างของกาแฟ แต่กรดฟีโนลิกมีอยู่ในปริมาณต่ำจึงไม่มีผลต่อค่าความเป็นด่าง แต่จะไปมีผลต่อกลิ่นรสของกาแฟมากกว่าเนื่องจากจะให้กลิ่นรสที่แรง และโดยทั่วไปกาแฟที่คั่วแบบกลางจะให้ค่าความเป็นกรดมากกว่ากาแฟที่คั่วแบบเข้ม จากการศึกษาพบว่ากรดอินทรีย์ที่มีความสำคัญในกาแฟ คือ กรดคลอโรเจนิก กรดอะซิติกและกรดซิตริก ซึ่งกรดคลอโรเจนิกจะพบในกาแฟดิบร้อยละ 7 แต่ส่วนใหญ่จะถูกทำลายไปในระหว่างที่คั่ว (Sivetz และFoote, 1963)

4. สารประกอบระเหย (Volatile Compounds) เป็นสารที่ทำให้เกิดกลิ่นในกาแฟ เกิดจากการสลายตัวโดยความร้อนของสารประกอบอินทรีย์บางตัว และถูกกักเก็บไว้ในเซลล์ของเมล็ด สารประกอบระเหยนี้แม้จะมีปริมาณน้อย (ร้อยละ 0.04 ของน้ำหนักกาแฟคั่ว) แต่ก็มีผลต่อรสชาติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ของกาแฟเป็นอย่างมาก สารที่ระเหยนี้จะเป็นสารในกลุ่มของอัลดีไฮด์ และคีโตน ที่เกิดจากการแตกตัวของโปรตีน และคาร์โบไฮเดรตเมื่อได้รับความร้อน (Sivetz และ Foote, 1963)

5. โปรตีน มีอยู่ประมาณร้อยละ 13 โดยน้ำหนัก สารประกอบที่ได้จากการเปลี่ยนแปลงของโปรตีนจะมีผลต่อรสชาติของกาแฟมาก โปรตีนที่ถูกเปลี่ยนสภาพจะมีความสามารถในการละลายน้ำลดลงโปรตีนสามารถถูกไฮโดรไลซ์ต่อไปได้ เปปไทด์ กรดอะมิโน เอมีน ไดซัลไฟด์ ซึ่งถูกกักอยู่ในเมล็ดกาแฟและละลายออกมาเมื่อทำการสกัดไฮโดรไลซ์โปรตีนนอกจากให้สารที่ให้กลิ่นรสแล้ว ยังทำให้เกิดสารที่จะทำปฏิกิริยากับสารอื่น เกิดกลิ่นและรสได้เช่นกัน (Sivetz และ Foote, 1963)

6. คาเฟอีน (Caffeine) จะไม่สลายตัวในระหว่างการคั่ว แต่อาจมีบางส่วนที่ระเหิดไปบางและเมื่อลดอุณหภูมิลง การระเหิดจะน้อยลง กาแฟที่สกัดคาเฟอีนออกจึงไม่มีผลทำให้กลิ่นของกาแฟเปลี่ยนไป (Sivetz และ Foote, 1963)

7. ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ โดยปกติเมล็ดกาแฟจะไม่มีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์อยู่ แต่จะเกิดขึ้นระหว่างการคั่วโดยมากเกิดจากการสลายตัวของกรดคาร์บอกซิลิกในกระบวนการไพโรไลซีส และให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกมาประมาณร้อยละ 1-2 กาแฟคั่วที่ยังไม่ได้บดจะมีความสามารถในการเก็บก๊าซ คาร์บอนไดออกไซด์ได้มากกว่ากาแฟที่บดแล้ว ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่อยู่ในเมล็ดจะช่วยป้องกันการแพร่เข้าของอากาศ และความชื้น เป็นการยับยั้งการเกิดกลิ่นเหม็นหืนจึงทำให้เก็บรักษาได้นาน (Sivetz และ Foote, 1963)

8. น้ำมัน เมล็ดกาแฟจะมีน้ำมันอยู่ประมาณร้อยละ 12 และในจำนวนนี้ร้อยละ 95 จะไม่เปลี่ยนแปลงในขณะที่ทำการคั่ว แต่น้ำมันที่มีกรดไม่อิ่มตัวเป็นส่วนประกอบ เช่น กลีเซอไรด์ (Glyceride) จะถูกไฮโดรไลซ์ไปเป็นกรดไขมันอิสระ (Free Fatty Acids) และกลีเซอรีน (Glycerine) เกิดเป็นกลิ่นกาแฟ เวลาชงกาแฟจึงมีน้ำมันลอยอยู่ที่ผิว โดยขณะที่ให้ความร้อนจะทำให้โปรตีนที่ปนอยู่กับน้ำมันเปลี่ยนสภาพไปจากเดิม น้ำมันที่ถูกกักไว้จะถูกปล่อยออกมาและเกิดการรวมตัวเป็นหยดและในขณะที่คั่วผิวของเมล็ดกาแฟจะอ่อนตัวลง ทำให้น้ำมันผ่านออกมาผิวของเมล็ดกาแฟจึงถูกเคลือบด้วยน้ำมัน (Sivetz และ Foote, 1963)

การสลายตัวแบบ Strecker Degradation เป็นปฏิกิริยาระหว่างไดคาร์บอนิลกับกรดอะมิโนเป็นทั้ง 1-Deoxyosone และ 3-Deoxyosone เกิด Retroaldolization ได้ไดคาร์บอนิล ซึ่งเป็นสารมัธยันต์อีกชนิดหนึ่ง คือ อัลดีไฮด์และแอลฟา-อะมิโนคีโตน (α-Amino Ketone) ซึ่งอาจเกิดการรวมตัวกันต่อไปเกิดเป็นสารให้กลิ่นรส เช่น ไพริดีน ไพราซีนและ Imidazole และในระหว่างปฏิกิริยา Strecker degradation จะเกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
117051

2.1.9 องค์ประกอบของสารระเหยในกาแฟ

องค์ประกอบของสารระเหยในเมล็ดกาแฟที่ยังไม่ผ่านกระบวนการคั่ว (Green Bean) พบว่ามีจำนวนมากแต่ให้คุณลักษณะของกลิ่นที่ไม่ดี โดยจะมีความแตกต่างกันขึ้นกับปัจจัยทางด้านต่างๆ เช่น สายพันธุ์ สภาวะในการปลูก และกระบวนการแปรรูป โดยองค์ประกอบของสารระเหยเหล่านี้จะเกิดการเปลี่ยนแปลงและมีจำนวนเพิ่มขึ้นเมื่อเมล็ดกาแฟผ่านกระบวนการคั่ว มีการรายงานว่าพบองค์ประกอบของสารระเหยมากกว่า 800 ตัว (Kumazawa และ Masupa, 2003) ซึ่งเกิดจากปฏิกิริยาเมลลาร์ด Strecker degradation การแตกสลายของโปรตีน Trigonelline น้ำตาล ไขมัน และ สารประกอบฟีนอล (Flament, 2002; Varman และ Sutherland, 1994)

เมล็ดกาแฟที่ผ่านการคั่วแล้วพบว่าสารประกอบฟูแรนจะมีอิทธิพลต่อกลิ่นรสของกาแฟมากกว่าองค์ประกอบอื่น โดยสารในกลุ่มนี้เกิดจากปฏิกิริยาไพโรไลซีสของน้ำตาล ซึ่งให้กลิ่นคาราเมล ส่วนสารในกลุ่มไพราซีนจะพบมากเป็นอันดับสอง โดยจะให้กลิ่นคั่ว (Roasted) กลิ่นธัญญพืช (Cereal) กลิ่นขนมปังกรอบ (Cracker) หรือกลิ่นขนมปังปิ้ง (Toast) ซึ่งสารในกลุ่มนี้จะมีค่าต่ำสุดของการรับรู้รสต่ำ (Threshold) จึงมีความสำคัญในการให้กลิ่นรสของกาแฟ สารกลุ่มไพโรลจะให้กลิ่นหวาน (Sweet) กลิ่นคาราเมล (Caramel) และ กลิ่นเห็ด (Mushroom) นอกจากนี้ยังพบไทโอฟีนซึ่งเกิดจากปฏิกิริยาเมลลาร์ด โดยให้กลิ่นเนื้อ (Meaty) นอกจากนั้นยังพบสารไทอะโซล (Thiazole) ซึ่งมีน้อยเมื่อเทียบกับองค์ประกอบอื่นๆ ซึ่งได้จากการแตกสลายของน้ำตาล (Coffee Research Institute, 2001) นอกจากนี้ยังมีสารประกอบอื่นๆ อีกที่เกิดขึ้นจากการคั่วและมีค่าระดับการรับรู้รสต่ำสุดแตกต่างกันไป

Kumazawa และ Masupa (2003) พบว่าสารประกอบซัลเฟอร์ 3 ชนิด ได้แก่ 2-Furfurylthiol, Methional และ 3-Mercapto-3-Methylbuthylformate มีปริมาณลดลงเมื่อเครื่องดื่มกาแฟผ่านการให้ความร้อน ซึ่งเกิดการเปลี่ยนแปลงจากปฏิกิริยาออกซิเดชันการแตกตัวเนื่องจากความร้อน (Thermal degradation) หรือการย่อยสลายโดยมีน้ำเข้าร่วม (Hydrolysis) โดย 2-Furfurylthiol เป็นองค์ประกอบของสารระเหยที่สำคัญเพราะให้กลิ่น Sulfury-Roasty ที่ให้คุณลักษณะที่ดีกับเครื่องดื่มกาแฟซึ่งตรงกับการรายงานของ Hofmann และ Schieberle (2002)

2.2 ข้อมูลเกี่ยวกับชานอ้อย

2.2.1 ความเป็นมาของต้นอ้อย

ต้นอ้อยเป็นพืชที่มีใบเลี้ยงเดี่ยวจำพวกหญ้าตระกูลเดียวกับพืชอื่น เช่น ข้าวฟ่าง หญ้าจอนห์สัน และข้าวโพด อ้อยเป็นพืชที่ชอบอากาศร้อนแสงแดดจัดนิยมปลูกกันในประเทศเขตโซนร้อนระหว่างเส้นรุ้งที่ 35 องศาเหนือใต้ อ้อยมีลำต้นขนาดเล็กสูงประมาณ 3 เมตรจนถึงอ้อยพันธุ์ยักษ์สูงตั้งแต่ 2.4-7.3 เมตร มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.3-7.7 เซนติเมตร มีข้อปล้องยาว 10-20 เซนติเมตร ที่ปลูก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อยู่แถบถิ่นในอเมริกาใต้ เช่น อาเจนตินา บราซิล และเปรู ส่วนประเทศไทยแหล่งปลูกอ้อยที่สำคัญเรียงตามลำดับจากจังหวัดที่มีพื้นที่ปลูกมาก 10 อันดับแรก คือ กาญจนบุรี สุพรรณบุรี อุดรธานี กำแพงเพชร นครราชสีมา ชัยภูมิ นครสวรรค์ ราชบุรี ขอนแก่น และชลบุรี อ้อยเป็นพืชที่มีอายุหลายฤดูพันธุ์อ้อยที่ใช้ปลูกในปัจจุบันเกิดจากการผสมข้ามระหว่างพันธุ์ปลูกกับพันธุ์ที่เป็นเครือญาติกัน

2.2.1.1 ประเภทของต้นอ้อย

พันธุ์อ้อยเป็นพืชที่อยู่ในวงศ์ Gramineae สกุล Saccharum จำแนกได้เป็นชนิด (Species) ต่างๆ โดยนักพฤกษาศาสตร์หลายท่าน แต่ที่เป็นที่ยอมรับกันทั่วไป คือ การจำแนกเป็น 4 ชนิด โดยแต่ละชนิดมีถิ่นกำเนิดและลักษณะทั่วไป ดังนี้

1. อ้อยปลูกดั้งเดิม (Saccharum Officinarum L.) เป็นอ้อยที่เกิดในแถบเกาะนิวกินี อ้อยชนิดนี้มีลักษณะที่สำคัญ คือ ลำใหญ่ ใบยาวและกว้าง มีน้ำตาลมาก เปลือกและเนื้อนิ่ม โดยทั่วไปมักเรียกว่า อ้อยเคี่ยวที่มีอยู่ในประเทศไทย คือ อ้อยมอริเชียส (Mauritius) และอ้อยบาดิลา (Badila) ในอดีตชาวดัทช์ที่อยู่ในชวาเรียกอ้อยชนิดนี้ว่า Noble Cane ต่อมา Brandes (1956) เรียกว่า Native Garden Sugarcane หรือ Native Sugarcane เพราะชาวเกาะนิวกินีปลูกไว้ในสวนเพื่อใช้รับประทานสด ในสมัยเริ่มแรกอ้อยชนิดมีบทบาทสำคัญต่ออุตสาหกรรมน้ำตาลทรายของโลกเป็นอย่างมาก อ้อยที่ปลูกเป็นการค้าในปัจจุบันก็มักมีพันธุกรรมที่มาจากอ้อยชนิดนี้ ดังนั้นเมื่อกล่าวถึงประวัติและถิ่นกำเนิดดั้งเดิมของอ้อยจึงหมายถึงอ้อยชนิดนี้เสมอ

2. อ้อยป่าแถบร้อน (Saccharum Spontaneum L.) พบทั่วไปในแถบร้อนและชุ่มชื้น มีอยู่หลายร้อยชนิดแตกต่างกันตามแหล่งกำเนิด แต่มีลักษณะที่สำคัญคล้ายคลึงกัน คือ มีอายุหลายปี ขึ้นอยู่เป็นกอ มีลำต้นใต้ดิน ลำต้นเหนือดินผอมและแข็ง ไส้กลวง มีความหวานน้อย ในประเทศไทยเรียกว่า แขมพงหรืออ้อยป่า (Wild Cane)

3. อ้อยอินเดีย (Saccharum Barberi Jeswiet) เป็นอ้อยที่มีถิ่นกำเนิดในอินเดียตอนเหนือ นักวิชาการเชื่อกันว่าเป็นอ้อยที่เกิดจากการผสมตามธรรมชาติระหว่างอ้อยปลูกและอ้อยป่าแถบร้อนอ้อยพวกนี้มีลำต้นเล็ก ใบเล็ก ข้อโป่ง มีความหวานสูง เปลือกและเนื้อนิ่ม อ้อยขาไก่ในประเทศไทยอาจจัดเป็นอ้อยจำพวกนี้

4. อ้อยป่านิวกินี (Saccharum Robustum Brandes et Jeswiet Ex Grassl) เป็นอ้อยป่าแถบเกาะนิวกินี เปลือกแข็ง ไส้ฟ่าม มีลำต้นใหญ่ แข็งแรง อาจสูงถึง 10 เมตร มีความหวานต่ำ ชาวเกาะใช้ปลูกทำรั้วอ้อยชนิดนี้ไม่พบว่ามีในประเทศไทย นักวิชาการเชื่อกันว่าเป็นต้นตระกูลของอ้อยปลูกดั้งเดิม

แต่ทั้งนี้พันธุ์อ้อยที่ปลูกเป็นการค้าเพื่ออุตสาหกรรมน้ำตาลส่วนใหญ่ในปัจจุบันเป็นพันธุ์ลูก ผสมที่เกิดจากการผสมระหว่าง S. Officinarum กับชนิดอื่นๆ ในสกุล Sacchrum ที่เป็นอ้อยป่า เช่น S. Spontaneum และ S. Robustum และในสกุลใกล้เคียง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.1.2 การเพาะปลูก

อ้อยมีระยะการเจริญเติบโตที่แต่ระยะต้องการปัจจัยที่จำเป็นต่อการเติบโตแตกต่างกัน ระยะการเจริญเติบโตของอ้อยแบ่งได้เป็น 4 ระยะ ดังนี้

1. ระยะงอก (Germination Phase) เริ่มตั้งแต่ปลูกจนถึงหน่อโผล่พ้นผิวดิน ใช้เวลา 2-3 สัปดาห์ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับพันธุ์สภาพของท่อนพันธุ์และสภาพแวดล้อม ปัจจัยภายนอกที่เหมาะสมต่อการงอก เช่น มีแสงแดดพอประมาณควรได้รับน้ำน้อยแต่บ่อยครั้งและได้รับปุ๋ยพอประมาณ โดยเฉพาะไนโตรเจนอย่างสมบูรณ์จะงอกได้ดีกว่าทำให้ต้นอ่อนเติบโตเร็วและตั้งตัวได้ดีกว่าท่อนพันธุ์ที่ขาดธาตุอาหารระยะงอกเป็นตัวกำหนดจำนวนกอต่อไร่ ถ้าความงอกดีก็จะมีจำนวนกอต่อไร่มากซึ่งมีผลต่อผลผลิตอ้อยเมื่อเก็บเกี่ยว

2. ระยะแตกกอเป็นลักษณะพิเศษของอ้อยเริ่มตั้งแต่อายุ 2–4 เดือน การแตกกอเกิดจากตาอ้อยที่อยู่บริเวณลำต้นใต้ดิน ทำให้ลำต้นหรือหน่อที่เกิดขึ้นภายหลังอยู่ใกล้ผิวดินหรือลอยขึ้น ดังนั้นลักษณะตอลอยจะปรากฏเด่นชัดขึ้นในอ้อยตอหลังๆ การเจริญเติบโตในระยะนี้ต้องการแสงแดดจัด อุณหภูมิสูงและต้องการน้ำมากกว่าระยะงอก ในระยะนี้อ้อยต้องการปุ๋ยไนโตรเจนและฟอสฟอรัสมากขึ้น ดังนั้นการใส่ปุ๋ยแต่งหน้าควรทำในช่วงนี้จำนวนหน่ออ้อยที่แตกในระยะนี้จะเหลือลำต้นที่สามารถเก็บเกี่ยวเป็นผลผลิตได้เพียงครึ่งเดียวโดยประมาณเมื่อถึงเวลาเก็บเกี่ยว ระยะนี้เป็นตัวกำหนดจำนวนลำต่อกอ

3. ระยะย่างปล้อง (Elongation Phase) เป็นระยะที่ต่อเนื่องจากระยะแตกกอ เริ่มตั้งแต่อายุ 3-4 เดือนเป็นต้นไป อ้อยเจริญเติบโตได้เร็วที่สุดเมื่ออายุ 6-7 เดือน ต้องการแสงแดดจัดเพื่อการสังเคราะห์แสงให้ได้มากขึ้น อุณหภูมิสูง มีความต้องการน้ำมากกว่าระยะอื่นๆ และต้องการปุ๋ยไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมมากที่สุด การขาดน้ำและปุ๋ยในระยะนี้จะทำให้ปล้องสั้น น้ำหนักต่อลำอ้อยลดลงทำให้ผลผลิตอ้อยทั้งหมดลงด้วย การเจริญเติบโตในช่วงนี้จะมีมากน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับพันธุ์และสภาพแวดล้อม

4. ระยะแก่และสุก (Maturity and Ripening Phase) ระยะแก่ คือ ระยะที่อ้อยมีการเจริญเติบโต้ช้ามาก สังเกตได้จากใบที่ส่วนยอดจะอยู่ชิดกันมากขึ้นจนกระทั่งดูคล้ายเจริญออกมาจากจุดเดียวกัน ปล้องที่อยู่ส่วนยอดของลำต้นจะสั้นลงใบมีสีเหลืองอมเขียว ปริมาณน้ำตาลที่สังเคราะห์แสงได้จะสะสมไว้ในลำต้นมากขึ้นจนกระทั่งเข้าสู่ระยะสุกเป็นระยะที่อ้อยมีการสะสมน้ำตาลสูงสุด ระยะนี้ต้องการแสงแดดจัดเพื่อใช้ในการสังเคราะห์แสงหรือสร้างน้ำตาลสะสมในลำต้น และต้องการอุณหภูมิต่ำหรืออากาศหนาวเย็น ซึ่งจะช่วยส่งเสริมการสร้างน้ำตาลและเคลื่อนย้ายน้ำตาลจากใบไปยังลำต้น ถ้าอากาศหนาวติดต่อกันเป็นเวลานานจะส่งเสริมให้อ้อยหวานยิ่งขึ้น ระยะนี้ต้องการน้ำน้อยกว่า 3 ระยะแรก สภาพน้ำน้อยจะช่วยทำให้อ้อยมีความหวานมากขึ้น อ้อยไม่ต้องการปุ๋ยไนโตรเจนในระยะนี้ หากมีปุ๋ยไนโตรเจนเหลืออยู่ในดินมากจะทำให้ความหวานน้อยลง การเจริญเติบโตและการสะสมน้ำตาลของอ้อยไม่ได้เกิดขึ้นพร้อมกัน ในขณะที่อ้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เจริญเติบโตมากก็จะมีการสะสมน้ำตาลน้อย เมื่ออ้อยมีอายุมากขึ้นการเจริญเติบโตจะลดลงก็ทำให้มีการสะสมน้ำตาลมากขึ้น อย่างไรก็ตามมักมีอิทธิพลของพันธุ์และสภาพแวดล้อมมาเกี่ยวข้องอยู่ด้วยเสมอ

2.2.1.3 ลักษณะต้นอ้อย

1. ราก มีระบบรากฝอย (Fibrous Root System) ในระยะแรกที่ลำต้นอ้อยงอกจะได้รับน้ำและอาหารส่วนใหญ่จากท่อนพันธุ์ (Salt Root) เกิดขึ้นจากปุ่มรากในบริเวณเกิดราก ซึ่งจะช่วยดูดน้ำและธาตุอาหารจากดินให้แก่ต้นอ่อน เมื่อต้นอ่อนเจริญขึ้นจะเกิดข้อและปล้องสั้นๆ เป็นจำนวนมากใต้ดิน บริเวณข้อและลำต้นใต้ดินจะปรากฏปุ่มรากของต้นอ้อย (Shoot Root) ส่วนตาของลำต้นใต้ดินจะเจริญเติบโตแทงโผล่พ้นเหนือดินเป็นหน่อชุดที่ 2 และหน่อชุดที่ 3 ซึ่งเกิดจากตาของหน่อชุดที่ 2 ตามลำดับ รากของหน่ออ้อยเหล่านี้จะเจริญเติบโตขึ้นมาทดแทนรากของท่อนพันธุ์ รากจะเจริญเติบโตแตกสาขามากหรือน้อยขึ้นอยู่กับสภาพของดินและรากจะหยั่งลึกลงดินได้มากขึ้นในกรณีที่หน้าดินลึกหรือการไถดินทำได้ลึกเพียงพอ

2. ลำต้น อ้อยสามารถขยายพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศโดยใช้ส่วนของลำต้น (Cutting Set Seed Cane) ลำต้นอ้อยมีอยู่ 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนที่อยู่ใต้ดินและเหนือดิน ส่วนที่อยู่ใต้ดินเรียกว่า ตอ หรือ เหง้า ส่วนที่อยู่เหนือดินมีความสำคัญทางเศรษฐกิจ เป็นส่วนที่รองรับใบและช่อดอก บริเวณลำต้นเหนือดินจะสังเกตเห็นข้อและปล้องอย่างชัดเจน จำนวนข้อและปล้องจะแตกต่างกันตามพันธุ์ อายุ สภาพดินและอากาศ ข้อเป็นส่วนรองรับใบเมื่อใบหลุดจะปรากฏรอยกาบใบให้เห็น ความยาวระหว่างปล้องจากรอยกาบใบหนึ่งถึงรอยกาบใบถัดไป เรียกรวมกันว่าข้อปล้อง (Joint) อ้อยแต่ละพันธุ์มีรูปร่างปล้องและการจัดเรียงแตกต่างกัน

3. ใบ เกิดเรียงสลับกันบนลำต้น บางพันธุ์อาจเกิดเวียนรอบลำต้น ใบติดกับข้อของลำต้นตรงส่วนของฐานใบ โครงสร้างของใบประกอบด้วย 2 ส่วนหลัก คือ กาบใบและแผ่นใบ กายใบไม่มีเส้นกลางใบ มักมีสีเขียวอ่อนหรือม่วงแดง การที่กาบใบมีสีแตกต่างกันขึ้นอยู่กับชนิดและปริมาณเม็ดสีในกาบใบของอ้อยแต่ละพันธุ์ สีของแผ่นใบมีตั้งแต่สีเขียวแกมเหลืองจนถึงเขียวเข้มแตกต่างกันตามพันธุ์และความอุดมสมบูรณ์ของดิน ขอบแผ่นใบมีลักษณะเป็นฟันเลื่อนเล็กทำให้ใบอ้อยมีความคมมาก รอยต่อระหว่างกาบใบและแผ่นในด้านในมีลิ้นใน (Ligule) เป็นแผ่นบางยื่นออกจากกาบใบ และมีหูใบ (Auricle) ยื่นแหลมออกมาเหนือส่วนของภายใน ด้านหลังรอยต่อระหว่างกาบใบกับแผ่นใบมีพื้นที่คล้ายสามเหลี่ยมทั้งสองด้านเรียกว่า Dewlop

4. ดอก ช่อดอกอ้อยเรียกว่า Tassel เป็นแบบ Panicle เกิดที่ปลายยอดของลำต้น ลักษณะช่อดอกเป็นแกนกลาง ด้านแขนงแรกแตกออกจากแกนกลางและก้านแขนงที่สองแตกออกจากก้านแขนงแรก ก้านแขนงที่สองนี้เป็นตำแหน่งของกลุ่มดอกย่อย (Spikelet) ที่เกิดเป็นคู่ ประกอบด้วยกลุ่มดอกมีก้านและกลุ่มดอกไม่มีก้าน ขณะที่กลุ่มดอกบานเต็มที่ที่รากฐานของกลุ่ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดอกจะมีขนยาวสีขาว (Bristle หรือ Callus Hair) ภายในกลุ่มดอกทั้งสองแบบประกอบใบด้วยดอกย่อย (Floret) 2 ดอก อับเกสรจะแตกออกมีละอองเกสรตัวผู้สีเหลือง

2.2.1.4 สภาพแวดล้อมที่เหมาะสม

1. ความชื้น เมื่อความชื้นในอากาศมีสูง จะมีผลให้อ้อยใช้น้ำในดินน้อยลงและช่วยให้กิจกรรมการสังเคราะห์แสงดำเนินไปได้ด้วยดี เนื่องจากปากใบยังคงเปิดตามปกติ

2. ความเร็วลม อ้อยจะสามารถเจริญเติบโตได้ดีขึ้นเมื่อมีลมอ่อนๆ พัดผ่าน ส่วนลมที่พัดแรงจะทำให้อ้อยคายน้ำมากขึ้นและสูญเสียน้ำในลำต้นเร็ว หากดินมีน้ำไม่เพียงพอกับความต้องการของอ้อยจะมีผลให้ใบอ้อยเหี่ยวได้ และลมที่แรงมาก ๆ จะทำให้ใบอ้อยฉีกขาดเสียหายได้

3. ฝน อ้อยต้องการน้ำตั้งแต่ปลูกจนกระทั่งเก็บเกี่ยว ไม่น้อยกว่า 1,000 มิลลิเมตร ปริมาณน้ำที่ได้อาจมาแหล่งน้ำชลประทานและน้ำฝน อย่างไรก็ตามพื้นที่ปลูกอ้อยของเกษตรกรส่วนใหญ่มักอาศัยน้ำฝนหลักความต้องการน้ำของอ้อยจะมากหรือน้อยแตกต่างกันขึ้นอยู่กับระยะการเจริญเติบโต อ้อยที่ปลูกใหม่ต้องการน้ำเพื่อการงอกน้อยมาก แต่เมื่ออ้อยเจริญเติบโตมากขึ้นจะต้องการน้ำมากขึ้นตามลำดับ ดังนั้นในเขตปลูกอ้อยโดยอาศัยน้ำฝนจึงจำเป็นต้องจัดการปลูกอ้อยให้เหมาะสมกับปริมาณน้ำฝน

4. แสง อ้อยเป็นพืชที่ต้องการแสงแดดมาก

5. อุณหภูมิ อ้อยตั้งแต่งอกจนถึงอายุประมาณ 7 เดือน ต้องการอุณหภูมิสูง 30-35 องศาเซลเซียส แต่เมื่อถึงช่วงอ้อยแก่หรือมีอายุมากกว่า 7 เดือน อ้อยต้องการอุณหภูมิต่ำ 18-24 องศาเซลเซียส เพื่อการสะสมน้ำตาลและควรมีเวลานานอย่างน้อย 4-6 สัปดาห์ ซึ่งจะช่วยให้อ้อยหวานยิ่งขึ้น อุณหภูมิกลางวันและกลางคืนนับว่ามีความสำคัญมากโดยเฉพาะในระยะที่เริ่มสุกแก่ ในระยะนี้ถ้าอุณหภูมิกลางวันสูงเกินไปจะทำให้การสร้างน้ำตาลน้อยลง เนื่องจากปากใบเปิดไม่เต็มที่และเป็นอุปสรรคในการเคลื่อนย้ายน้ำตาลจากใบสู่ลำต้นได้ดีขึ้นและทำให้การหายใจเกิดขึ้นน้อยด้วย โดยการหายใจเป็นกระบวนการใช้น้ำตาลที่สร้างขึ้นในตอนกลางวัน

2.2.1.5 ฤดูปลูก ฤดูปลูกอ้อยในเขตอาศัยน้ำฝนอาจแบ่งออกเป็น 2 ฤดูปลูก คือ ฤดูปลูกอ้อยต้นฝนกับฤดูปลูกอ้อยปลายฝน ซึ่งทั้งสองฤดูปลูกมีข้อดีและข้อเสียที่แตกต่างกัน ดังนี้

1. ฤดูปลูกอ้อยต้นฝน อยู่ระหว่างเดือนพฤษภาคม การปลูกอ้อยได้เร็วหรือช้าขึ้นอยู่กับการตกของฝน หากปีใดฝนตกเร็วก็สามารถปลูกอ้อยได้เร็ว แต่ถ้าปีใดฝนตกช้าการปลูกอ้อยก็ต้องเลื่อนออกไป การปลูกอ้อยต้นฝนมักมีปัญหาหลายอย่างนับตั้งแต่การเตรียมดินจะต้องทันตามเวลาวัชพืชมักเป็นปัญหาสำคัญของการเจริญเติบโตน้อยกว่า 12 เดือน ทำให้อ้อยมีความหวานต่ำ ดังนั้นจึงควรเป็นพันธ์อ้อยที่เหมาะสมสำหรับปลูกในต้นฤดูฝน โดยควรเป็นพันธ์ที่มีอายุเก็บเกี่ยวสั้นและสามารถให้ความหวานได้เร็ว

2. ฤดูปลูกอ้อยปลายฝนหรืออ้อยข้ามแล้งมักปลูกระหว่างเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนกุมภาพันธ์การปลูกอ้อยปลายฝนนอกจากจะให้ผลผลิตสูงและคุณภาพดีแล้ว ยังประหยัดค่าใช้จ่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการกำจัดวัชพืช ในปัจจุบันการปลูกปลายฝนกำลังได้รับความนิยมมากขึ้นทั่วทุกภาค ในพืชที่ปลูกที่ขาดน้ำชลประทาน การปลูกข้ามแล้งจะให้ผลดีกว่าปลูกต้นฝนทั้งนี้เพราะการปลูกข้ามแล้งเป็นการใช้น้ำฝนอย่างมีประสิทธิภาพ และที่สำคัญก็คือการเจริญเติบโตของอ้อยเป็นไปอย่างเหมาะสมกับการตกของฝนและเวลาเก็บเกี่ยวอ้อย อ้อยปลูกข้ามแล้งจะเจริญเติบโตอย่างช้าๆ ในฤดูแล้ง แต่เมื่อได้รับน้ำฝนก็จะเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วโดยทันที ภายหลังจากหมดฝนอ้อยก็เติบโต

2.2.2 การผลิตน้ำตาล

2.2.2.1 กระบวนการผลิตน้ำตาล

อ้อยจะถูกนำไปชั่งน้ำหนักแล้วเทลงบนสะพานลำเลียงอ้อยผ่านไปเข้ามีดตัด เพื่อตัดอ้อยออกเป็นท่อนเล็กๆ จากนั้นจะส่งต่อมายังเครื่องฉีกย่อยอ้อย (Shredders) ซึ่งจะทำหน้าที่ฉีกอ้อยออกเป็นฝอยโดยที่ไม่สกัดน้ำอ้อยออก อ้อยที่ละเอียดแล้วจะถูกส่งไปยังเครื่องมือที่ใช้สกัดน้ำอ้อย คือ ชุดลูกหีบที่มีน้ำหนักมาก ที่ติดตั้งเป็นแถวต่อเนื่องกัน แถวหนึ่งอาจประกอบด้วยชุดลูกหีบ 4-6 ชุด และเพื่อให้มีการสกัดน้ำอ้อยออกมามากที่สุด จึงมีการพรมน้ำอ้อยและน้ำลงไปในกากอ้อยที่ออกมาจากลูกหีบแต่ละชุด ซึ่งการพรมน้ำนี้จะช่วยให้สามารถสกัดน้ำตาลออกมาจากอ้อย ได้มากกว่าร้อยละ 95 สำหรับกากอ้อยที่ได้จากการหีบสกัดชุดสุดท้ายจะเหลือน้ำตาลน้อยมากและมีความชื้นประมาณร้อยละ 48 ถึงร้อยละ 52 จะถูกนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงเพื่อผลิตไอน้ำและสามารถนำไปแปรรูปเป็น เยื่อกระดาษ บอร์ดชนิดต่างๆ ได้

2.2.2.2 วัสดุเศษเหลือที่เกิดขึ้นจากโรงงานผลิตน้ำตาลและการนำไปใช้ประโยชน์

ในการผลิตน้ำตาลจากอ้อย จะมีวัสดุเศษเหลือที่สำคัญ 4 อย่าง คือ กากน้ำตาล กากอ้อย กากตะกอนและเถ้าลอยชานอ้อย ซึ่งสามารถนำวัสดุเศษเหลือที่ได้เหล่านี้ไปใช้ประโยชน์ได้ ดังนี้

1. กากน้ำตาล (Molasses) เป็นของเหลวสีดำเหนียวข้น ซึ่งไม่สามารถที่จะตกผลึกน้ำตาลได้อีกด้วยเครื่องจักรของโรงงานน้ำตาลธรรมดา โดยทั่วไปจะมีซูโครสปนอยู่ในกากน้ำตาลประมาณร้อยละ 7.5 กากน้ำตาลสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ คือ ใช้เป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมผลิตแอลกอฮอล์และเหล้า, ใช้ผลิตเป็นผงชูรส, ใช้เป็นวัสดุปรับคุณภาพดินเนื่องจากมีส่วนประกอบของโพแทสเซียมอินทรีย์ วัตถุและธาตุอาหารรองอื่นๆ อีกมาก, ใช้ผสมกับชานอ้อยสำหรับทำถ่านเพื่อเป็นเชื้อเพลิงใช้ในครัวเรือน

2. กากอ้อยหรือชานอ้อย (Bagasse) เป็นวัสดุที่เหลือจากการหีบอ้อยจะมีลักษณะเป็นเส้นใย สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ คือนำมาเผาเพื่อเป็นเชื้อเพลิงสำหรับหม้อไอน้ำ, ใช้ผลิตเป็นปุ๋ยหมัก, ใช้ทำเยื่อกระดาษ, นำไปอัดเป็นแผ่นคานไม้อัดเพื่อใช้ในการก่อสร้างและเฟอร์นิเจอร์

3. กากตะกอนอ้อย (Filter Cake) เป็นวัสดุเหลือทิ้งจากโรงงานน้ำตาลหลังจากที่กรองน้ำอ้อยเพื่อผลิตเป็นน้ำตาลไปแล้ว มีลักษณะเป็นของแข็งคล้ายดินร่วนและมีปริมาณธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม และแคลเซียมอยู่มาก ดังนั้นจึงมีการนำไปใช้เป็นปุ๋ย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. เถ้าลอยชานอ้อย (Bagasse Fly Ash) เถ้าลอยนี้เกิดจากการนำชานอ้อยเผาเป็นเชื้อเพลงสำหรับหม้อไอน้ำในโรงงานน้ำตาล และเพื่อไม่ให้เถ้าลอยนี้ที่เกิดขึ้นฟุ้งกระจาย จึงได้มีการฉีดน้ำเป็นฝอยเพื่อสัมผัสกับเถ้าลอยให้เถ้าลอยตกลงมา เถ้าลอยจึงมีลักษณะเป็นก้อนเถ้าที่เปียกมีสีดำ จากนั้นจึงรวบรวมและนำไปทิ้ง

2.2.3 ชานอ้อย (Bagasse)

ชานอ้อยเป็นผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมการผลิตน้ำตาล องค์ประกอบทางเคมีของชานอ้อยแสดงดังตารางที่ 2.2 หนึ่งในสามส่วนของชานอ้อยจะใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับผลิตเป็นพลังงานในอุตสาหกรรมน้ำตาล ที่เหลืออีกสองส่วนใช้เป็นวัตถุดิบเพื่อทดแทนไม้ในการผลิตวัสดุหลานประเภท เช่น การผลิตเยื่อกระดาษ การผลิตแผ่นไม้ประดิษฐ์ หรือใช้เป็นพลังงานในรูปแบบต่างๆ เช่น ผลิตไฟฟ้า ถ่านอัดแท่ง เป็นต้น เมื่อนำอ้อยเข้าสู่กระบวนการหีบอ้อย น้ำอ้อยจะถูกสกัดออกมาส่วนที่เหลือคือชานอ้อย ซึ่งส่วนใหญ่ประกอบด้วย น้ำ ไฟเบอร์ และสารที่ละลายน้ำได้ปนอยู่เล็กน้อย ซึ่งสัดส่วนขององค์ประกอบเหล่านี้จะมากน้อยขึ้นอยู่กับชนิดของอ้อย การตัดและประสิทธิภาพของกระบวนการโรงงาน ซึ่งโดยเฉลี่ยแล้วจะมีความชื้นระหว่างร้อยละ 46 ถึง 52 ไฟเบอร์ร้อยละ 43 ถึง 52 และสารที่ละลายน้ำได้ร้อยละ 2 ถึง 6

ตารางที่ 2.2 องค์ประกอบทางเคมีของชานอ้อย

องค์ประกอบ	(เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก)		
	ปรีชา (2532)	Bilba และคณะ (2003)	งานวิจัยนี้ (เพ็ชร ลัคณะ, 2545)
โฮโลเซลลูโลส (Holocellulose)	82.52	-	-
แอลฟ่า-เซลลูโลส (α -cellulose)	44.05	-	-
เซลลูโลส (Cellulose)	-	41.8	56.60
เฮมิเซลลูโลส (Hemicellulose)	-	28.0	26.11
ลิกนิน (Lignin)	-	21.8	19.15
ลิกนิน (เถ้าอิสระ) Lignin (Ash Free)	19.78	-	-
เพนโตเซน (Pentosans)	27.21	-	-
ขี้เถ้า (Ash)	1.60	-	1.30
ความสามารถในการละลายของแอลกอฮอล์เบนซีน(Alcohol Benzene Solobility)	3.06	-	-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 ข้อมูลเกี่ยวกับแผ่นไม้ประกอบและแผ่นปาร์ติเกิล

2.3.1 ความหมายของแผ่นไม้ประกอบ

คำว่า แผ่นไม้ประกอบ บางแห่งเรียกว่าแผ่นวัสดุที่มีไม้เป็นองค์ประกอบ หรือแผ่นไม้ทดแทนไม้ธรรมชาติ หรือแผ่นไม้วิทยาศาสตร์ หรือแผ่นผลิตภัณฑ์ที่ทำจากไม้ เป็นคำมาจากศัพท์เดิมว่า Wood-Based Panels ซึ่งคล้องกับศัพท์อีกหลายๆ คำ เช่น Reconstituted Products, Engineered Board, Wood-Based Fiber and Particle Panel Materials, Composition Products, Solid Wood Substituted Materials และ ฯลฯ

แผ่นไม้ประกอบ (Wood-Based Panels) หมายถึง ผลิตภัณฑ์แผ่นวัสดุที่ผลิตขึ้นจากไม้หรือวัสดุประเภทลิกโนเซลลูโลสอื่นซึ่งใช้ในรูปร่างลักษณะต่างๆ กัน เช่น แท่งไม้จริง(Solid Wood) ไม้บาง (Veneer) แถบไม้ (Strand) ชิ้นไม้ (Particle) หรือเส้นใย (Fiber) ฯลฯ มาประกอบกันขึ้นเป็นแผ่นโดยอาจจะใช้สารเชื่อมยึดหรือสารเติมแต่งอื่นๆ ด้วยก็ได้

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

ด้วยเหตุนี้ความหมายของแผ่นไม้ประกอบ จากคำว่า Wood Composites จึงกว้างและครอบคลุมกว่าคำว่า Wood-Based Panels นอกจากนี้ยังเหมาะสมต่อสถานการณ์เทคโนโลยีทางไม้ในปัจจุบันที่เจริญก้าวหน้าอย่างมาก จากการพัฒนารูปแบบการแปรรูปชิ้นไม้ใหม่ๆ การประดิษฐ์และพัฒนาเครื่องมือและกระบวนการผลิตใหม่ๆ ตลอดจนการประยุกต์ระบบคอมพิวเตอร์มาใช้กับเทคโนโลยีไม้ เป็นต้น ทำให้เกิดเป็นรูปแบบผลิตภัณฑ์ใหม่ๆ และคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ดีขึ้นกว่าเดิมมาก ซึ่งนอกจากจะแทนที่ผลิตภัณฑ์แบบเก่าๆ แล้วยังทดแทนการใช้ผลิตภัณฑ์ที่ทำจากไม้จริง และผลิตภัณฑ์ที่ทำจากแหล่งทรัพยากรอื่นที่ไม่สามารถสร้างขึ้นมาใหม่ได้ เช่น การใช้งานในรูปของแผ่นไม้ (Panels) แบบเดิมๆ เพียงอย่างเดียวเป็นส่วนใหญ่ในอดีต ก็ได้ขยายวงกว้างขึ้นครอบคลุมการใช้งานทั้งลักษณะคล้ายไม้แปรรูปหนาๆ ไม้ท่อน ไม้แบบรูปร่างต่างๆ และไม้โครงสร้างขนาดใหญ่ๆ เพื่อทดแทนการใช้ไม้จริงขนาดใหญ่ๆ จากป่าธรรมชาติได้ เป็นต้น

2.3.2 ประเภทของแผ่นไม้ประกอบ (Wood Composites)

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

2.3.2.1 ผลิตภัณฑ์ประเภทแผ่นไม้ (Panel Products) ได้แก่

1. แผ่นไม้อัด (Plywood)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. แผ่นไม้อัดไส้ไม้ระแนง (Blockboard)

3. แผ่นใยไม้อัด (Fiberboard)

- ชนิดไม้อัดแน่น เช่น แผ่นใยฉนวน (Non-Compressed, Insulating Board)
- ชนิดอัดแน่น เช่น แผ่นใยไม้อัดแข็ง (Compressed, Hardboard)

4. แผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง (Medium Density Fiber Board, MDF)

5. แผ่นชิ้นไม้อัด หรือ แผ่นปาร์ติเกิล (Particleboard, PB)

6. แผ่นเกล็ดไม้อัด หรือ เวเฟอร์บอร์ด (Waferboard)

7. แผ่นแถบไม้อัดเรียงเสี้ยน (Oriented Strand Board, OSB)

8. แผ่นไม้อัดประกอบ (Composite Plywood, COM-PLY®Panels)

2.3.2.2 ผลิตภัณฑ์ประเภทขึ้นรูปสิ่งผลิต (Molded Products) ได้แก่

1. แผ่นปิดผิวประตู (Door Skins)

2. แผ่นชิ้นส่วนรถยนต์ (Automobile Parts)

- แผ่นบุประตูรถยนต์ด้านใน (Inside Car Door Panels, Door Trim)

3. แผ่นรองยกของ (Pallets)

2.3.2.3 ผลิตภัณฑ์ประเภทผสมสารแร่เป็นตัวประสาน (Inorganic-Bonded Products)

1. แผ่นใยไม้ยิปซั่ม (Gypsum Fiberboards)

2. แผ่นไม้อัดซีเมนต์ (Wood-Cement Boards)

- แผ่นผลิตภัณฑ์ (Panels)
- แผ่นมุงหลังคา (Roof Shingles and Shakes)
- แผ่นปิดผนัง (Walls)
- ก้อนวัสดุก่อสร้างขนาดเบา (Lightweight Building Blocks)

2.3.2.4 ผลิตภัณฑ์ประเภทไม้โครงสร้างขนาดใหญ่คล้ายแผ่นไม้แปรรูปและไม้ท่อนแปรรูป (Lumber and Timber Products) ได้แก่

1. แผ่นไม้ประกอบ (Glued Laminated Timer, Glulam)

2. แผ่นไม้บางประกอบ (Laminated Veneer Lumber, LVL)

3. แผ่นไม้แปรรูปไม้ประกอบ (COM-PLY Lumber)

4. แผ่นไม้แปรรูปแถบไม้อัดขนาน (Parallel Strand Lumber, Parallam™)

5. แผ่นแปรรูปไม้อัดเรียงเสี้ยน (Oriented Strand Lumber, OSL)

6. แผ่นแปรรูปไม้แตกอัดขนาน (Parallel Crushed-Log Lumber, Scrimber™ and Zephyrwood™)

7. ไม้ประกอบหมอนรถไฟ (Railroad Tie or Sleeper)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.3 ความหมายของแผ่นปาร์ติเกิล

แผ่นปาร์ติเกิล คือ แผ่นไม้ที่ผลิตจากชิ้นไม้ที่ถูกย่อยให้มีขนาดต่างๆ แล้วยึดติดกันด้วยกาวโดยการใช้ความร้อนและการอัด ความแตกต่างกันของแผ่นปาร์ติเกิลและแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง (Medium Density Fiberboard, MDF) ก็คือ ส่วนประกอบของแผ่นไม้ในแต่ละประเภทที่ใช้ชิ้นไม้และใยไม้ ชิ้นส่วนที่ประกอบกันในแผ่นใยไม้อัด (Fiberboard, FB) ก็จะเป็นเส้นใยไม้ ระหว่างเส้นใยไม้ก็จะเชื่อมติดกันด้วยกาว ในแผ่นใยไม้อัดแข็ง (High Density Fiberboard, HB) ก็เช่นกันจะประกอบด้วยเส้นใยไม้แต่ระหว่างเส้นใยไม้จะเชื่อมติดกันด้วยแรงยึดเหนี่ยวของเส้นใยไม้เอง ไม่ต้องใช้กาวช่วยเชื่อมยึด สำหรับแผ่นปาร์ติเกิลจะประกอบด้วยชิ้นไม้ และใช้กาวเชื่อมยึดชิ้นไม้ระหว่างชิ้นไม้ให้เป็นแผ่นไม้ขึ้นมา ชิ้นไม้ที่ใช้สามารถใช้ขี้เลื่อนจนถึงเกล็ดไม้ (Flake) ที่มีความยาวถึง 3 นิ้ว

แผ่นปาร์ติเกิล หรือแผ่นชิ้นไม้อัด หมายถึง แผ่นไม้ประกอบ (Wood Composites) ชนิดหนึ่งซึ่งผลิตจากการนำเอาวัสดุที่ทำจากไม้ หรือวัสดุที่มีเซลลูโลสและลิกนินเป็นองค์ประกอบหลัก (Lignocellulosic Materials) มาตัดทอนเป็นชิ้นเล็กๆ แล้วนำมารวมกันเป็นแผ่นโดยใช้ตัวประสานอินทรีย์ เช่น กาวสังเคราะห์เชื่อมให้ติดกันเกิดเป็นขบวนการเชื่อมยึดกันระหว่างชิ้นวัสดุ ภายใต้ความร้อนและแรงอัดในการอัดร้อน และยังสามารถใช้สารเติมแต่งอื่นๆ ผสมลงในแผ่น เพื่อให้เกิดคุณสมบัติพิเศษอื่นๆ ด้วย

2.3.4 ชนิดของแผ่นปาร์ติเกิล

แผ่นปาร์ติเกิลแบ่งออกได้หลายชนิด และถูกเรียกชื่อแตกต่างกันไป ตามลักษณะชนิดที่แบ่งนั้นๆ ซึ่งสามารถสรุปหลักเกณฑ์การแบ่งชนิดของแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดโดยทั่วไปเป็นข้อๆ ได้ดังนี้

2.3.4.1 ลักษณะความหนาแน่นของแผ่นเป็นหลักเกณฑ์ที่ยึดถือเพื่อใช้จำแนกชนิดของแผ่นปาร์ติเกิลในทางวิชาการ

ตารางที่ 2.3 ชนิดของแผ่นปาร์ติเกิลแบ่งตามความหนาแน่นของแผ่น

Type of Particleboard	Density(kg./m^3)		
	FAO 1957	CS 236-66	มอก. 876-2532
Low-density(Insulating type)	250-400	<590	
Medium-density	400-800	590-800	500-800
High-density(Hardboard type)	800-1200	>800	

ที่มา : วรรธรรม อุ่นจิตติชัย. 2541

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.4.2 ลักษณะของชิ้นไม้ที่ใช้ผลิต ชิ้นไม้ที่นำมาใช้ผลิตแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดมีลักษณะต่างๆ กัน และถูกย่อยด้วยเครื่องจักรต่างกันด้วย เช่น ชิปหรือชิ้นไม้สับ (Chips) เกล็ด (Flake) เกล็ดใหญ่(Wafer) แถบ (Strand) ขี้กบ (Planer Chaving) แท่ง (splinter or sliver) ฝอยไม้ (Wood Wool or Excelsior) เป็นต้น แผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดที่ผลิตจากชิ้นไม้ลักษณะใดลักษณะหนึ่งมักจะถูกเรียกเป็นแผ่นชิ้นไม้ลักษณะนั้นๆ เช่น Chipboard Flakeboard Waferboard Strandboard และ Shaving board เป็นต้น

2.3.4.3 กรรมวิธีการอัดแผ่น ชิ้นไม้ที่ผสมตัวประสานและสารเติมแต่งอื่นแล้ว จะถูกนำไปทำเป็นแผ่นเตรียมอัด (Form Mat) เพื่อทำการอัดร้อนต่อไป แรงอัดที่ใช้ในการอัดร้อนมีใช้กันอยู่ 2 ทิศทาง หากใช้แรงอัดให้มีทิศทางตั้งฉากกับระนาบของแผ่นซึ่งอาจทำเป็นแผ่นๆ หรือทำต่อเนื่อง เรียกแผ่นปาร์ติเกิลแบบนี้ว่า Flat-Platen Pressed Particleboard เป็นแผ่นปาร์ติเกิลที่นิยมผลิตกันอยู่ในปัจจุบัน หากให้ทิศทางแรงอัดขนานกับระนาบของแผ่นไปตามความยาวของแผ่น เรียกแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดแบบนี้ว่า Extruded Particleboard เช่น แผ่น Kreibaum Process ซึ่งผลิตโดย Otto Kreibaum ในเยอรมันแผ่นชนิดนี้จะอัดออกมาตามแบบแผ่นที่หนามักจะต้องใช้ท่อร้อนกลางแผ่นช่วยให้กาวแข็งตัวเร็วขึ้น จึงมีรูกลมยาวกลางแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดและมีการผลิตกันน้อย

รูปที่ 2.5 ตัวอย่างแผ่นปาร์ติเกิลแบบอัดกระทุ้ง "Extruded Pressed"
(Courtesy Washing State University)

ที่มา : วรธรรม อุ่นจิตติชัย. 2541, หน้า 19

2.3.4.4 ลักษณะโครงสร้างของแผ่น เป็นการแบ่งตามการกระจายตัวของขนาดชิ้นไม้ทางด้านความหนา มีอยู่ 3 ชนิด ได้แก่

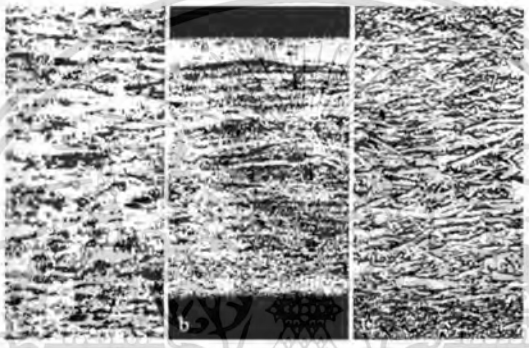
1. แผ่นปาร์ติเกิลชั้นเดียว (Single Layer or Homogeneous Particleboard) หมายถึง แผ่นปาร์ติเกิลที่ทำจากชิ้นไม้ที่มีลักษณะและขนาดเหมือนกัน มีส่วนผสมของกาวและสารเติมแต่งอย่างเดียวกันตลอดความหนาของแผ่นปาร์ติเกิล

2. แผ่นปาร์ติเกิล 3 ชั้น (Three Layers Particleboard) หมายถึง แผ่นปาร์ติเกิลที่แบ่งตามลักษณะของชิ้นไม้ออกเป็น 3 ชั้น ตลอดความหนาขอบแผ่นในแต่ละชั้นประกอบด้วย ชิ้นไม้ที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มีลักษณะและขนาดตลอดจนส่วนผสมของกาวเหมือนกัน ปกติใช้ชิ้นไม้ขนาดเล็กและบางเป็นชั้นผิวหน้าและหลัง ส่วนชั้นไส้ใช้ชิ้นไม้หยาบและใหญ่กว่า ไม้ที่ใช้ทำชั้นไส้อาจเป็นชนิดที่ต่างกับที่ใช้ทำชั้นผิวหน้าและหลังก็ได้ ปริมาณกาวที่ใช้ผสมในชั้นผิวทั้ง 2 หน้า มักมีมากกว่าในชั้นไส้ เพื่อให้เกิดโครงสร้างที่สมดุลกันมีผิวแข็งและแน่นขึ้น

3. แผ่นปาร์ติเกิลขนาดลดหลั่น (Graduated Particleboard) หมายถึง แผ่นปาร์ติเกิลที่ทำจากชิ้นไม้ที่มีขนาดและลักษณะต่างกัน โดยโครงสร้างของแผ่นประกอบด้วยชิ้นไม้ขนาดใหญ่และหยาบกว่า อยู่ตรงแนวกลางแผ่นตลอดความหนาจากแนวกลางแผ่น ชิ้นไม้จะมีขนาดลดหลั่นเล็กไปหาผิวทั้งสองด้านโดยไม่มีการแบ่งชั้นแน่นอน



รูปที่ 2.6 แสดงลักษณะโครงสร้างด้านหน้าตัดของแผ่นปาร์ติเกิลแบบอัดราบ
ซ้าย:แบบชั้นเดียว, กลาง:แบบ 3 ชั้น , ขวา:แบบลดหลั่น (Kollmann et al., 1975)
ที่มา : วรธรรม อุ่นจิตติชัย. 2541. หน้า 20

2.3.4.5 ลักษณะการใช้ประโยชน์ การเรียกชื่อจะถูกเรียกตามลักษณะการใช้ประโยชน์ คือ

1. แผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดชนิดเพื่อการใช้งานภายในอาคาร (Interior Particleboard) เป็นแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดที่มีการผลิตเป็นส่วนใหญ่ ใช้กาวยูเรียและยูเรีย-เมลามีน ฟอร์มัลดีไฮด์ เป็นตัวประสานชิ้นไม้ ใช้งานในที่ๆ มีความคงทนต่อสภาวะแวดล้อมปานกลาง เช่น ใช้เป็นฝ้าเพดาน ผนังห้อง หรือชิ้นส่วนของเฟอร์นิเจอร์

2. แผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดเพื่อการใช้งานภายนอกอาคาร (Exterior Particleboard) ผลิตเพื่อใช้งานในที่มีความคงทนต่อสภาวะแวดล้อมสูง ทนแดด ฝนได้ดี ใช้กาวฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์ กาวเมลามีนฟอร์มัลดีไฮด์ และกาว pMDI เป็นตัวประสานชิ้นไม้

3. แผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดสำหรับใช้ปูรองพื้น (Particleboard Floor Underlayment) หรือใช้สำหรับทำชั้นดาดฟ้าของบ้านเคลื่อนที่(Mobile Home Decking) เป็นผลิตภัณฑ์แผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดที่ผลิตเป็นแผ่นสี่เหลี่ยมและขัดกระดาษทรายให้ได้ความหนาสม่ำเสมอกัน เพื่อให้สามารถใช้วัตถุอื่นปูพื้นได้ระดับและเรียบสม่ำเสมอกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. แผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดสำหรับเก็บเสียง (Acoustical Particleboard) เป็นแผ่นปาร์ติเกิลที่ใช้กรุผนังหรือเพดานเพื่อลดการสะท้อนเสียงในห้องลง โดยทำการปรุรูหรือเซาะร่องเป็นแบบต่างๆ เช่น Acousticboard เป็นต้น

2.3.4.6 แบ่งตามชื่อทางการค้า ซึ่งโรงงานผู้ผลิตตั้งขึ้นเพื่อการจัดจำหน่ายที่ไม่ซ้ำกัน ป้องกันผู้บริโภคเกิดความสับสน เช่น บริษัท U.S.Plywood Corporation ในแคลิฟอร์เนีย ตั้งชื่อผลิตภัณฑ์ตนเองว่า โนโวพลาย (Novoply) บริษัท Tenex Plant ที่ ไอดาโฮ ก็ตั้งชื่อว่าทีเน็กซ์ (Tenex) บริษัท Plaswood Corporation ในนิวแฮมชายใช้ชื่อผลิตภัณฑ์ว่าพลาสวู๊ด (Plaswood) และบริษัทเอ็มพีปาร์ติเกิลบอร์ด จำกัด ใช้ชื่อแผ่นปาร์ติเกิลทางการค้าว่า บากัสบอร์ด เป็นต้น

2.3.4.7 แบ่งตามลักษณะปรากฏของแผ่นปาร์ติเกิลที่ผู้ใช้ต้องการนำไปใช้ต่อ ซึ่งสะดวกเรียก ได้แก่ แผ่นปาร์ติเกิลเปลือยผิว แผ่นปาร์ติเกิลปิดผิวหรือแผ่นปาร์ติเกิลเคลือบผิว เป็นต้น

2.3.5 วัตถุดิบ (Raw Materials)

วัตถุดิบของแผ่นปาร์ติเกิล คือ ไม้หรือวัสดุเศษเหลือที่ให้เส้นใย กาวและสารเคลือบกันซึม แผ่นไม้ปาร์ติเกิลที่มีคุณภาพดีนอกจากจะขึ้นอยู่กับวัตถุดิบเกี่ยวกับไม้หรือวัสดุเศษเหลือที่ให้เส้นใยที่จะต้องปรับปรุงให้เหมาะสมในขบวนการผลิตแล้ว ทั้งกาวและสารเคลือบกันซึมที่คุณภาพดีก็เป็นปัจจัยสำคัญอย่างมากที่ไม่ควรละเลยในการทำแผ่นปาร์ติเกิล

2.3.5.1 ไม้ (Wood) ที่ใช้ในการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ด แบ่งออกเป็น 5 กลุ่มใหญ่ๆ ดังนี้

1. ผลิตผลป่าไม้ที่ยังไม่ได้แปรรูป (Unprocessed Forest Products) เช่น ไม้ขนาดเล็กที่ได้จากการตัดสางขยายระยะ (Thinning) และกิ่งก้านที่หนา หรือใหญ่ (Thick Branches)

2. เศษไม้ขนาดใหญ่ที่เหลือจากอุตสาหกรรม (Coarse Industrial Residues) เช่น ปีกไม้ (Slabs) ขอบไม้ (Edgings) เศษไม้ที่ตัดทิ้งจากโรงเลื่อย ไส้ไม้ที่เหลือจากการปอกและส่วนเสียที่ถูกคัดทิ้งออกจากการผลิตไม้บาง

3. เศษเหลือขนาดเล็กจากอุตสาหกรรมโดยเฉพาะขี้กบและขี้เลื่อย

4. ชิปไม้ หรือชิ้นไม้สับจากการตัดไม้ด้วยเครื่องตัดชิ้นไม้

5. เศษเหลือ เช่น แผ่นไม้ ขอบไม้ หรือเศษไม้ระแนง และส่วนอื่นๆ ที่ถูกตัดทิ้งจากอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์และอุตสาหกรรมอบไม้

เห็นได้ว่าวัสดุได้เกือบทุกชนิดที่มีลักษณะรูปร่างแตกต่างกัน ตั้งแต่ไม้ซุงจนถึงขี้เลื่อยสามารถนำมาผลิตเป็นแผ่นปาร์ติเกิลได้ แม้แต่ไม้เก่าจากการทำรัง หีบและการรื้อถอนจากบ้านเก่าก็ยังมีความพยายามนำมาใช้ผลิตเป็นแผ่นปาร์ติเกิลใหม่ขึ้นได้อีก

2.3.5.1 ชิ้นไม้ (Particles) ที่นำมาใช้ผลิตนั้นมีลักษณะต่างๆ กัน และถูกย่อยด้วยเครื่องจักรต่างกันด้วย ซึ่งพอสรุปได้ดังนี้ (มอก.876-2532; Maloney, 1977; ASTM D 1554-75)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. ชิป (Chips) หรือชิ้นไม้สับ หมายถึง ชิ้นไม้ขนาดสม่ำเสมอกันซึ่งได้จากการตัดหรือผ่าและสับด้วยขวานในเครื่องตัดชิ้นไม้ที่เรียกว่า ชิปเปอร์ (Chipper) คล้ายกับของอุตสาหกรรมกระดาษ หรือผลิตโดยเครื่องย่อยชิ้นไม้อย่างหยาบที่เรียกว่า Hog หรือผลิตโดยเครื่อง Hammermills เป็นต้น

2. เกล็ด (Flake) หมายถึง ชิ้นไม้ที่ผลิตขึ้นเป็นพิเศษมีลักษณะบาง เรียบ มีทิศทางของเสี้ยนไม้ขนานกับผิว ได้จากการใช้ใบมีดตัดในทิศทางขวางเสี้ยน ซึ่งอาจเป็นด้านรัศมีด้านสัมผัสหรือทำมุมกันระหว่างด้านทั้งสอง การตัดลักษณะนี้ทำให้ได้ชิ้นไม้ที่มีความสม่ำเสมอกัน

3. เกล็ดใหญ่ (Wafer) หมายถึง ชิ้นไม้ที่มีลักษณะเดียวกับเกล็ด แต่มีความกว้างและความหนามากกว่า

4. แถบ (Strand) หมายถึง ชิ้นไม้ที่มีลักษณะเช่นเดียวกับเกล็ด แต่มีความยาวมากเมื่อเทียบกับความกว้าง และมีความสม่ำเสมอตลอดความยาวของแถบ

5. ขี้กบ (Planer shaving) หมายถึง ชิ้นไม้ที่มีรูปร่างเป็นแผ่นขนาดเล็ก มีความหนาไม่เท่ากัน คือ หนาที่ปลายด้านหนึ่ง ส่วนปลายอีกด้านหนึ่งจะบางและมีลักษณะเป็นแฉกขนนกและมักจะโค้งงอด้วย ซึ่งได้จากการไสไม้ด้วยเครื่องไสไม้ชนิดหัวตัดหมุน (Rotary Cutterhead)

6. แท่ง (Splinter or Sliver) หมายถึง ชิ้นไม้ที่มีลักษณะเป็นรูปสี่เหลี่ยมจตุรัส หรือสี่เหลี่ยมผืนผ้าเมื่อมองทางหน้าตัด และมีความยาวตามแนวเสี้ยนไม่น้อยกว่า 4 เท่าของความหนา

7. เม็ด (Granule) หมายถึง ชิ้นไม้ที่มีลักษณะขี้เลื่อย ซึ่งมีความกว้าง ความยาวและความหนาเกือบเท่ากัน

8. ฝอยไม้ (Wood Wool or Excelsior) หมายถึง ชิ้นไม้ลักษณะแถบแต่มีความยาวกว่าและโค้งงอต้องใช้เครื่องขูดเป็นพิเศษ ใช้สำหรับเป็นองค์ประกอบรวมสำหรับแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดบางประเภท

รูปที่ 2.7 บนซ้าย : ชิปหรือชิ้นไม้สับ (Chips), บนกลาง : เยื่อไม้ (Wood Pulp), ล่างซ้าย : เกล็ดไม้ (Flakes), ล่างกลาง : เกล็ดใหญ่ (Wafers) และขวาสุด : แถบไม้ (Strands)
ที่มา : วรธรรม อุ่นจิตติชัย. 2541, หน้า 24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในปัจจุบันอุตสาหกรรมผลิตแผ่นไม้ประกอบมีการใช้เกล็ดไม้ ขี้กบ และใยไม้เป็นวัตถุดิบหลักที่สำคัญที่สุด แต่มีการใช้ขนาดต่างๆ กันมาก รูปร่างและขนาดของชิ้นไม้ หรือชนิดของชิ้นไม้เป็นหนึ่งในปัจจัยพื้นฐานที่สำคัญในการพิจารณาถึงคุณสมบัติและคุณลักษณะของแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ด ตามด้วยปัจจัยทางด้านชนิดของไม้ ชนิดและปริมาณของตัวประสาน สารเติมแต่งอื่นๆ และโครงสร้างของแผ่นซึ่งโครงสร้างของแผ่นขึ้นอยู่กับการเตรียมแผ่นการเรียงชั้นและสภาวะในการอัด

แผ่นปาร์ติเกิลส่วนใหญ่จะมีเนื้อไม้แห้งอยู่ประมาณ 90-95% และโดยทฤษฎีแล้วรูปร่างของชิ้นไม้โดยทั่วๆ ไปสามารถนำมาใช้ผลิตได้ แต่ให้ค่าคุณสมบัติของแผ่นแตกต่างกันไป การผลิตแผ่นปาร์ติเกิลให้ได้คุณสมบัติทางกายสมบัติและกลสมบัติตามต้องการ กระทำได้โดยการใช้ขนาดหรือรูปร่างของชิ้นไม้ต่างๆ กันในการผลิตชั้นไส้และชั้นผิวของแผ่นปาร์ติเกิล ยกตัวอย่างเช่น การใช้ชิ้นไม้ที่ยาวบนชั้นผิวของแผ่นปาร์ติเกิล สามารถเพิ่มความแข็งแรงทางแรงดัดมากขึ้น แต่ผิวแผ่นปาร์ติเกิลจะหยาบ ซึ่งเป็นอุปสรรคต่อการตกแต่งผิว และในทำนองเดียวกันหากต้องการคุณลักษณะในการตกแต่งผิวมากกว่าความแข็งแรงในการดัดแล้ว จำเป็นต้องใช้ชิ้นไม้ที่เล็กลงในชั้นผิวหน้าเพื่อให้ผิวเรียบขึ้น สรุปได้ว่าขนาดชิ้นไม้และรูปร่างชิ้นไม้ ตลอดจนการกระจายตัวของชิ้นไม้ในแต่ละขนาดความหนาของแผ่น มีอิทธิพลและสามารถปรับปรุงให้ได้คุณสมบัติต่างๆ ของแผ่นปาร์ติเกิลตามต้องการได้โดยลดผลกระทบคุณสมบัติที่เหลือซึ่งไม่ต้องการให้น้อยลงเช่นกัน

ชิ้นไม้ที่ผลิตจากไม้หลายๆ ชนิด ทั้งไม้ใบกว้างและไม้ใบแคบ สามารถนำมาใช้ผลิตเป็นแผ่นปาร์ติเกิลได้ แต่ความหนาแน่นของแผ่นปาร์ติเกิลที่ได้ควรสูงกว่าความหนาแน่นของไม้ที่นำมาผลิต เพราะจะทำให้การใช้กาวมีประสิทธิภาพมากขึ้น เนื่องจากทำให้กาวที่ใช้เชื่อมยึดติดกันระหว่างชิ้นไม้ในแผ่นปาร์ติเกิล มีแรงยึดดีขึ้น และช่วยลดช่องว่างภายในแผ่นปาร์ติเกิลให้น้อยลง หากอัดชิ้นไม้เป็นแผ่นปาร์ติเกิลแล้วได้ความหนาแน่นน้อยกว่าความหนาแน่นของไม้ การสัมผัสกันระหว่างชิ้นไม้ที่ผสมกาวแล้วน้อยลง มีช่องว่างในแผ่นมากจะส่งผลกระทบทางลบต่อคุณสมบัติทางกายสมบัติและกลสมบัติของแผ่นปาร์ติเกิล

ความเป็นกรดของไม้ควรจะได้รับการพิจารณาปรับปรุงในระบบการใช้กาวด้วย เพื่อรักษาอัตราการเกิดปฏิกิริยาโพลีเมอร์ไรเซชั่น (Polymerization) ของกาวในการผลิตแผ่นปาร์ติเกิล เนื่องจากกาวส่วนใหญ่ที่ใช้มักจะไวต่อความเป็นกรดเป็นด่างมาก และหากความเป็นกรดเป็นด่างของไม้ไม่แน่นอนขึ้นๆ ลงๆ มาก ก็จะมีผลในการหน่วง หรือเร่ง ให้เกิดขบวนการโพลีเมอร์ไรเซชั่นช้าลง หรือเร็วขึ้น ซึ่งจะส่งผลให้คุณสมบัติของแผ่นปาร์ติเกิลที่ได้ต่ำลง

2.3.5.2 วัสดุเศษเหลือที่ให้เส้นใย (Other Lignocellulosic Materials) นอกจากไม้แล้วยังมีการใช้วัสดุเศษเหลือที่ให้เส้นใยอื่น ซึ่งถูกนำมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตแผ่นปาร์ติเกิล ได้แก่ ชานอ้อย (Bagasse) ฟางข้าวต่างๆ (Cereal-Straws) ต้นฝ้าย (Cotton Stalks) ต้นป่านปอต่างๆ (Flax and Hemp Shives) และซ่อผล ลำต้น ก้านใบของปาล์มน้ำมัน เป็นต้น การใช้งานมีข้อพิจารณา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เช่นเดียวกับไม้ แต่จำเป็นต้องแยกสิ่งเจือปนที่เป็นอุปสรรคต่อการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลออกให้เหลือน้อยที่สุด เช่น ปริมาณน้ำตาล และส่วนไส้ หรือเนื้อเยื่อทางเดินอาหารของวัสดุ ซึ่งเป็นบริเวณเส้นใยผนังบางและสั้น ตลอดจนสารขี้ผึ้งที่เคลือบอยู่ตามผิวอันเป็นลักษณะประจำของวัสดุเหล่านี้ ซึ่งมักจะเป็นอุปสรรคต่อการติดกาวประเภทที่ใช้น้ำเป็นสารละลาย

2.3.6 การผลิต (Manufacturing)

การผลิตแผ่นปาร์ติเกิล หรือแผ่นชิ้นไม้อัด (Particleboard) นั้น นอกจากวัตถุดิบอันได้แก่ ไม้ กาวและสารเติมแต่งแล้ว จำเป็นต้องอาศัยกระบวนการผลิตเพื่อผสมวัตถุดิบทั้งหมดเข้าด้วยกัน แล้วก่อตัวเป็นรูปร่างลักษณะแผ่น (Boards) ที่มีความแข็งแรงคงสภาพเป็นแผ่นให้ใช้งานได้เป็นเวลานานๆ กระบวนการผลิตจึงเป็นหัวใจหลักที่สำคัญที่สุดในการผลิตแผ่นปาร์ติเกิล คุณภาพและการขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์ที่ดีกว่าย่อมได้จากเทคโนโลยีกระบวนการผลิตที่มีประสิทธิภาพกว่า

ดังได้ทราบไปแล้วก่อนหน้านี้ว่าสายการผลิตแผ่นปาร์ติเกิล มี 2 ระบบ คือ ระบบการอัดแบบกระทุ้ง (Extrusion) และการอัดแบบอัดราบ (Flat-Platen) การอัดแบบกระทุ้งมีข้อจำกัดมากมาย เช่น ต้องเลือกวัตถุดิบที่มีคุณสมบัติง่ายต่อการลื่นไหลของแผ่นงานในขณะอัดทะลักออกมาจากแบบอัด และให้คุณสมบัติของแผ่นที่ไม่เหมาะสมต่อการใช้งานที่รับแรงทางผิวหน้าของแผ่น นอกจากนี้ยังไม่สามารถผลิตแผ่นในลักษณะ 3 ชั้นที่มีผิวหน้าละเอียดเหมือนของแผ่นปาร์ติเกิลแบบอัดราบได้ ดังนั้นในปัจจุบันจึงได้หันมาพัฒนาเทคโนโลยีใหม่ๆ ทางด้านการอัดแบบแนวราบทั้งสิ้นเพื่อเป็นการประหยัดเวลาและเนื้อที่ จึงขอกล่าวแต่เพียงกระบวนการผลิตแบบอัดราบเท่านั้น

ขั้นตอนหลักๆ ในสายการผลิตแผ่นปาร์ติเกิล ประกอบด้วย

1. การเตรียมชิ้นไม้
2. การอบชิ้นไม้
3. การคัดขนาดชิ้นไม้
4. การผสมกาว
5. การโรยแผ่นเตรียมอัด
6. การอัดร้อน
7. การตกแต่ง

ความแตกต่างของสายการผลิตในแต่ละโรงงานที่มีผลต่อคุณลักษณะของแผ่นปาร์ติเกิลอยู่ที่กรรมวิธีในแต่ละขั้นตอน ซึ่งจะได้กล่าวรายละเอียดในแต่ละขั้นตอนดังต่อไปนี้

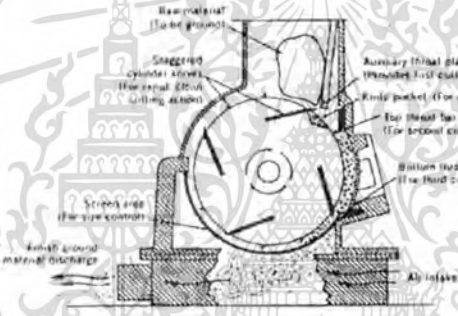
2.3.6.1 การเตรียมชิ้นไม้ (Particle Preparation) ขั้นตอนแรกของกระบวนการผลิตแผ่นปาร์ติเกิล คือ การลดขนาดของไวัตถุดิบให้ได้รูปร่างและขนาดที่เหมาะสมสำหรับแผ่นปาร์ติเกิลที่จะทำการผลิตว่าต้องการแผ่นปาร์ติเกิลประเภทใด วัตถุดิบไม้นั้นอาจได้รับจากแหล่งต่างๆ และรูปร่างต่างๆ เช่น เศษไม้ต่างๆ เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบการตัดทอนต่างๆ สามารถแบ่งออกเป็นประเภทตามลักษณะของเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการตัดทอนออกได้เป็น 3 ประเภท คือ แบบตัดเฉือนด้วยมีด (Knife) แบบตอกทุบ (Hammer) และแบบขัดสี (Attrition Units) แต่ละแบบนั้นจะผลิตชิ้นไม้ที่มีคุณสมบัติต่างกัน

หากต้องการให้ได้แผ่นปาร์ติเกิลที่มีความแข็งแรงสูง ผิวหน้าเรียบ และมีการพองตัวที่สม่ำเสมอกัน การผลิตชิ้นไม้ต้องได้ชิ้นไม้ที่เหมือนกัน (Homogeneous Material) มีสัดส่วนของความเพรียวสูง (ชิ้นไม้ที่ยาว บาง) ไม่มีชิ้นไม้ที่เกินขนาด ไม่มีผงหรือฝุ่น

1. เครื่องย่อยอย่างหยาบแบบ HOGS เป็นเครื่องจักรใช้ย่อยไม้แบบหยาบๆ ที่ทำหน้าที่ย่อยวัสดุเหลือใช้ที่มีขนาดใหญ่ เช่น ขอบของไม้อัด (Plywood Trim) ให้มีขนาดเล็กลงเพื่อนำไปทำการบดย่อยต่อไป เครื่องจักรทั้ง 2 แบบนี้เป็นที่นิยมใช้กันทั่วไปในอุตสาหกรรมที่เกี่ยวกับผลิตภัณฑ์จากป่าไม้ โดยเฉพาะในส่วนของการเตรียมเศษไม้เพื่อทำเป็นเชื้อเพลิง ที่นิยมเรียกกันว่า Hog Fuel



รูปที่ 2.8 ผังแสดงลักษณะของเครื่อง HOG แบบใช้มีด (Courtesy Mitts & Merrill.)

ที่มา : วรธรรม อุ่นจิตติชัย. 2541, หน้า 42

รูปที่ 2.9 ลักษณะของเครื่อง HOG แบบใช้หัวทุบกระแทก

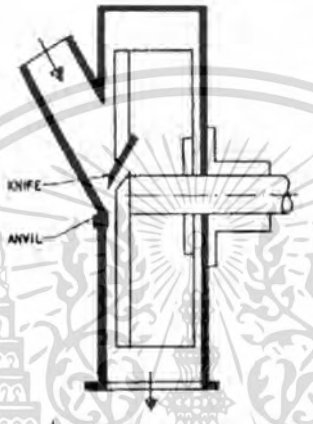
(Courtesy Williams Patent Crusher and Pulverizor Co.,)

ที่มา : วรธรรม อุ่นจิตติชัย. 2541, หน้า 42

2. เครื่องทำชิปหรือชิ้นไม้สับ (Chippers) ทางยุโรปบางครั้งเรียกว่า Hackers ใช้เตรียมชิ้นไม้สับคล้ายกับชิ้นไม้สับที่ใช้ในอุตสาหกรรมกระดาษ (Pulp Chip) จากไม้ท่อนหรือเศษไม้ นิยมใช้กันอยู่ 3 แบบ ได้แก่ เครื่องทำชิปแบบจาน (Rotating-Disc) เป็นแบบที่นิยมใช้กับวัตถุดิบที่มีขนาดใหญ่ อีกแบบหนึ่งคือใช้จานเหมือนกัน (Disc) แต่เป็นจานรูปกรวย 2 อัน และป้อนไม้เข้า

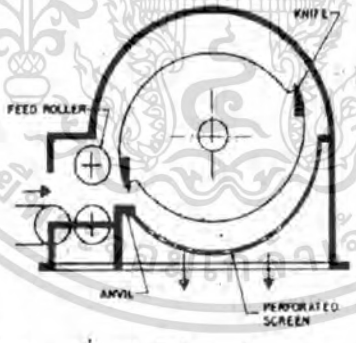
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไปในแนว 90 องศากับเพลาแกนของเครื่อง อีกแบบที่เหลือคือ เครื่องทำชิปแบบถัง (Drum chippers) ใช้สำหรับย่อยไม้บาง ตะแกรงร่อนสามารถติดตั้งเข้ากับเครื่องทำชิปแบบถัง (Drum chippers) ได้เพื่อลดขนาดของชิ้นไม้ที่เกินขนาด ในอุตสาหกรรมการผลิตแผ่นไม้ประกอบนั้น เครื่องทำชิปใช้สำหรับลดขนาดของไม้ท่อนให้เป็นชิปขนาดที่ต้องการเพื่อทำการบดย่อยต่อไป หลักการทำงานใบมีดจะตัดขวางทำมุมกับเส้นใย ชิ้นไม้จะแตกออกตามแนวของเส้นใยเนื่องจากแรงเฉือนที่เกิดจากการตัดและแรงกระแทกของใบมีดกับไม้



รูปที่ 2.10 เครื่องทำชิปแบบจาน (Fisher, 1972)

ที่มา : วรธรรม อุ่นจิตติชัย. 2541, หน้า 43

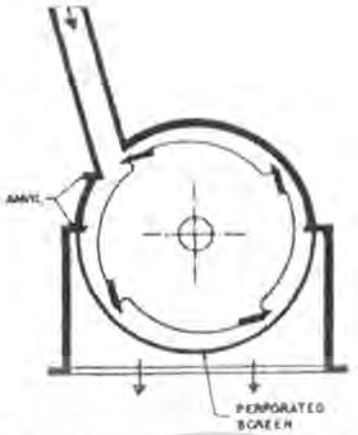


รูปที่ 2.11 เครื่องทำชิปแบบถัง (Fisher, 1972)

ที่มา : วรธรรม อุ่นจิตติชัย. 2541, หน้า 43

3. เครื่องตัดไม้สั้น (Cutter Mills) สามารถตัดเศษไม้สั้นๆ และปลายเหลือได้ดีกว่า เนื่องจากระบบป้อนและเครื่องทำชิปแบบถัง (Drum Chippers) นั้นไม้ที่มีขนาดสั้นอาจก่อปัญหาให้กับเครื่องได้ เครื่อง Cutter Mills เป็นเครื่องที่ออกแบบมาสหรับใช้ย่อยเศษไม้ได้ทุกชนิด เช่น แผ่นบอร์ดตำหนิที่ถูกคัดออก เป็นต้น เครื่อง Cutter Mills จะมีตะแกรงที่มีรูเปิดเล็กติดตั้งอยู่ด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.12 เครื่องตัดไม้สั้นสำหรับเศษแผ่นบอร์ดต่างๆ (Fisher, 1972)

ที่มา : วรธรรม อุ่นจิตติชัย. 2541, หน้า 44

4. เครื่องตอกทุบและเครื่องตีชิ้นไม้ (Hummermills & Wing-Beater) ใช้หลักการทุบตีในการลดขนาดวัสดุ ชิ้นไม้ที่มีขนาดใหญ่มากภายหลังการตีครั้งแรกถูกดันไปตามตะแกรงและถูกลดขนาดต่อไปด้วยการเสียดสีและบีบอัดระหว่างขอบของรูตะแกรงและตัวตี ขนาดรูตะแกรงเป็นตัวกำหนดขนาดวัสดุที่ถูกย่อย ตัวตีในเครื่องตอกทุบเป็น Free-Swinging Hammers หรือ Steel Strips ส่วนเครื่องตีจะมีแกนหมุนที่มีแขนยึดติดอยู่ (Impeller) และปลายแขนจะยึดติดด้วยแผ่นเหล็กตีไม้ (Wear Plates)

รูปที่ 2.13 ลักษณะของเครื่องตอกทุบ (A Hammermill) (Fisher, 1972)

ที่มา : วรธรรม อุ่นจิตติชัย. 2541, หน้า 44

5. เครื่องกระแทกชิ้นไม้ (Impact Mills) ทำงานโดยอาศัยหลักการเหวี่ยงวัสดุไม้กระแทกกับแผ่นไสบด (Grinding Path) ซึ่งชิ้นไม้ส่วนใหญ่จะแตกออกตามความยาวของเส้นใย เครื่องกระแทกชิ้นไม้ทำงานโดยอาศัยความเร็วลมสูง (มากกว่า 90 เมตร/ วินาที) เพื่อให้ได้แรงกระแทกที่เพียงพอ แต่ไม่จำเป็นต้องใช้อากาศปริมาณมากโดยการออกแบบภาคตัดขวางของช่องทางที่ให้อากาศเข้ามาเพื่อกำหนดปริมาณอากาศที่จะไหลผ่าน

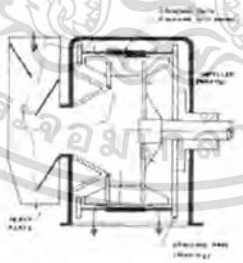
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับเครื่องย่อยละเอียดแบบวงแหวน (Ring Refiner) ที่ซับซ้อนขึ้น ชิ้นวัสดุไม้ที่หนักและมีพื้นผิวน้อยโดยเฉพาะที่มีลักษณะเป็นก้อนรูปลูกบาศก์ จะถูกกระแทกกับแผ่นไสบด (Grinding Path) แรงกว่าชิ้นวัสดุไม้ที่เบากว่า เนื่องจากผลกระทบทางด้านการกระจายลม (Sifting Effect) ด้วยเหตุนี้จะทำให้ชิ้นไม้ที่ละเอียดแล้วก็จะไม่ถูกบดให้ละเอียดขึ้นไปอีก นอกจากนี้ผลกระทบอีกอย่างจากกระแสลมที่เกิดในเครื่อง คือ จะพัดเอาชิ้นไม้ที่ละเอียดออกไปจากแผ่นไสบด (Grinding Path) และผ่านออกไปทางรูตะแกรง ชิ้นไม้ที่ยังมีขนาดใหญ่ที่เหลือเป็นปริมาณน้อยอยู่บนแผ่นไสบด ก็จะถูกบดไสขยี้ระหว่างใบพัด (Impeller) และตะแกรงต่อไป

รูปที่ 2.14 ซ้าย: ลักษณะของเครื่องบดกระแทกแบบวงแหวน (A Double-Stream Ring Refiner) และขวา : ชิ้นส่วนภายในเครื่อง (A Ring Refiner Mill) (Fisher, 1972)

ที่มา : วรธรรม อุ่นจิตติชัย. 2541, หน้า 46

สำหรับวัตถุดิบที่มีปริมาณความชื้นสูง เครื่องแบบตะแกรงหมุนทวน (Counter-Rotating) ก็มีความเหมาะสมมากกว่า ซึ่งทำงานโดยใช้หลักการเดียวกับเครื่องตอกทุบ (Hammermills)



รูปที่ 2.15 ลักษณะของเครื่องกระแทกชิ้นไม้แบบตะแกรงหมุนทวน (A Counter-Rotating, Double-Stream Ring Refiner) (Fisher, 1972)

ที่มา : วรธรรม อุ่นจิตติชัย. 2541, หน้า 46

6. เครื่องบดเสียดสีชิ้นไม้ (Attrition Mills) หรือที่เรียกกันว่า เครื่องทำเส้นใย (Fiberizer) หรือเครื่องบดละเอียดแบบจาน (Disc Refiners) ซึ่งในทางอุตสาหกรรมการผลิตแผ่นบอร์ดจะครอบคลุมเครื่องจักรต่างๆ ที่สามารถเปลี่ยนชิ้นไม้สับ (Wood Chips) หรือวัสดุเหลือใช้ขนาดเล็กไปเป็นชิ้นไม้ลักษณะต่างๆ (Board Furnish) เครื่องบดกระแทกชิ้นไม้แบบวงแหวน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

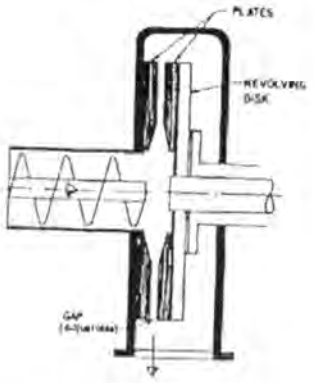
(Impact Mill ชนิด Ring Refiner) ที่กล่าวไปแล้วข้างต้นก็สามารถเปลี่ยนชิ้นไม้สับไปเป็นชิ้นไม้เล็กๆ ได้เช่นเดียวกับเครื่องบดเสียดสีนี้ เส้นใยที่ใช้สำหรับทำแผ่นไม้ประกอบ (Composition Board) ไม่ว่าจะเป็นแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดหรือแผ่นใยไม้อัด ความจริงแล้วก็เป็นมัดของเส้นใย (Bundle) และไม่มีปาร์ติเกิลใดที่เป็นเส้นใยเดี่ยว อุตสาหกรรมเยื่อและกระดาษต้องการเส้นใยที่เล็กกว่าเส้นใยที่ใช้กับการผลิตแผ่นไม้ประกอบ เพื่อให้ได้เส้นใยที่ละเอียดขนาดนั้นการต้มด้วยสารเคมีสามารถช่วยในการสลายลิกนินที่อยู่ในไม้ เทคนิคนี้ก็ได้ถูกนำมาใช้ในวงการผลิตแผ่นไม้ประกอบ เช่น การผลิตแผ่นฮาร์ดบอร์ดด้วยกรรมวิธีเปียกซึ่งมีประโยชน์เป็นอย่างมาก การต้มเยื่อเป็นวิธีที่ใช้กันอย่างกว้างขวางในการผลิตเส้นใยสำหรับผลิตภัณฑ์ที่ต้องอาศัยการเตรียมแผ่น (Mat-Formed) เช่น แผ่นใยไม้อัดฉนวน (Insulation Board) และแผ่นใยไม้อัดแข็ง (Hard Board) ยิ่งกว่านั้นในทางอุตสาหกรรมก็ได้มีการพัฒนากระบวนการต้มด้วยสารเคมีและการบดเสียดสีด้วยแรงดัน (Pressurized Refining) ไปใช้กับไม้ที่มีความหนาแน่นสูงที่ยากต่อการบดย่อยวิธีอื่นให้สามารถผลิตเป็นเส้นใยจากไม้ความหนาแน่นสูงเหล่านี้ได้

รูปร่างของชิ้นไม้ที่ผลิตออกมาได้แตกต่างกันไปนั้น เช่น รูปร่างแบบแท่ง (Splinters) แบบก้อนหยาบหรือละเอียด (Coarse and Fine Chunks) ผง (Flour) เส้นใยเดี่ยว (Individual Fibers) และมัดเส้นใย (Fiber Bundles) ขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย อาทิเช่น ชนิดของวัตถุดิบ ปริมาณความชื้น ความหนาแน่นของวัตถุดิบ หลักการทำงานของเครื่องจักร และชนิดของผลิตภัณฑ์ที่ต้องการ

เครื่องบดเสียดสี (Attrition Mills หรือ Disc Refiners) ผลิตเส้นใยโดยใช้หลักการเสียดสีและการเฉือน ซึ่งจะได้เส้นใยที่ละเอียดและมีสัดส่วนของความเพรียวสูง การต้มและบดเยื่อภายใต้อุณหภูมิ-ความดันสูงจะยิ่งให้เส้นใยที่ยาวขึ้น วัตถุดิบจะถูกป้อนเข้าไปที่ตรองกลาง (Eye) ของเครื่องบดและถูกเหวี่ยงออกไปยังขอบด้านนอกของจานเพลทด้วยแรงหนีศูนย์กลาง และถูกเปลี่ยนไปเป็นเส้นใยระหว่างจานบดเหล่านั้น

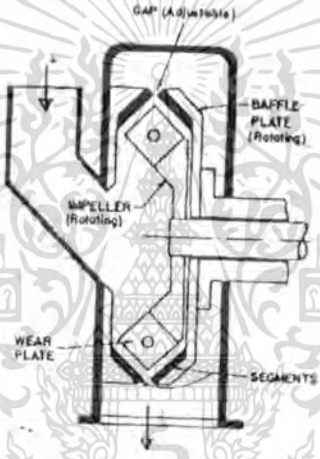
นอกจากนี้ยังมีเครื่องที่เป็นลูกผสมระหว่างเครื่องบดกระแทก (Impact Mill) และเครื่องบดเสียดสี (Attrition Mill) เรียกว่า Turbo Mill เครื่องนี้เป็นเครื่องแบบเหล็กกั้นชิ้นไม้ (Baffle Plate) หมุนทวน (Counter-Rotating) ที่ไม่มีตะแกรง วัสดุที่ถูกบดจะผ่านออกจากเครื่องบดทางช่องว่างที่สามารถปรับระยะได้ เครื่อง Turbo Mill ไม่ใช่เครื่องจักรที่บอบบาง ดังนั้นจึงต้องการการซ่อมบำรุงที่น้อย ในทางอุตสาหกรรมจึงใช้กับชิ้นไม้ที่หยาบ ส่วนการบดแบบละเอียด (Grinding) การใช้เครื่องบดกระแทก (Impact Mill) จะประหยัดกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.16 ลักษณะของเครื่องบดเสียดสีแบบจาน (A Disc Refiner) (Fisher, 1972)

ที่มา : วรธรรม อุ่นจิตติชัย. 2541, หน้า 48



รูปที่ 2.17 ลักษณะของเครื่อง Turbo Mill (Fisher, 1972)

ที่มา : วรธรรม อุ่นจิตติชัย. 2541, หน้า 48

เครื่องบดแบบเสียดสีมีการใช้งานกันมานานในอุตสาหกรรมการผลิตกระดาษแผ่นใยไม้อัดฉนวน และแผ่นใยไม้อัดแข็ง (ฮาร์ดบอร์ด) โดยมีให้เลือกใช้ 2 แบบ คือแบบหมุนจานเดียว (Single-Revolving Disc) และแบบหมุนสองจาน (Double-Revolving Disc) แต่ละแบบมีใช้ทั้งทำงานที่ความดันปกติ (Atmospheric Refiner) และทำงานที่อุณหภูมิและความดันสูง (Pressurized Refiner) ได้อีกด้วย วัสดุที่ใช้ป้อนอาจทำการผ่านการอบไอน้ำหรือทรีทด้วยสารเคมีก็ได้ การจะเลือกเครื่องแบบใดก็ขึ้นอยู่กับชนิดของวัตถุดิบที่ใช้และผลิตภัณฑ์ที่ต้องการ

ชนิดของเส้นใยและคุณภาพของเส้นใยที่ผลิตได้ ขึ้นอยู่กับปัจจัยความแปรผันดังต่อไปนี้

1. เครื่องบดแบบใด เช่น แบบหมุนจานเดียวหรือสองจานและแบบทำงานที่ความดันปกติหรือที่ความดันสูง
2. ขนาดของวัตถุดิบที่ใช้
3. ชนิดของวัตถุดิบ เช่น ชนิดไม้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ปริมาณความชื้นของวัตถุดิบ

5. ความผันแปรในกระบวนการบด เช่น ระยะเวลาในการอบไอน้ำ (Steaming Time), ความดัน, เส้นผ่าศูนย์กลางของจานบด (Refiner-Disc), ความเร็วในการบด (Mill Speed), รูปแบบของจานบด (Plate Pattern), อัตราการโหลดป้อนวัตถุดิบเข้าเครื่องและการปรับตั้งระยะห่างระหว่างจานบดของเครื่องจักร

ทั้งหมดนี้มีผลต่อชนิดและคุณภาพของเส้นใยที่ผลิตได้ โดยทั่วไปเยื่อที่ได้จากการต้มด้วยความดันจะมีลักษณะที่ละเอียดกว่าที่ได้จากการบดย่อยที่ความดันบรรยากาศ โดยไม้ที่ต้มภายใต้ความดันเกือบที่จะแตกออกเป็นเส้นใยเดี่ยว แต่ถึงกระนั้นก็ตาม เส้นใยที่ใช้ในการทำแผ่นบอร์ดก็ยังคงเป็นมัดของเส้นใยมากกว่าที่จะเป็นเส้นใยเดี่ยว

เมื่อบดที่ความดันบรรยากาศปกติ วัตถุดิบที่ใช้ควรเป็นชิ้นไม้สับที่สด (Green Wood Chip) โดยเฉพาะไม้ที่มีความหนาแน่นต่ำ เช่น ไม้เนื้ออ่อน หรือไม้เนื้อแข็งความหนาแน่นต่ำ เช่น Aspen หรือ Cottonwood ถึงแม้ไม่มีการอบด้วยไอน้ำ การบดที่ความดันบรรยากาศปกติก็สามารถได้เส้นใยที่ดีได้ อย่างไรก็ตามการใช้วัสดุที่แห้ง เช่น ขี้กบที่ผ่านการอบแห้งแล้ว ไม่สามารถที่จะบดย่อยให้เป็นเส้นใยที่ต้องการได้ หากไม่ผ่านการอบไอน้ำ (Presteaming) เสียก่อน ดังนั้นเพื่อให้ได้เส้นใยที่ดีกว่า จึงต้องมีการทำให้วัสดุที่แห้งมากๆ มีความชื้นขึ้น เพื่อช่วยในการบดย่อย

ในกรณีของขี้กบและขี้เลื่อย มีการใช้กันในหลายลักษณะทั้ง ขนาด รูปร่าง และสภาวะของวัตถุดิบต่างๆ กัน แต่โดยทั่วไปหากยิ่งใช้ขนาดเล็กก็จะยิ่งได้คุณภาพของเส้นใยที่ด้อยลง

เส้นใยคุณภาพดีโดยทั่วไปจะผลิตจากชิปสำหรับทำเยื่อ ซึ่งการผลิตเส้นใยที่ยาวจากชิปไม้ขนาดยาวประมาณ 19 มม. นั้นสามารถทำได้ง่ายกว่า แต่เส้นใยที่ได้จะไม่ได้ยาวเท่าขนาดของความยาวชิป เนื่องจากการบดย่อยทำให้ความยาวของเส้นใยลดลง ความยาวของเส้นใยที่ได้ยังเป็นผลมาจากชนิดของเครื่องบดเสียดสีที่เลือกใช้อีกด้วย

2.3.6.2 การอบชิ้นไม้ (Particle Drying) ชิ้นไม้ที่ใช้ในการผลิตแผ่นปาร์ติเกิล จะถูกอบแห้งได้ความชื้นต่ำ อย่างสม่ำเสมอ ก่อนจะผสมกับกาว เครื่องอบที่ใช้ในอุตสาหกรรมนี้มีหลายประเภท ปัจจุบันนิยมใช้เครื่องอบที่สามารถผ่านชิ้นไม้เข้าไปอย่างรวดเร็วในกระแสอากาศร้อนมากๆ และมีการหมุนเวียนอากาศอย่างรวดเร็ว เพื่อลดระยะเวลาในการอบให้สั้นที่สุด ความชื้นออกไปจากชิ้นไม้อย่างรวดเร็ว ทั้งยังสามารถป้องกันการลุกติดไฟของชิ้นไม้ที่อบนานๆ ชิ้นไม้จะแห้งเร็วจนมีความชื้น 3-6% (เทียบกับน้ำหนักอบแห้งของไม้) ตามต้องการด้วยเครื่องอบพาณิชย์ชิ้นไม้จะถูกส่งผ่านเข้าไปอย่างรวดเร็ว ในช่องปิดรูปทรงกระบอกหรือถังที่มีอุณหภูมิสูงจากการเผาไหม้จากน้ำมัน แก๊ส ถ่านหิน หรือเศษไม้ การระเหยของน้ำและระยะเวลาที่อยู่ในช่องความร้อนที่สั้นจะทำให้โอกาสที่จะเกิดเพลิงไหม้ได้น้อยที่สุด การใช้เครื่องมือตรวจวัดความชื้นของชิ้นไม้ที่ได้ออกมาอย่างต่อเนื่องจะช่วยทำให้สามารถกำหนดระยะเวลาที่อยู่ในช่องความร้อนได้ถูกต้องเพื่อป้องกันการอบแห้งที่น้อยไปหรือมากไป ระยะเวลาของชิ้นไม้ที่อยู่ในช่องร้อน และการปรับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงเป็นวิธที่นิยมในการเปลี่ยนแปลงความชื้นของชิ้นไม้ที่จะได้ออกมา แต่ก็ควรหลีกเลี่ยงการใช้ชิ้นไม้เปียกก่อนอบที่มีความชื้นไม่สม่ำเสมอหรือขึ้นลงอย่างรวดเร็ว

ปัญหาของชิ้นไม้ที่เกิดขึ้นจากการอบ นอกจากเรื่องความชื้นที่อยู่ในชนไม้ซึ่งจะต้องมีปริมาณความชื้นที่เหมาะสมตามกำหนดและมีความชื้นสม่ำเสมอแล้ว คุณสมบัติของไม้ที่ได้จากการอบเป็นอีกผลกระทบหนึ่งที่ไม่ควรมองผ่าน การอบชิ้นไม้ด้วยอุณหภูมิสูงๆ เป็นเวลานานๆ จะพบปัญหาที่เกิดขึ้นเช่นเดียวกับที่เกิดขึ้นในการอบแผ่นไม้แปรรูปและไม้บางทั่วไป คือ การเกิดสภาพการแข็งตัวภายนอกของไม้และการเปลี่ยนแปลงทางเคมีที่ผิวชิ้นไม้ รวมทั้งการเคลื่อนตัวของสารแทรก (Extractives) โดยเฉพาะยางไม้ธรรมชาติภายในไม้ออกสู่ผิวหน้าของไม้ ซึ่งเป็นอุปสรรคต่อการยึดติดระหว่างกาวกับผิวหน้าชิ้นไม้ในขณะทำเป็นแผ่นจนทำให้แผ่นบอร์ดที่ได้มีคุณภาพลดลง

เครื่องอบชิ้นไม้ในเชิงพาณิชย์ มีอยู่ 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ แบบห้องอบหมุนได้ตามแนวราบ(Horizontal Rotating Type) และแบบห้องอบอยู่กับที่ตามแนวราบ (Horizontal Fixed Type) เครื่องอบแบบแรกมีการใช้มาก่อนไม่ต่ำกว่า 40 ปีแล้ว และมีการใช้กันอย่างแพร่หลายในวงการอุตสาหกรรมการเกษตรทั่วไป เช่น พวกพืชผลทางการเกษตรต่างๆ ส่วนเครื่องอบแบบหลังเพิ่งมีการนำมาใช้ในยุโรปเมื่อ 20 ปีหลังนี้ การเลือกใช้เครื่องอบชนิดใดขึ้นอยู่กับการออกแบบโรงงานและมูลค่าการลงทุน แต่ละแบบของเครื่องอบก็ยังมีแบ่งแยกออกไปอีกหลายชนิด ส่วนการเลือกหาขนาดของเครื่องอบใหญ่เล็กเพียงใดขึ้นอยู่กับข้อพิจารณาดังต่อไปนี้

- ปริมาณของน้ำในชิ้นไม้ที่ต้องการระเหยออกไป
- ปริมาณของชิ้นไม้ที่ต้องการอบให้เพียงพอต่อสายการผลิต
- ขนาดและรูปร่างของชิ้นไม้ที่มีผลต่อความยาวของเครื่องอบในระหว่างเวลาอบ

2.3.6.3 การคัดแยกชิ้นไม้ (Particle Classification) ชิ้นไม้ที่ได้จากการแปรรูปเพื่อลดขนาดในขั้นตอนแรกมีขนาดใหญ่เล็กคละปนกันอยู่หลายๆ ขนาด จึงจำเป็นต้องทำการคัดแยกชิ้นไม้ออกให้มีความสม่ำเสมอ เพื่อให้แผ่นที่ได้มีโครงสร้างทางวิศวกรรม (Engineering Structure) ที่ดี โดยเฉพาะการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลชนิดลดหลั่น และ 3 ชั้น ซึ่งต้องการผิวหน้าละเอียดสวยงาม การคัดจึงต้องแยกชิ้นไม้ละเอียดออกจากชิ้นไม้หยาบ ส่วนชิ้นไม้ที่ใหญ่เกินจะถูกคัดออกเพื่อนำไปย่อยอีกและนำกลับมาคัดแยกใหม่ นอกจากนี้ยังเป็นผลดีต่อขั้นตอนการผสมกาวกับชิ้นไม้ที่มีขนาดเดียวกัน โดยทั่วไปการคัดขนาดชิ้นไม้นิยมทำหลังจากการอบเนื่องจากการอบและการเก็บในยุ้งเก็บมักจะมีชิ้นไม้แตกหักเสมอ แต่หากมีเครื่องอบ 2 เครื่องที่สามารถแยกสายการผลิตชิ้นไม้หยาบและละเอียดได้(ซึ่งก็หมายถึงการลงทุนที่สูงกว่า) สามารถใช้การคัดขนาดชิ้นไม้ก่อนการอบได้และเป็นผลดีต่อขั้นตอนการอบที่สามารถใช้พลังงานความร้อนได้อย่างมีประสิทธิภาพ และยังทำให้ชิ้นไม้ที่อบได้มีความชื้นแน่นอนสม่ำเสมอซึ่งจะช่วยให้ขั้นตอนการผสมกาวการอัดมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคัดแยกชิ้นไม้ มีอยู่ 3 วิธี คือ

1. การร่อน (Screening) เป็นการคัดแยกตามขนาดของชิ้นไม้

2. การคัดแยกโดยอากาศ (Air Classification) เป็นการแยกตามน้ำหนัก-พื้นผิว (Surface-to-Weight) ของชิ้นไม้

3. การร่อนผสมกับการคัดแยกด้วยอากาศ

การร่อน หมายถึง การนำเอาชิ้นไม้ผ่านไปบนตะแกรงที่มีขนาดของช่องตะแกรงตามกำหนดโดยให้ชิ้นไม้ที่มีขนาดเล็กต่ำกว่าความต้องการผ่านลอดตะแกรงออกไป การร่อนมีลักษณะของการร่อนอยู่ 2 แบบ คือ แบบสั่น (Vibrating) และแบบเขย่า (Shaking) หรือหมุน (Gyratory) หลักการพิจารณาในการเลือกใช้งานแต่ละแบบต้องพิจารณาจากความต้องการในการคัดแยกชิ้นไม้ 2 กรณี คือกำลังความสามารถในการร่อน (Capacity) และประสิทธิภาพ (Efficiency) ของการร่อน ว่าต้อง การร่อนชิ้นไม้ที่ป้อนเข้าไปในเครื่องเป็นปริมาณมากๆ หรือต้องการได้ปริมาณของชิ้นไม้ที่มีขนาดต้องการในสายการผลิตมากที่สุดเมื่อเทียบกับจำนวนชิ้นไม้ที่ป้อนเข้าไปในเครื่องร่อน โดยมีปัจจัยหลายๆ ปัจจัยที่เกี่ยวข้องต่อการร่อน ได้แก่ ความหนาแน่นของชิ้นไม้ทั้งกอง (Bulk Density) รูปร่างของชิ้นไม้ (Particle shape) ความชื้นของชิ้นไม้ (Moisture Content) อัตราการป้อนชิ้นไม้เข้าเครื่องร่อน (Feed Rate)ระยะเวลาในการร่อน (Retention Time) ลักษณะพื้นผิวของตะแกรงร่อน (Screening Surface) และความถี่รวมทั้งช่วงกว้างของการร่อน (Frequency and Amplitude of Screening) ดังนั้นจึงเป็นการลำบากที่จะเจาะจงเลือกชนิดของเครื่องร่อนให้ดีที่สุดสำหรับใช้ในโรงงานใดโรงงานหนึ่ง จำเป็นต้องหาแนวทางปฏิบัติที่เหมาะสมก่อนภายในห้องปฏิบัติการ (Laboratory Tests) เพื่อเลือกชนิดการร่อนและสภาวะที่ดีของปัจจัยกระทบข้างต้นต่อสายการผลิตเชิงพาณิชย์ต่อไป

2.3.6.4 การผสม (Blending) การรวมกาว ขี้ผึ้งและสารผสมชนิดอื่นๆ กับชิ้นไม้แห้งเรียกว่าการผสมคลุกเคล้า (Blending) ซึ่งโดยทั่วไปกระทำโดการสเปรย์ กาว น้ำและขี้ผึ้งอีมัลชั่นไปบนชิ้นไม้ขณะที่เคลื่อนผ่านอยู่ในเครื่องคลุกเคล้า โดยปกตินิยมคำนวณคิดเทียบจากน้ำหนักอบแห้งของชิ้นไม้ ยังไม่มีความพยายามใช้เทียบกับพื้นที่ผิวทั้งหมดของชิ้นไม้ ฉะนั้นชิ้นไม้ขนาดเล็กกว่าซึ่งมีพื้นที่ผิวมากกว่าเมื่อเทียบเป็นสัดส่วนน้ำหนักกับชิ้นไม้ที่ใหญ่กว่า จะทำให้ได้รับปริมาณกาวเป็นน้ำหนักได้มากกว่า หากพื้นผิวทั้งสองชิ้นไม้ได้รับปริมาณกาวต่อพื้นที่เท่ากัน ความแข็งแรงของแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดขึ้นอยู่กับการจับยึดติดกันระหว่างชิ้นไม้ เมื่อชิ้นไม้มีขนาดเล็กลงย่อมต้องการการจับยึดติดกันระหว่างชิ้นไม้ต่อหน่วยน้ำหนักมากขึ้น เพื่อผลิตแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดให้มีความหนาแน่นเดียวกัน ดังนั้นชิ้นไม้ที่มีขนาดเล็กกว่าจำเป็นต้องได้รับระดับปริมาณกาวที่มากกว่าเมื่อใช้กาวที่คำนวณเป็นน้ำหนักต่อชิ้นไม้ ด้วยเหตุผลข้างต้นจึงนับเป็นจุดสำคัญของการผสมที่จะต้องนำไปใช้ในการโรยแผ่นเตรียมอัด (Mat Forming) ต่อไป เนื่องจากว่าโดยปกติชิ้นไม้ขนาดเล็กมักนำไปใช้เป็นผิวหน้าของแผ่นปาร์ติเกิล เพื่อปรับปรุงคุณภาพของผิวหน้าและความ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เรียบของแผ่น ดังนั้นชิ้นไม้ชั้นผิวหน้าซึ่งมีขนาดเล็กจึงต้องใช้ปริมาณกาวมากกว่าชิ้นไม้ที่มีขนาดใหญ่กว่าและมีพื้นที่ผิวน้อยกว่า

วิธีการผสม เป็นขั้นตอนการผสมที่สำคัญที่จะได้แผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดที่มีคุณภาพที่ดี การกระจายของกาวและสารผสมอื่นๆ ที่ไม่สม่ำเสมอจะส่งผลให้บริเวณนั้นมีการจับยึดกันระหว่างชิ้นไม้ต่ำ และทำให้แผ่นปาร์ติเกิลไม่แข็งแรง การใช้เครื่องวัดที่ดีสำหรับหาปริมาณของกาวและการไหลของชิ้นไม้ ที่จะส่งผ่านไปยังเครื่องคลุกเคล้านั้นจะทำให้การผสมมีความเหมาะสมดีที่สุด

ปัจจัยต่างๆ ที่ควรพิจารณาในระหว่างการใช้กาวทั้งก่อนผสมและหลังผสมกับชิ้นไม้ ดังนี้

1. ปัจจัยที่ควรพิจารณาก่อนการผสมกาวกับชิ้นไม้ มีดังต่อไปนี้

ก. ความหนาของชิ้นไม้ที่สม่ำเสมอ เป็นความจำเป็นเบื้องต้นต่อการหาปริมาณกาวที่มีอยู่ในแผ่นบอร์ด

ข. การลดความผันแปรในขนาดรูปร่างของชิ้นไม้ให้ได้รูปแบบเดียวกันมากที่สุดก็จะเป็นผลดีต่อการใช้กาว

ค. พื้นผิวของชิ้นไม้ควรมีคุณภาพดีเพื่อให้กาวเกาะติดอยู่บนผิวและแพร่กระจายได้ดี

ง. ควรควบคุมปริมาณความชื้นให้มีความผันแปรน้อยที่สุด เพราะจะช่วยลดผลในทางลบเกี่ยวกับคุณลักษณะการไหลของกาว (Floe of Resin) และหลีกเลี่ยงการเกิดระเบิดหรือโป่งพองในแผ่นที่อัดแล้ว

จ. คัดเลือกกาวเรซินให้เหมาะสมและปรับปรุงให้ตรงกับความต้องการเป็นพิเศษ

ฉ. การเคลือบผิวด้วยขี้ผึ้ง (Wax Sizing) ควรมุ่งเข้าไปที่หน้าที่หลักของการเคลือบหรือฉาบนี้ว่าเพื่อช่วยให้กาวกระจายไปให้ทั่วชิ้นไม้และแพร่ไปบนพื้นผิวได้ดี โดยเฉพาะในกรณีการผสมกาวโดยใช้กาวในรูปผง

ช. ป้องกันกาวเรซินให้อยู่ในสภาพที่ดี หลีกเลี่ยงสภาวะต่างๆ ที่มีผลเสียต่อกาวในระหว่างการเก็บและเคลื่อนย้าย

ซ. คอยระมัดระวังการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของกาวและขี้ผึ้ง

2. ปัจจัยที่ควรพิจารณาระหว่างการผสมกาวกับชิ้นไม้

ก. ศึกษาการกระจายกาวให้ทั่วชิ้นไม้ โดยพิจารณาจากชนิดของเครื่องผสม อัตราความเร็วในการหมุน ระยะเวลาที่เหมาะสมในการคลุกเคล้าและอัตราการป้อนชิ้นไม้ลงไปผสม

ข. ระบบของชั่งตวงวัดสำหรับไม้ กาวและสารเติมแต่งควรมีความเที่ยงตรงและไว้ใจได้ เพื่อจะได้ป้อนหรือไหลเข้าสู่ขบวนการผลิตได้อย่างพร้อมเพรียงกัน

ค. ระหว่างการผสมในขบวนการผลิต กำจัดการเกิดช่องว่างและความไม่แน่นอนในระหว่างการไหล หรือป้อน ไม้ กาวและขี้ผึ้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ปัจจัยที่ควรพิจารณาหลังหารผสมกาว

ก. หลีกเลี่ยงปัจจัยต่างๆ ที่อาจเป็นสาเหตุทำให้กาวบนชิ้นไม้ที่ผสมแล้ว ได้รับการสั่นสะเทือนหลุดออกน้อยลงไป หรือเกิดการเกาะรวมกันเป็นก้อนระหว่างการส่งสายพานหรือการโรยแผ่น

ข. ปกป้องกาวจากการเกิด การแข็งตัวก่อนระหว่างการป้อนเข้าอัดหรือในระหว่างการอัดในหลักการของการพัฒนาคุณภาพของแผ่นปาร์ติเกิล การแยกผสมสารเติมแต่งอื่น เช่น สารกันน้ำ และสารป้องกันรักษาเนื้อไม้กับชิ้นไม้โดยตรงไม่รวมกับกาว เป็นสิ่งที่ดีเนื่องจากทำให้สารเติมแต่งและกาวแสดงคุณสมบัติทางเคมีของสารแต่ละชนิดได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงที่สุด แต่ในทางปฏิบัติผู้ประกอบการอุตสาหกรรมกลับพบว่าการรวมเติมสารเติมแต่งกับกาวแล้วกวนให้เข้ากันดีก่อนแล้วผสมกับชิ้นไม้ มีข้อดีหลายประการ ได้แก่ การลงทุนเครื่องมือขั้นต้นต่ำกว่า ความผิดพลาดจากการปฏิบัติงานของคนน้อยกว่าและการบำรุงรักษาต่ำกว่า แต่อย่างไรก็ตามการตรวจวัดปริมาณของส่วนผสมในการเติมสารแต่ละชนิดเข้าด้วยกันก็ต้องระมัดระวังให้เกิดความถูกต้องเช่นเดียวกับการตรวจวัดที่หัวพ่น หากเทียบถึงการคล่องตัวในการปรับเพิ่มหรือลดปริมาณของสารเคมีที่จะใช้กับการเปลี่ยนคุณสมบัติของแผ่นบอร์ดในการผลิตแต่ละครั้งนั้น การแยกผสมมีความคล่องตัวกว่าการรวมผสม ดังนั้นผู้ควบคุมการผสมกาวกับสารเติมแต่งจึงต้องปฏิบัติงานอย่างถูกต้องด้วยความรอบคอบที่สุดด้วย

ปัญหาอีกประการหนึ่งที่มักจะพบเสมอในการผสมกาวกับสารเร่งแข็งและสารเติมแต่งก่อนการพ่นไปบนชิ้นไม้ คือ เกิดการตกตะกอนหรือการจับรวมเป็นก้อนหรือการแยกชั้นของส่วนผสม การตรวจสอบความสามารถในการเข้ากันได้ของสารแต่ละชนิดก่อนการผสมรวมกันเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่ง

ในการเปรียบเทียบปริมาณการใช้กาวและสารเติมแต่งทุกชนิดควรคำนวณเป็นปริมาณเนื้อสารแข็ง (Solid Content) จากฐานน้ำหนักอบแห้งของไม้ที่ใช้ผสม ส่วนปริมาณการใช้กาวของสายการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลชนิดชั้นเดียว สามารถใช้ปริมาณเดียวได้เนื่องจากชิ้นไม้ที่ใช้เป็นขนาดเดียวกันทั้งหมด แต่ในสายการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลชนิดลดหลั่นและสามชั้น ซึ่งใช้ชิ้นไม้หยาบเป็นชั้นไส้ และชิ้นไม้ละเอียดเป็นชั้นผิว จำเป็นต้องใช้ปริมาณกาวสำหรับชั้นหยาบและละเอียดต่างกัน เนื่องจากชิ้นไม้ขนาดเล็กจะมีพื้นที่ผิวจำเพาะสูงกว่า จึงต้องใช้ปริมาณกาวมากกว่า ปริมาณการใช้กาวชนิดต่างๆ ในโรงงานผลิตแผ่นปาร์ติเกิลโดยทั่วไปมีการใช้กันอยู่ ดังตารางที่ 2.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.4 ปริมาณการใช้กาวแต่ละชนิดในการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลชนิด 3 ชั้น (หน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้งของกาวต่อน้ำหนักแห้งของไม้ที่ใช้)

ชนิดของกาว	ที่บริเวณชั้น	แผ่นมาตรฐานปกติ	แผ่นต้านทานน้ำ
UF	ผิว ไส้	10-12 6-8	- -
PF	ผิว ไส้	9-10 6-7	9-12 7-9
MDI	ผิว ไส้	3-4 2-3.5	6-8 5-7
หากเทียบราคาต้นทุนระหว่างกาวแต่ละชนิด คิดเป็นสัดส่วนได้ดังนี้ UF MF PF MDI 1.0 2.0 2.5 3.5			

ที่มา : วรธรรม อุ่นจิตติชัย. 2541, หน้า 78

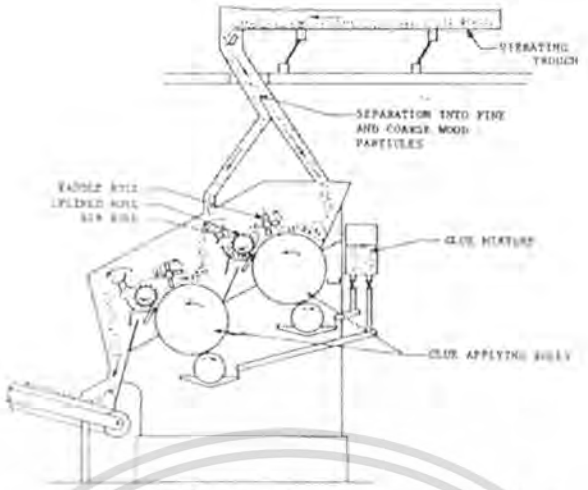
วิธีการผสมกาวหรือสารเติมแต่งอื่นกับชิ้นไม้ ที่มีการปฏิบัติกันมาจนถึงปัจจุบัน มีการใช้อยู่ 3 ระบบ คือ

1. ระบบสัมผัสและเสียดสี (Contact and Friction System)
2. ระบบการกระจายกาวด้วยลูกกลิ้ง (Spreader Roll System)
3. ระบบการทำให้เป็นละอองกาว (Atomization System)

ในช่วงแรกๆ ของอุตสาหกรรมแผ่นปาร์ติเกิลส่วนใหญ่ใช้ระบบผสมแบบสัมผัสและเสียดสี ระบบนี้เป็นการนำเอาส่วนผสมกาวที่ต้องการ ค่อยๆ เทผสมกับชิ้นไม้ในถังผสมขณะที่คอยกลิ้งชิ้นไม้ไปมาไว้ตลอดเวลาเพื่อให้การกระจายกาวไปให้ทั่วชิ้นไม้ ประสิทธิภาพของการผสมระบบนี้ขึ้นอยู่กับระยะเวลาในการกลิ้งชิ้นไม้ให้คลุกเคล้ากันไปมาในถังเพื่อให้ชิ้นไม้ที่มีกาวอยู่ถูสัมผัสกันกับชิ้นไม้ที่ยังไม่มีกาวเกาะอยู่ ระบบนี้ในปัจจุบันบางโรงงานที่ผลิตแผ่นปาร์ตอเกิลมานานซึ่งมีกำลังผลิตไม่มากนักและลงทุนต่ำก็ยังคงมีการใช้อยู่

ส่วนระบบการกระจายกาวด้วยลูกกลิ้งเป็นอีกระบบหนึ่งที่มีการใช้ในระยะแรกๆ เพื่อให้การกระจายกาวดีขึ้นโดยเฉพาะกาวที่มีความหนืดสูงและส่วนผสมที่มีความเข้มข้นสูง ตัวอย่างเครื่องผสมกาวระบบนี้แบบหนึ่ง ซึ่งเป็นเครื่องที่ถูกออกแบบใช้ในสายการผลิตระบบ Fahrni หรือ Novopan

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.18 เครื่องผสมกาวด้วยลูกกลิ้งแบบหนึ่งของระบบ Fahrni (Kollmann, 1957)
ที่มา : วรธรรม อุ่นจิตติชัย. 2541, หน้า 79

หลักการทำงานของเครื่องเริ่มจากป้อนชิ้นไม้เข้าเครื่อง ลูกกลิ้งมีการแบ่งแยกชิ้นไม้ออกเป็นชิ้นไม้หยาบและชิ้นไม้ละเอียด ชิ้นไม้ละเอียดจะแยกไปผสมกาวกับลูกกลิ้งตัวล่างเพื่อป้องกันการเปรอะเปื้อนของกาวจากชิ้นไม้ที่ละเอียด ชิ้นไม้จะลูบถูกับลูกกลิ้งใหญ่ที่มีกาวอยู่โดยมีลูกกลิ้งใบพายเป็นตัวควบคุมระบบผสมด้วยลูกกลิ้งใช้ได้ดีกับชิ้นเกล็ดไม้บางๆ

ระบบการผสมด้วยละอองกาว (Atomization system) จากการพ่น (Spraying) เป็นที่นิยมใช้กันมากที่สุดในปัจจุบัน เนื่องจากให้การผสมกาวที่กระจายได้ทั่วถึงอย่างรวดเร็วกว่าและสม่ำเสมอมากที่สุด สามารถใช้ได้ทั้งการผสมเป็นครั้งๆ หรือต่อเนื่องแต่ส่วนผสมกาวที่ใช้ต้องมีความหนืดต่ำ การพ่นกาวมี 3 ระบบ คือ ระบบการพ่นที่มีอากาศ (Air-Spray) ระบบการพ่นที่ไม่มีอากาศผสม (Airless-Spray) และระบบการพ่นโดยอาศัยแรงเหวี่ยง (Centrifugal Force) ซึ่งอาศัยการหมุนอย่างรวดเร็วของเพลาหัวพ่น

การพ่นแบบมีอากาศผสม กาวจะถูกทำให้เป็นละอองด้วยแรงอัดอากาศ (Compressed Air) จากปั๊มลมผ่านหัวพ่นลม (Pneumatic Nozzle) ทั้งอากาศและส่วนผสมกาวจะถูกขับออกจากหัวพ่นด้วยแรงดันประมาณ 138-414 กิโลปาสคาล หรือคิดเป็นแรงดันอากาศที่ออกจากหัวพ่นประมาณ 276-689 กิโลปาสคาล การพ่นที่เหมาะสมต้องปรับอากาศเข้าให้พอดีกับแรงดันทั้งระบบเนื่องจากหากให้อากาศเข้ามาก อากาศที่แรงดันที่สูงเกินไปจะส่งผลทำให้ลดขนาดของละอองกาวที่จะไปสัมผัสกับชิ้นไม้ได้น้อยลง

การพ่นแบบไม่มีอากาศผสมเป็นการพ่นที่อาศัยแรงไฮดรอลิค (Hydraulic Pressure) ดันส่วนผสมกาวออกมาทางปลายหัวพ่น (Nozzle Oorifice) จึงไม่มีอากาศผสมออกมาส่วนแรงดันที่ใช้กับการพ่นแบบไม่มีอากาศผสมจะใช้แรงดันสูงกว่าประมาณ 4.14-5.52 เมกกะปาสคาล ถึง 9.65-10.34 เมกกะปาสคาล สามารถใช้กาวที่มีความหนืดสูงขึ้นได้แต่ก็จะทำให้อัตราความเร็ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการพ่น ลดลง ขนาดของละอองกาวในการพ่นแบบไม่มีอากาศผสมนี้ ขึ้นอยู่กับการออกแบบหัวพ่น ความหนืดของส่วนผสมกาวและแรงดันที่ใช้

ปัจจัยที่ต้องพิจารณาในระบบการพ่นกาวมีอยู่ 2 ปัจจัย ได้แก่ ความละเอียดของละอองกาวและการเลือกช่วงเวลาที่เหมาะสมในการใช้ วิธีการพ่นกาวต้องออกแบบให้เหมาะสมสัมพันธ์กับเครื่องผสมจึงจะทำให้การกระจายกาวไปบนชิ้นไม้ได้สม่ำเสมอ หัวพ่นกาวของแต่ละวิธีในแต่ละเครื่องผสมต้องจัดเตรียมให้มีจำนวนเพียงพอเพื่อให้สามารถกระจายไปได้ทั่วชิ้นไม้ และจะต้องสะดวกง่ายต่อการเปลี่ยนหัวใหม่ในกรณีที่เกิดการอุดตันทันที

เครื่องผสมที่ใช้กับระบบการผสมด้วยละอองกาว ในอุตสาหกรรมแผ่นปาร์ติเกิล แบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือ เครื่องผสมที่ใช้เวลาในการผสมนาน (Long-Retention Time) และเครื่องผสมที่ใช้เวลาในการผสมสั้น (Short-Retention Time) เครื่องผสมแบบแรกใช้เวลาในการผสมเป็นนาทีๆ และมีขนาดใหญ่ ส่วนแบบหลังใช้เวลาเป็นวินาที และมีขนาดเล็ก การเลือกใช้ชนิดของเครื่องผสมขึ้นอยู่กับเงินลงทุน และลักษณะของสายการผลิต ส่วนใหญ่เครื่องผสมแบบใช้เวลาสั้นเหมาะกับสายการผลิตแบบต่อเนื่องเพราะใช้เวลาในการผสมเร็ว ทุกระบบทั้งการพ่นและการหมุนหรือกวนภายในเครื่องต้องใช้อัตราความเร็วที่สูงกว่าแบบใช้เวลาผสมนานเพื่อให้ชิ้นไม้และส่วนผสมกาวสามารถกระจายได้ทั่วถึง ดังนั้นการควบคุมเครื่องรวมทั้งการใช้กาวและสารเติมแต่งอื่น จึงต้องให้ความเอาใจใส่เป็นอย่างดี สำหรับเครื่องผสมแบบใช้เวลาในการผสมนานยิ่งใช้เวลาผสมนานและละอองกาวยิ่งมีความละเอียดมาก จะทำให้การผสมมีประสิทธิภาพมากขึ้น

2.3.6.5 การเตรียมแผ่นก่อนอัด (Mat Formation) เป็นกรรมวิธีการโรยชิ้นไม้ที่ผ่านการผสมกาวและสารอื่นๆ แล้ว ลงบนสายพานยาวที่เคลื่อนที่ไปอย่างต่อเนื่อง เครื่องโรยชิ้นไม้ที่มีอุปกรณ์ที่ทันสมัยและความเที่ยงตรงมากขึ้น ส่งผลให้การโรยเกิดความสม่ำเสมอและมีความผันผวนของความหนาแน่นภายในแผ่นน้อยกว่าเครื่องรุ่นก่อนๆ วิธีโรยชิ้นไม้เป็นแผ่น ส่วนใหญ่จะเป็นการปฏิบัติงานอย่างอัตโนมัติทั้งระบบ โดยชิ้นไม้จะตกลงมาจากที่โรยแผ่นเป็นม่านชิ้นไม้อยู่บนสายพานยาวซึ่งเคลื่อนที่ไปอย่างต่อเนื่อง โดยทั่วไปการใช้เครื่องโรยชิ้นไม้จะมีมากกว่า 1 เครื่อง เพื่อทำแผ่นเตรียมอัดให้ได้ความหนาตามต้องการ เนื่องจากเครื่องโรยชิ้นไม้หลายเครื่องจะทำให้แผ่นเตรียมอัดมีความสม่ำเสมอมากกว่า เพราะและเครื่องโรยชิ้นไม้จะโรยม่านชิ้นไม้ที่ละน้อย นอกจากนี้การใช้เครื่องโรยชิ้นไม้หลายเครื่อง ยังสามารถทำแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดชนิดชั้นได้ด้วย โดยมีชิ้นไม้ขนาดใหญ่กว่าเป็นชิ้นไส้ และใช้ชิ้นไม้ขนาดเล็กเป็นชั้นผิวความเที่ยงตรงและความสม่ำเสมอในการโรยชิ้นไม้เป็นขั้นตอนที่สำคัญอย่างมากในการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ด หากทำแผ่นเตรียมอัดแล้วเกิดความผันผวนของความหนาแน่นในแผ่น จะไม่สามารถแก้ไขได้เลย และจะส่งผลเสียให้เกิดขึ้นกับแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดที่อัดเสร็จแล้ว การเคลื่อนที่ของสายพานและการไหลของม่านชิ้นไม้ จะต้องปรับให้เข้ากันเพื่อให้ชิ้นไม้ตกกระทบบนสายพาน สร้างเป็นแผ่นที่มีความหนาแน่นตามต้องการหลังจากทำการอัดในขั้นตอนการอัดต่อไป การเปลี่ยนชนิดไม้ การเปลี่ยน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขนาดของชิ้นไม้ และการเปลี่ยนแปลงความชื้นในไม้ ควรที่จะได้รับการพิจารณาศึกษาให้ดีเสียก่อนเพื่อใช้ในการปรับค่าต่างๆ ที่ใช้ในการโรยแผ่น ให้เกิดความเหมาะสมกัน เพื่อจะได้แผ่นที่มีความสม่ำเสมอกันดี

ดังได้กล่าวไปแล้วในตอนต้นว่า แผ่นปาร์ติเกิลสารถแบ่งออกได้เป็น 3 ประเภท ตามการกระจายตัวของขนาดชิ้นไม้ทางด้านความหนา คือ

1. ประเภทขนาดเดียวกันหรือชั้นเดียว (Homogeneous) เป็นแผ่นปาร์ติเกิลที่ใช้ชิ้นไม้ทุกขนาดกระจายไปทั่วทั้งแผ่นเท่าๆ กัน

2. ประเภทชั้น (Layered) ส่วนใหญ่เป็นแบบ 3 ชั้น โดยมีชิ้นไม้ขนาดใหญ่กว่าอยู่ชั้นไส้และใช้ชิ้นไม้ขนาดเล็กกว่าเป็นชั้นผิวหน้า

3. ประเภทลดหลั่น (Graduated) เป็นแผ่นปาร์ตเกิลบอร์ดที่ใช้ชิ้นไม้ขนาดใหญ่อยู่ในชั้นไส้ โดยมีชิ้นไม้ขนาดเล็กรองลงไปเรียงลดหลั่นกันออกมายังผิวหน้า ชิ้นไม้ที่ใช้เป็นผิวหน้าของแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดประเภทชั้นและลดหลั่นนั้น โดยปกติใช้ปริมาณกาวเทียบเป็นน้ำหนักที่สูงว่าชิ้นไม้ขนาดใหญ่กว่าที่ใช้ทำไส้ ข้อดีของการใช้ขนาดเล็กทำชั้นผิวหน้า คือให้ผิวที่เรียบกว่า จึงง่ายต่อการตกแต่งผิวหน้าได้ดีกว่าผิวหน้าที่หยาบจากการใช้ชิ้นไม้ขนาดใหญ่

แผ่นเตรียมอัดประเภทชั้นเดียว เป็นการโรยชิ้นไม้ที่คละขนาดให้ตกลงบนสายพนที่เคลื่อนที่ไปอย่างต่อเนื่อง โดยไม่มีการแยกขนาดชิ้นไม้ เครื่องโรยชิ้นไม้แต่ละเครื่อง ก็จะถูกใช้ในการโรยชิ้นไม้ให้มีความหนาเท่ากับแผ่นเตรียมอัดได้เลย แต่กรณีของการผลิตแผ่นเตรียมอัดแบบชั้นจะใช้เครื่องโรยชิ้นไม้ขนาดเล็กและเครื่องโรยชิ้นไม้ขนาดใหญ่แยกกัน ระบบกาผสมชิ้นไม้กับกาวและการเคลื่อนย้ายชิ้นไม้ ก็ต้องมี 2 ระบบแยกกันสำหรับชิ้นไม้ขนาดใหญ่และเล็ก เพื่อใช้ในการควบคุมระดับปริมาณกาวในแต่ละชิ้น แต่ก็ต้องลงทุนชิ้นแรกในการก่อสร้างโรงงานที่สูงกว่า

2.3.6.6 กรรมวิธีการอัด (Pressing Operation) การทำให้แผ่นเตรียมอัดแข็งตัวขึ้นและการเกิดปฏิกิริยาโพลีเมอไรซ์เซชั่นของกาวเพื่อผลิตเป็นแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ด จะอยู่ในขั้นตอนของการอัดร้อน แผ่นเตรียมอัดจะถูกบีบอัดจนได้ความหนาตามต้องการ ขณะเดียวกันกาวที่อยู่บนผิวของชิ้นไมเก็จะเกิดการโพลีเมอร์ไรซ์และเชื่อมยึดชิ้นไม้กับชิ้นไม้ไว้จนดีแล้ว แผ่นที่ได้ก็จะถูกนำออกจากการอัด ทำให้เย็น และส่งไปยังขั้นตอนการตกแต่งต่อไป

กรรมวิธีการอัด เป็นขั้นตอนที่สำคัญอย่างมากและขึ้นอยู่กับขบวนการผลิตต่างๆ ที่ผ่านมาแล้วอย่างสูง หากแผ่นเตรียมอัดที่ทำขึ้นมีคุณภาพไม่ดี เมื่อนำไปอัดก็จะได้แผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดสุดท้ายที่มีคุณภาพไม่ดีเช่นกัน ในทำนองเดียวกันหากชิ้นไม้ที่ทำการผสมกับกาว แต่ได้รับกาวในปริมาณน้อยไม่เพียงพอต่อการเชื่อมยึดเหนี่ยวกับชิ้นไม้ ซึ่งอาจมีสาเหตุจากการผสมที่ไม่ดี หรือในกรณีที่ขั้นตอนการอบที่ไม่ดี ชิ้นไม้มีความชื้นมากเกินไป แผ่นเตรียมอัดซึ่งเตรียมขึ้นจากชิ้นไม้ที่มีปัญหาเหล่านี้ หากนำไปเข้าขั้นตอนการอัดต่อไป ย่อมได้แผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดสุดท้ายที่มีคุณภาพต่ำ ขั้นตอนการอัดเป็นขั้นตอนที่ใช้เครื่องมือที่แพงที่สุดในการตั้งโรงงานผลิตแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และเป็นขั้นตอนที่ควบคุมกำลังผลิตของผลิตภัณฑ์ที่ออกจากโรงงาน โดยพิจารณาจากระยะเวลาในการอัด สภาวะในการอัดที่เหมาะสมมีประสิทธิภาพและใช้ระยะเวลาในการอัดที่สั้นที่สุด เร็วที่สุด ย่อมส่งผลดีต่อโรงงานเป็นการเพิ่มกำลังผลิตให้แก่โรงงานได้ นอกจากนี้คุณสมบัติของแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดทางกลและกายสมบัติที่ดี ยังขึ้นอยู่กับกรรมวิธีการอัดอีกด้วย ดังนั้นสภาวะในการอัดที่ศึกษาและพัฒนาจนดีแล้วเป็นสิ่งที่จะต้องทำความเข้าใจ และใช้ให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด

ในขั้นตอนการอัดนี้ มีหลายปัจจัยด้วยกันที่เกี่ยวข้องและต้องนำมาพิจารณาเพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมที่สุดในการอัดเพื่อให้ได้แผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดที่มีคุณภาพ ขณะเดียวกันก็จะต้องเป็นสภาวะที่ทำให้การผลิตของโรงงานเกิดประสิทธิภาพสูงสุด เช้นใช้ระยะเวลาในการอัดที่สั้นที่สุดเท่าที่จะทำได้ เป็นต้น ปัจจัยเหล่านี้ ได้แก่ ชนิดของคะตะลิสต์และกาว อุณหภูมิในการอัด ชนิดไม้และรูปร่างของชิ้นไม้ ระดับความชื้นและการกระจายความชื้นของแผ่นเตรียมอัด การถ่ายเทความร้อนภายในแผ่นระหว่างอัด ระยะเวลาในการอัดและลักษณะการกระจายความหนาแน่นของแผ่นทางด้านหน้าตัด และการแข็งตัวก่อนหรือหลังการอัดของกาว

กาวอะมิโนเรซิน มีอัตราความเร็วในการแข็งตัวเร็วกว่ากาวฟีโนลิค ดังนั้นกาวฟีโนลิคจึงจำเป็นต้องใช้ระยะเวลาในการอัดที่ช้ากว่า อุณหภูมิในการอัดของกาวฟีโนลิคใช้อยู่ในช่วง 182°ซ.-204°ซ. ส่วนกาวอะมิโน เช่น กาวยูเรียใช้อุณหภูมิในการอัดราว 143°ซ. ชนิดไม้และรูปร่างของชิ้นไม้ก็เป็นปัจจัยสำคัญปัจจัยหนึ่งที่ทำให้แผ่นเกิดการแข็งตัว ชนิดไม้ที่ง่ายต่อการอัดใช้แรงอัดซึ่งทำให้แข็งตัวที่ต่ำกว่าชนิดไม้ที่ยากต่อการอัด เมื่อพิจารณาความหนาแน่นของแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดที่ได้อย่างเป็นสัดส่วนกันชิ้นไม้ที่ใหญ่กว่า จำเป็นต้องใช้แรงอัดที่สูงกว่าชิ้นไม้ที่เล็กกว่าเพื่อบีบให้ชิ้นไม้ไปชนกับชิ้นไม้อื่น การใช้ชิ้นไม้ที่ได้จากไม้ที่มีความถ่วงจำเพาะสูงจึงเป็นการยากที่จะอัดให้ได้ผิวหน้าของแผ่นเรียบสวย ย่อมมีช่องว่างมากกว่าชิ้นไม้ที่ได้จากไม้ที่มีความถ่วงจำเพาะต่ำกว่า

ปริมาณความชื้นของแผ่นเตรียมอัดที่จะเข้าทำการอัดร้อน เป็นสิ่งสำคัญต่อการอัดอย่างมาก ความชื้นที่มากเกินไปจะไปขัดขวางการยึดเหนี่ยวกันของชิ้นไม้ 2 ชิ้น ให้ช้าลง แผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดส่วนใหญ่จะเชื่อมยึดกันที่ปริมาณความชื้นระหว่าง 2% ถึง 18% ที่ปริมาณความชื้นสูงๆ ก็ต้องใช้ระยะเวลาในการอัดที่นานขึ้น และที่ปริมาณความชื้นระดับต่ำๆ ก็มีปัญหาที่ยากต่อการอัดให้ได้ความหนาของแผ่นตามความต้องการ ปริมาณความชื้นของแผ่นที่ใช้ในการอัดอยู่ในช่วงระหว่าง 7% ถึง 16% ขึ้นอยู่กับการผลิตในแต่ละโรงงาน สำหรับการอัดแบบช่องอัดเดียวที่มีขนาดใหญ่ต้องการการอัดที่ใช้เวลาสั้นเพื่อให้คุ้มค่ากับการลงทุน ปริมาณความชื้นของแผ่นเตรียมอัดจึงต้องพยายามควบคุมให้อยู่ในราว 7-10%

ลักษณะการกระจายความหนาแน่นลดหลั่นทางด้านหน้าตัด เป็นปัจจัยที่สำคัญอีกปัจจัยหนึ่งที่มีผลกระทบต่อคุณสมบัติของแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ด ลักษณะการกระจายความหนาแน่นทางด้านหน้าตัดของแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดที่ผลิตส่วนใหญ่มีลักษณะที่ความหนาแน่นของผิวมีสูงกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความหนาแน่นในชั้นไส้ ดังนั้นคุณสมบัติของแผ่นในลักษณะนี้จึงจะให้คุณสมบัติทางด้านแรงดัดและความแข็งตึงที่สูงขึ้น แต่แรงเหนี่ยวภายในจะลดลง แผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดที่มีคุณสมบัติข้างต้นนี้เกิดจากการใช้ระยะเวลาในการปิดแท่นอัดที่เร็วเกินไปเป็นสาเหตุหนึ่ง การปรับปรุงอาจกระทำโดยการยืดระยะเวลาในการอัดให้ช่วงลง นอกจากนี้การใช้อุณหภูมิในการอัดที่สูงขึ้นก็ช่วยเพิ่มความหนาแน่นชั้นไส้ขึ้นได้แต่ก็ทำให้ความหนาแน่นชั้นผิวลดลงได้ เนื่องจากความร้อนจะเคลื่อนเข้าสู่ชั้นไส้ได้เร็วขึ้น

ผิวหน้าของแผ่นเตรียมอัดจะได้รับความร้อนอย่างรวดเร็วให้มีอุณหภูมิเท่ากับแท่นอัดขณะอัดร้อน น้ำอยู่ในชิ้นไม้ที่ผิวหน้าของแผ่นจะกลายไปเป็นไอและเคลื่อนย้ายไปยังบริเวณที่เย็นกว่าของแผ่น ซึ่งก็คือชิ้นไม้บริเวณชั้นไส้ของแผ่นทำให้อุณหภูมิของแผ่นเพิ่มขึ้นเร็วกว่าการรับความร้อนจากแท่นอัดผ่านมายังไม้ธรรมดา อย่างไรก็ตามการอัดก็มักจะอัดแผ่นจนได้รับความหนาที่กำหนด ก่อนที่แผ่นจะได้รับความร้อนอย่างสมบูรณ์ อีกทั้งความแข็งแรงในการต้านแรงอัดของไม้ก็ต่ำลงอย่างมากเมื่ออุณหภูมิของไม้สูงขึ้น ดังนั้นเมื่อแผ่นถูกอัดในขณะอัดร้อน บริเวณผิวหน้าของแผ่นจะได้รับความร้อนก่อนเท่านั้น ทำให้ไม้ที่ร้อนบริเวณผิวหน้านั้นถูกกดอัดจนเสียรูป ในลักษณะเช่นนี้แผ่นจะถูกอัดจนได้ความหนาตามต้องการ ก่อนที่ความร้อนจะถึงชั้นไส้ของแผ่น จึงทำให้เกิดความลดหลั่นของความหนาแน่นทางด้านแนวตั้ง ในทิศทางด้านความหนาแน่นของแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดที่อัดในแนวราบนี้ ความหนาแน่นของแผ่นปาร์ติเกิลโดยเฉลี่ยที่ผลิตได้จึงเป็นค่าเฉลี่ยของความหนาแน่นที่สูงในบริเวณชั้นผิว และความหนาแน่นที่ต่ำในบริเวณชั้นไส้ของแผ่น ความหนาแน่นที่ต่ำในชั้นไส้จากความแตกต่างความหนาแน่นนี้เป็นผลให้ความแข็งแรงด้านยืดเหนี่ยวตะปูและความต้านทานแรงเฉือนและความแข็งแรงด้านแรงดึงในบริเวณชั้นไส้ลดต่ำลงความลดหลั่นของความหนาแน่นทางด้านแนวตั้งของแผ่นจะแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับการปรับอัตราความเร็วในการเคลื่อนปิดของแท่นอัด แต่อย่างไรก็ตามการใช้ระยะเวลาในการปิดแท่นอัดนานเกินไปอาจเกิดผลเสียทำให้กาวบนชิ้นไม้บริเวณชั้นผิวหน้าของแผ่นแข็งตัวก่อนที่จะเกิดการติดกันระหว่างชิ้นไม้อย่างเพียงพอ ลักษณะเช่นนี้มักจะเรียกว่าชั้นผิวหน้าเกิดการแข็งตัวก่อน

ความชื้นที่เคลื่อนย้ายไปยังชั้นไส้ของแผ่นมักจะก่อให้เกิดปัญหาความลำบากในแผ่นปาร์ติเกิลแบบอัดร้อนนี้ ความชื้นจะระเหยจากชั้นผิวของทั้ง 2 ด้านและเคลื่อนย้ายต่อไปยังชั้นไส้ ขณะที่อุณหภูมิเพิ่มขึ้นจากชั้นผิวหน้าไปยังชั้นไส้ อย่างไรก็ตามในท้ายสุดอุณหภูมิของชั้นไส้ ก็จะเพิ่มสูงเกินกว่า 100° ซ. ซึ่งก็จะเปลี่ยนให้น้ำกลายเป็นไอน้ำ ซึ่งไอน้ำนี้ก็จะต้องพยายามหนีออกจากแผ่นระหว่างการอัด หากระยะเวลาการอัดนานไม่เพียงพอให้ไอน้ำหนีออกไป แผ่นก็จะเกิดการแยกชั้นอันเนื่องจากการอัดร้อนถูกเปิดและไอน้ำจำนวนนี้จะพุ่งออกมาอย่างรวดเร็ว นอกจากนี้น้ำยังขัดขวางการเกิดปฏิกิริยาโพลีเมอไรเซชันแบบควบแน่นของกาว จำกัดอัตราความเร็วในการแข็งตัวและทำให้ระยะเวลาการอัดยาวนานขึ้น เพราะฉะนั้นนอกจากความชื้นในแผ่นเตรียมอัดจะช่วยให้ความร้อนถ่ายเทไปยังชั้นไส้ได้ แต่ก็เป็นผลให้จำกัดการแข็งตัวของกาว และยังเป็นแหล่งที่มี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ศักยภาพทำให้เกิดการแยกชั้น บริเวณตรงกลางของแผ่นได้ด้วย การปรับให้ความชื้นของแผ่นเตรียมอัดให้สมดุลเหมาะสมสามารถทำได้ ขึ้นอยู่กับการผลิตของแต่ละโรงงานที่ต้องคำนึงถึงขนาดของชิ้นไม้และชนิดไม้ของชิ้นไม้ เทคนิคที่นิยมใช้โดยทั่วไปวิธีหนึ่ง คือการทำให้แผ่นเตรียมอัดมีการกระจายความชื้นที่ไม่สม่ำเสมอเท่ากันทั่วแผ่น โดยทำให้ความชื้นของชั้นผิวหน้าของแผ่นสูงๆ เพื่อให้ช่วยหาความร้อนไปยังชั้นไส้ แต่ก็ต้องลดความชื้นของชั้นไส้ของแผ่นก่อนอัดให้ต่ำๆ ไว้ เพื่อจะทำให้ระยะเวลาการอัดสั้นที่สุด

ที่กล่าวนำไปทั้งหมดนี้ ได้แสดงให้เห็นถึงข้อพิจารณาที่สำคัญและควรระมัดระวังสำหรับใช้ในขั้นตอนการอัดร้อน รายละเอียดของปัจจัยสำคัญที่เกี่ยวข้องจะได้รายงานเป็นหัวข้อตามลำดับต่อไปนี้

1. ปริมาณความชื้นและการกระจายความชื้นในแผ่นเตรียมอัด ความชื้นภายในแผ่นเตรียมอัดเป็นปัจจัยที่สำคัญที่สุด ที่การอัดร้อนต้องคำนึงถึงก่อนเสมอ เนื่องจากเป็นตัวแปรหลักเพื่อใช้พิจารณาเลือกสภาวะในกรรมวิธีการอัดที่เหมาะสม โดยมีสองตัวแปรหลักที่มีผลกระทบต่อคุณสมบัติของแผ่นบอร์ดที่ได้ (เมื่อพิจารณาให้สภาวะปัจจัยอื่นคงที่ เช่น ปริมาณของเรซิน, ระยะเวลาอัด, อุณหภูมิที่ใช้อัด, ฯลฯ) คือปริมาณของความชื้นและการกระจายของความชื้น ปริมาณความชื้นของแผ่นเตรียมอัดในขณะอัดร้อนมาจาก 3 แหล่งด้วยกันคือ

- ความชื้นที่มีอยู่ในชิ้นไม้ภายหลังการอบแห้งที่ใช้ผสมกับกาวเรซิน ซึ่งขึ้นกับแต่ละกระบวนการผลิต โดยปกติประมาณ 2-5% ของน้ำหนักชิ้นไม้ที่อบแห้ง แต่สามารถใช้ชิ้นไม้ที่มีระดับความชื้นสูงกว่านี้ได้ในกรณีใช้กาวผง

- น้ำที่ใช้ในการละลายกาวเรซินซึมเข้าสู่ชิ้นไม้ โดยทั่วไปกาวประเภทยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์จะใช้ที่ปริมาณของแข็งประมาณ 65% ซึ่งในการผลิตจริงอาจใช้ที่ระดับนี้หรือเพื่อให้สามารถสเปรย์ได้ง่ายขึ้นอาจจะเจือจางให้ต่ำลงเหลือเพียง 55-60% ส่วนกาวประเภทฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์สามารถใช้งานได้ที่หลายระดับปริมาณของแข็ง เช่น ที่ระดับปริมาณของแข็ง 20-25% ใช้ในการผลิตฮาร์ดบอร์ดแบบการผลิตแบบแห้งทั้งนี้เพื่อให้กาวเรซินสามารถกระจายตัวไดเดีเนื่องจากปกติการใช้กาวฟีนอลจะผสมในช่วงบด จึงทำให้ความชื้นที่มากเกินไประเหยแกไปในขณะอบแห้งได้ แต่ในการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดฟีนอล-ฟอร์มัลดีไฮด์ที่ใช้จะมีปริมาณของแข็ง 40% นั้นคืออีก 60% ที่เหลือก็คือน้ำ ดังนั้นในหลายๆ กรณีน้ำส่วนเกินนี้จึงทำให้ความชื้นของแผ่นเตรียมอัดที่ได้เพิ่มขึ้นมากกว่า 10-11% ซึ่งทำให้ผู้ผลิตต้องหันไปใช้กาวเรซินที่มีปริมาณของแข็งสูงกว่า เนื่องจากการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลไม่มีการอบแผ่นบอร์ดสำเร็จ ดังนั้นสิ่งนี้จึงเป็นตัวจำกัดการเพิ่มปริมาณเรซินให้กับชิ้นไม้ อย่างไรก็ตามเมื่อเร็วๆ นี้ได้มีการผลิตฟีนอล-ฟอร์มัลดีไฮด์เรซินแบบใหม่นี้ขึ้นมา เรซินแบบใหม่นี้มีปริมาณของแข็งประมาณ 53% ของแข็งดังกล่าวไม่ใช่ฟีนอลิคทั้งหมด แต่ประกอบด้วยสารเติมแต่งอื่นๆ ด้วย ซึ่งใช้เพื่อทำให้ความชื้นของเรซินลดลงและเติมเพื่อให้เก็บรักษาได้ยาวนานขึ้นและให้แข็งตัวได้เร็วขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจากว่าแรงดันไอมีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิ จึงมีความจำเป็นที่จะต้องคำนึงถึงอุณหภูมิภายในแกนกลางที่ต่ำซึ่งการอัดในภาวะปกติไม่ได้ก่อให้เกิดแรงดันไอที่สูงมากนัก ที่ 100 °ซ. พบว่าแรงดันไอมีค่าเท่ากับแรงดันบรรยากาศ หากอุณหภูมิของแกนกลางเพิ่มสูงขึ้นแรงดันไอจะเพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว ถ้าอุณหภูมิของแกนกลางสูงมากกว่า 149 °ซ. มีความจำเป็นที่จะต้องปล่อยให้เวลาอัดนานพอเพียงที่จะทำให้ความชื้นแทรกผ่านออกมาทางขอบเพื่อป้องกันการบวมตัวได้ ตัวอย่างเช่น แรงดันไอที่อุณหภูมิ 149 °ซ. คือ 462 kPa ส่วนแรงดันไอที่อุณหภูมิ 177 °ซ. คือ 938 kPa แต่การปล่อยให้เวลาอัดนานไปก็กลับเป็นผลให้ยิ่งเกิดการพุ่งระเบิด จนแผ่นบวมเสียหายได้เช่นกันเนื่องจากแผ่นได้รับความร้อนสูงขึ้นจึงทำให้ความดันไอเพิ่มมากขึ้น และมีค่ามากกว่าแรงยึดเหนี่ยวภายในของแผ่นที่ยังร้อนอยู่ ดังนั้นการเพิ่มเวลาอัดจึงมีความจำเป็นเพื่อให้แรงดันไอถูกระบายออกไปก่อนที่แผ่นจะถูกนำออกไปจากแท่นอัดโดยไม่เกิดการบวม

มักจะมีความสับสนเสมอกับความหมายและสาเหตุของการเกิด ระหว่างคำว่าการหลุดล่อน (Delamination) กับคำว่าบวม (Blows) การหลุดล่อน คือ การแยกออกจากกันของชิ้นไม้ที่แกนกลางของแผ่นบอร์ด สิ่งนี้สามารถเกิดได้จากสาเหตุที่อุณหภูมิของแท่นอัดที่ต่ำ ระยะเวลาในการเกิดปฏิกิริยาแข็งตัวของกาวน้อย ความดันไม่เพียงพอ ปริมาณกาวน้อยไป หรือทุกสาเหตุรวมกัน สาเหตุเหล่านี้จะทำให้เกิดการคืนตัวกลับของแผ่น ส่งผลให้ความหนาของแผ่นภายหลังการอัดมีค่ามากกว่าขณะที่อยู่ในเครื่องอัด แผ่นบอร์ดยังคงยึดติดกันแต่การยึดติดนั้นไม่ดีนัก ส่วนการบวมเกิดจากการที่ความดันของไอมีค่ามากกว่าแรงยึดเหนี่ยวภายในชิ้นงาน โดยปกติการบวมจะเกิดบริเวณใกล้ๆ ศูนย์กลางของชิ้นงานเพราะเป็นบริเวณที่แข็งแรงน้องที่สุด บางแห่งเรียกการบวมว่าการพอง เพราะเป็นลักษณะการปูดโปนที่ผิวของแผ่นบอร์ด

3. ระยะเวลาปิดอัด ความดัน และความหนาแน่นลดหลั่นทางความหนา (Press Closing Time, Pressure, and Density Profile) ระยะเวลาในการปิดอัดเป็นปัจจัยที่สำคัญอย่างยิ่งที่มีผลต่อสมบัติของแผ่นบอร์ด และการปิดอัดมีความสัมพันธ์กับปริมาณความชื้นเช่นเดียวกับปัจจัยอื่นๆ ระยะเวลาปิดอัด คือ ระยะเวลาที่ใช้ในการอัดแผ่นเตรียมอัดจนกระทั่งได้ความหนาที่ต้องการโดยที่ผิวของแท่นอัดสัมผัสกับผิวของแผ่นเตรียมอัดพอดี ส่วนความหนาแน่นลดหลั่นทางความหนาของแผ่นหมายถึง ลักษณะของความหนาแน่นที่แตกต่างกันภายในแผ่นทางด้านความหนาจากผิวหน้าหนึ่งผ่านแกนกลางถึงผิวอีกหน้าหนึ่ง ซึ่งมีได้หลายแบบ สาเหตุมาจากความไม่สม่ำเสมอของความร้อน ความดัน และปริมาณความชื้น ที่แต่ละบริเวณได้รับไม่เท่ากันในเวลาต่างกัน ปรากฏการณ์ดังกล่าวนี้ควรหลีกเลี่ยงเนื่องจากส่งผลถึงสมบัติของแผ่นบอร์ดและอาจทำให้เกิดการบิดงอขึ้นได้เมื่อมีความไม่สมดุลย์ขึ้น บางครั้งมีการใช้คำที่มีความหมายเช่นเดียวกับความหนาแน่นลดหลั่นทางความหนา คือ ความหนาแน่นระหว่างชั้น หรือกล่าวง่ายๆ คือ ความหนาแน่นระหว่างชั้นต่างๆ ในแผ่นบอร์ด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความหนาแน่นลดหลั่นทางความหนา สามารถปรับปรุงได้โดยการอัดก่อนอัดจริง การอัดก่อนอัดจริงให้ได้ความหนาตามที่ต้องการจะช่วยขจัดความไม่แน่นอนของความหนาแน่นตลอดความหนาของแผ่นได้ การทำแบบนี้ต้องใช้ความดันสูงและมีบางงานวิจัยที่แสดงให้เห็นว่าสามารถลดผลกระทบที่มีต่อสมบัติของแผ่นบอร์ดได้โดยการอัดก่อนอัดจริงแบบเย็นและใช้ความดันสูง นอกจากนี้ยังช่วยลดระยะเวลาการอัดให้น้อยลงได้ เช่น กรณีการใช้การอัดแบบช่องเปิดเดียวที่ความหนาของแผ่น 16 มม. สามารถทำให้แผ่นแข็งตัวแน่นได้ภายใน 13 วินาที และสามารถใช้เวลาในการอัดจนถึงแรงดัน 3.45 MPa เพียง 8 วินาที เท่านั้น

การอัดแผ่นโดยทั่วไปที่ใช้แท่งโลหะกำหนดความหนาของแผ่นบอร์ดวางข้างแผ่นเตรียมอัดบนแท่งอัด ซึ่งเรียกว่าตัวหยุดนั้น ถ้าแรงดันที่ใช้อัดยังคงรักษาไว้ในระดับเดียวกับที่ใช้ปิดอัด จะพบว่าความดันมหาศาลจะเกิดขึ้นที่ตัวหยุด ซึ่งอาจทำความเสียหายแก่ระบบหยุดได้ และอาจรวมถึงระบบอัด ดังนั้นหากมีระบบหยุดความดันควรต้องถูกลดระดับลงในช่วงหลังของการอัด

ความหนาแน่นลดหลั่นทางความหนา สามารถปรับปรุงได้โดยการใช้ปริมาณความชื้นที่ชั้นผิวหน้าและแกนกลางแตกต่างกัน การเพิ่มความชื้นให้กับผิวหน้าทำได้โดยเพิ่มขั้นตอนการผสมกาว หรืออาจสเปรย์น้ำให้กับผิวหน้าของแผ่นโดยตรง ซึ่งสามารถเพิ่มความหนาแน่นที่ชั้นผิวได้เช่นเดียวกับการใช้เวลาปิดอัดที่เร็ว ส่วนความแตกต่างของความชื้นของทั้งผิวหน้าและแกนกลางในทางกลับกันคือความชื้นชั้นกลางมากกว่าชั้นผิวก็จะให้ผลความหนาแน่นลดหลั่นทางความหนาที่สม่ำเสมอมากกว่า

อุณหภูมิที่ใช้อัดก็มีผลต่อระยะเวลาปิดและมีผลต่อความหนาแน่นลดหลั่นทางความหนาด้วยเช่นกัน อุณหภูมิในการอัดที่สูงจะทำให้ความหนาแน่นของแกนกลางเพิ่มขึ้นและลดความหนาแน่นของผิวหน้าลงเพราะว่าสามารถส่งผ่านความร้อนลงสู่แกนกลางได้เร็วกว่าเดิม นอกจากนี้ยังได้พบว่าคุณภาพของผิวหน้ายังสามารถปรับปรุงได้ โดยการทำการอัดซ้ำทีหลังให้กับแผ่นบอร์ดที่อุณหภูมิประมาณ 371 °ซ. โดยใช้เวลาไม่กี่วินาทีและไม่ต้องใช้แรงดันสูงด้วย

สิ่งที่กล่าวมานี้มีความซับซ้อนและมีหลายปัจจัยเข้ามาเกี่ยวข้อง ชนิดของไม้ก็เป็นปัจจัยหนึ่ง ข้อสำคัญคือต้องควบคุมทุกปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับความหนาแน่นลดหลั่นทางความหนาให้ได้

4. การแข็งตัวก่อนและการแข็งตัวหลังของกาวเรซิน (Precure and Postcure of Resin) การเกิดการแข็งตัวของกาวภายหลัง มักใช้วิธีการกองสุมร้อน เพื่อใช้ให้กาวแข็งตัวได้สมบูรณ์ขึ้น แต่เป็นผลดีต่อแผ่นบอร์ดที่ใช้กาวฟีนอลิค ส่วนแผ่นบอร์ดที่ใช้กาวยูเรียนั้นการกองสุมร้อนกลับเป็นผลร้ายมากกว่าเพราะจะทำให้เกิดการสลายตัวของแนวยึดเหนี่ยวของกาวเนื่องจากการเกิดไฮโดรไลซิส ซึ่งเป็นฟังก์ชันกับอุณหภูมิ ปริมาณความชื้น และเวลา ปรากฏการณ์นี้ส่งผลกระทบอย่างมากต่อแผ่นบอร์ดที่ใช้กาวยูเรียเพราะทำให้แผ่นบอร์ดสูญเสียความแข็งแรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. เครื่องอัดร้อน (Hot Presses) เป็นเครื่องจักรที่มีหน้าที่สำคัญที่สุด ซับซ้อนที่สุด และราคาแพงที่สุด ในสายการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลทั้งหมด เครื่องอัดสามารถแบ่งออกได้ เป็น 2 แบบใหญ่ๆ ได้แก่ แบบแท่น (Platen Presses) และแบบต่อเนื่อง (Continuous Presses) สำหรับเครื่องอัดแบบแท่นมีใช้กันอยู่ 2 ชนิด คือ เครื่องอัดแบบช่องอัดหลายชั้น (Multiple-Opening) และแบบช่องอัดเดียว (Single-opening) การพิจารณาเลือกใช้เครื่องอัดแบบใดควรต้องทราบถึงการทำงานของเครื่องอัดแต่ละแบบเสียก่อน เนื่องจากแต่ละแบบมีข้อดีและข้อเสียที่ไม่เหมือนกัน

โรงงานผลิตแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดเก่าๆ ส่วนใหญ่นิยมใช้การอัดร้อนแบบหลายช่องอัด (Multiple-Opening Hot Presses) ซึ่งจะผลิตแผ่นปาร์ติเกิลหนึ่งแผ่นต่อหนึ่งช่องอัดต่อหนึ่งวงจรอัด โดยมีแท่นป้อน-รับแผ่นเตรียมอัดและแผ่นหลังอัด เป็นพื้นที่คอยรับและป้อนแผ่นเตรียมอัดทั้ง 2 ด้านของเครื่องอัด ซึ่งก็จำเป็นต้องมีแท่นรับป้อนนี้ เป็นจำนวนเท่ากับช่องอัดของเครื่องอัดทั้ง 2 ด้าน เมื่อแท่นป้อนแผ่นเตรียมอัดเข้าไปในช่อง การป้อนก็จะป้อนแผ่นพร้อมกันทุกแท่นไปยังเครื่องอัด เมื่อแผ่นถูกทำการอัดร้อนแล้วจากวงจรอัดที่กำหนดแล้ว ก็จะถูกเคลื่อนที่ออกจากเครื่องอัดมายังแท่นรับแผ่นหลังอัดอีกด้านหนึ่ง ดังนั้นสายการเตรียมแผ่นก่อนอัด จึงต้องทำการโรยชิ้นไม้เป็นแผ่นในอัตราความเร็วที่เหมาะสมที่สามารถผลิตแผ่นก่อนอัดได้เพียงพอต่อแท่นป้อน ซึ่งก็ทำการป้อนแผ่นเตรียมอัดทันทีที่เครื่องอัดเปิด ขั้นตอนการอัดนี้ เป็นขั้นตอนที่ควบคุมกำลังผลิตจากโรงงาน ที่จะสามารถผลิตแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดได้ปริมาณมากน้อยตามต้องการ การทำงานควรเป็นไปในลักษณะต่อเนื่อง จึงไม่ควรนเปิดเครื่องอัดเพื่อรอแผ่นเตรียมอัดไว้นานเพราะจะทำให้กำลังการผลิตลดลงไป ด้วยเหตุนี้โรงงานทั่วไปจึงต้องทำการออกแบบให้สายการเตรียมแผ่นก่อนอัดมีความเร็วที่สอดคล้องกับวงจรอัดร้อนด้วย

ในปัจจุบันเครื่องอัดแบบหลายช่องอัด ที่ใช้ในอุตสาหกรรมแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ด จะทำการอัดพร้อมกัน คือ ช่องอัดทุกช่องจะเปิดพร้อมกัน ที่อัตรความเร็วการปิดเดียวกันในวงจรการอัดร้อนเดียวกัน ในสมัยก่อนการอัดจะอัดจากด้านล่างก่อน แผ่นเตรียมอัดที่อยู่ในช่องอัดล่างสุดจึงใช้เวลาในการอัดร้อนนานกว่าแผ่นที่อยู่ในช่องอัดด้านบนๆ ทำให้แผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดทั้งหมดที่ผลิตได้ในวงจรการอัดร้อนเดียวกัน มีคุณสมบัติไม่เหมือนกันทุกแผ่น เนื่องจากระยะเวลาการอัดในช่องอัดแต่ละช่องต่างกัน การใช้การอัดร้อนแบบอัดพร้อมกันทุกช่องอัด จึงช่วยขจัดปัญหาที่เกิดขึ้นดังกล่าวได้มาก

การควบคุมความหนาของแผ่น มักนิยมใช้แท่งโลหะขนาดความหนาที่ต้องการกำหนดวางไว้ที่ขอบสองด้านของช่องอัดแต่ละช่อง โดยให้แท่งอัดขณะที่อัดอยู่สัมผัสแท่งโลหะพอดีจึงหยุดการอัด อีกวิธีหนึ่งที่นิยม คือการใช้ระบบไฮโดรลิคควบคุมความหนา โดยใช้วาวล์กำหนดตำแหน่งควบคุมความดันของไฮโดรลิคในกระบอกที่ยึดติดกับแท่นอัด ในการควบคุมความกว้างของช่องอัดแต่ละช่องอัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในปัจจุบันได้มีการพัฒนาเครื่องอัดแบบใหม่ๆ ออกมา เพื่อลดปัญหาที่เกิดจากการอัดแบบเก่า ทั้งยังเพิ่มผลผลิตในโรงงานจากการใช้เวลาอัดที่สั้นขึ้น และลดการสูญเสียเศษริมไม้ที่ถูกตัดออกตามขอบ เช่น เครื่องอัดแบบช่องอัดเดียว (Single-Opening Presses) เครื่องอัดแบบต่อเนื่อง (Continuous Presses) และเครื่องอัดแบบพ่นไอน้ำ (Steam-Injection Presses) พร้อมกับการใช้ระบบควบคุมการอัดด้วยคอมพิวเตอร์ ทำให้วงจรการอัดมีประสิทธิภาพและเที่ยงตรงมาก

6. การตกแต่ง (Finishing)

ชนิดและขอบเขตของกรรมวิธีการตกแต่งสำหรับแผ่นปาร์ติเกิล จะถูกกำหนดขึ้นจากเกณฑ์คุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่จะนำไปใช้ประโยชน์ เช่น กรณีการนำแผ่นปาร์ติเกิลไปใช้เป็นแผ่นปูรองพื้น และชั้นดาดฟ้าของบ้านที่โยกย้ายได้ ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่ง่ายเพียงผลิตเป็นแผ่นสี่เหลี่ยมและขัดกระดาษทรายให้ได้ความหนาสม่ำเสมอตามต้องการ ขณะที่แผ่นปาร์ติเกิลเกรดอุตสาหกรรมที่ใช้ในอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์กลับจำเป็นต้องใช้กรรมวิธีตกแต่งที่สลับซับซ้อนขึ้นมากกว่า การทาสีหรือพ่นสีและการประดิษฐ์ลายเสี้ยนปลอมบนผิวหน้าสามารถถูกทำได้โดยตรงไปบนผิวหน้าของแผ่นปาร์ติเกิลขณะที่ไม้บาง วัสดุไวนิลและวัสดุปิดผิวหน้าอื่นๆ จะต้องถูกยึดติดกับแผ่นปาร์ติเกิลโดยการใช้กาวเป็นตัวประสาน ในการทำการตกแต่งนั้น เป้าหมายก็คือ ต้องการผลิตผิวหน้าที่ดึงดูดตา สวยงามและมีความทนทาน โดยใช้ค่าใช้จ่ายต้นทุนที่ต่ำที่สุด วิธีตกแต่งที่กล่าวถึง ณ ที่นี้เป็นวิธีการตกแต่งที่ใช้กันทั่วไปสำหรับแผ่นปาร์ติเกิล

การตกแต่งขอบ (Edge Finishing)

แผ่นปาร์ติเกิลในอุตสาหกรรมส่วนใหญ่ มักผลิตโดยใช้ชิ้นไม้ขนาดใหญ่อยู่ในชั้นไส้และใช้ชิ้นไม้ขนาดเล็กกว่าสำหรับชั้นผิวหน้าเพื่อให้ผิวหน้าเรียบขึ้น การทำแผ่นปาร์ติเกิลประเภทลดหลั่นหรือแบบชั้นแล้วอัดด้วยวิธีแท่นอัดในแนวราบนี้ จะทำให้ได้แผ่นปาร์ติเกิลที่ชั้นไส้มีความหนาแน่นต่ำและเป็นรูพรุน ส่วนชั้นผิวจะมีความหนาแน่นสูงกว่า เป็นผลให้ขอบแผ่นไม่ราบเรียบหรือไม่เป็นแบบเดียวกันจึงไม่มีเครื่องหรือการตกแต่งแล่และลงสี ที่จะทำให้ขอบด้านข้างเป็นแบบเดียวกันได้ แต่ก็มีเทคนิคหลายๆ อย่างที่สามารถใช้ปิดขอบเหล่านี้จนสามารถนำไปใช้เป็นเฟอร์นิเจอร์ โต๊ะ หรือ ชั้นวางของได้อย่างสมบูรณ์ วิธีการที่นิยมใช้ในการตกแต่งขอบ คือ การติดเทป ติดแถบไม้จริง การขึ้นรูปแบบรูปตัวที หรือการเซาะร่องรูปตัววี

การตกแต่งขอบทุกวิธียกเว้นการติดแถบไม้จริงจะกระทำหลังจากการตกแต่งผิวหน้าของแผ่นแล้ว การติดด้วยเทปชนิดไวนิลหรือไม้บางจะติดขอบด้วยกาวโพลีไวนิลอาซีเตต หรือกาว hot melt การขึ้นแบบเป็นพลาสติกจะต้องทำการติดขอบโดยใช้เครื่องจักรที่ไม่สามารถใช้เทปแบบทั่วไปได้ ส่วนที่ยื่นออกมาของขอบพลาสติกจะใช้สอดไส้เข้าไปในร่องของขอบแผ่นอีกอันของแผ่นปาร์ติเกิล

แถบไม้จริง (Lumber Banding) จะประกอบด้วยชิ้นซี่ไม้ (Lumber Strips) ที่ติดกาวประสานกันเป็นแถบ มีความกว้างตั้งแต่ 1/2-2 นิ้ว ตามขอบของแผ่นปาร์ติเกิล โดยปกติชิ้นซี่ไม้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เหล่านี้จะใช้ติดขอบแผ่นปาร์ติเกิล เมื่อแผ่นดังกล่าวต้องการปิดผิวหน้าด้วยแผ่นไม้บางวีเนียร์ แถบไม้จริงเหล่านี้เมื่อตกแต่งขอบเพิ่มเติม หรือติดผิวทับด้วยไม้บางวีเนียร์ จะทำให้แผ่นปาร์ติเกิลที่ตกแต่งขึ้นนี้ดูเหมือนไม้จริง แต่ราคาถูกกว่า การติดกาวของแถบชี่ไม้กับแผ่นปาร์ติเกิล มักใช้กาวโพลีไวนิลอาซีเตต หรือกาวยูเรีย-ฟอร์มัลดีไฮด์ แล้วทำให้แข็งตัวด้วยการใช้ความร้อนกดสัมผัส หรือ ความร้อนจากคลื่นความถี่สูง

การพัฒนาเมื่อเร็วๆ นี้ ในการใช้แผ่นไวนิลปิดขอบแผ่นปาร์ติเกิล คือการติดแผ่นไวนิลโดยการเซาะร่องรูปตัว V การเซาะร่องเป็นรูปตัว V จะกระทำที่ขอบของแผ่นปาร์ติเกิลด้วยเครื่องมือ แล้วนำกาวไปทาในร่องเหล่านี้ และใช้แผ่นฟิล์มไวนิลที่เป็นม้วนห้อยอยู่ โดยมีแผ่นปาร์ติเกิลค่อยๆ เลื่อนพับฟิล์มไวนิลนี้ไปในตัว การตกแต่งขอบด้วยวิธีนี้เป็นผลทำให้แผ่นฟิล์มไวนิลติดกับขอบและมุมของแผ่นปาร์ติเกิลไปอย่างต่อเนื่อง ซึ่งดิมมักจะเกิดการหลุดแยกเสมอ

การตกแต่งผิวหน้า (Surface Finishing)

ผิวหน้าของแผ่นปาร์ติเกิลทั้งหมดจะหยาบและไม่สม่ำเสมอ ความมากน้อยของความหยาบและความไม่สม่ำเสมอของแผ่น ขึ้นอยู่กับขนาดของชิ้นไม้ที่ใช้ทำผิวหน้า เมื่อใช้ขนาดชิ้นไม้ลดลง ทำให้ความหนาแน่นของแผ่นปาร์ติเกิลเพิ่มขึ้น ผิวก็เรียบกว่า ขั้นตอนการตกแต่งก็จะน้อยลง ความมากน้อยของความเรียบของผิวที่ต้องการจะเป็นตัวบ่งบอกถึงวิธีการตกแต่งผิวหน้าว่าจะทำอย่างไร การพิมพ์ลวดลายบนผิวหน้าจะต้องการผิวหน้าที่เรียบกว่าการตกแต่งผิวหน้าโดยการติดไม้บางวีเนียร์ อีกทั้งการเตรียมผิวหน้ารองพื้นก่อนพิมพ์หรือพ่น ก็จะมีความจำเป็นมากกว่าการใช้วีเนียร์

การพิมพ์ลายบนแผ่นเรียบ (Grain Printing on Flat Panels)

การพิมพ์ลายบนผิวแผ่นปาร์ติเกิล เป็นการผลิตที่มีการขยายตัวอย่างรวดเร็ว ขั้นแรกจะต้องมีการเตรียมผิวให้สะอาด แล้วจึงใช้เทคนิคและอุปกรณ์ขั้นสูงในการพิมพ์ การตกแต่งแผ่นปาร์ติเกิล วิธีนี้ซึ่งใช้การพิมพ์สีต่างๆ และความเร็วในสายการผลิตที่เร็วทำให้มีลักษณะคล้ายไม้จริงมากแต่ราคาต้นทุนต่ำกว่าวิธีการตกแต่งอื่น แผ่นปาร์ติเกิลที่พิมพ์ลายนี้ส่วนใหญ่จะใช้งานทางด้านตั้งสำหรับ โต๊ะ ตู้ กล่องเก็บของและอื่นๆ ที่ไม่ต้องการความแข็งทนทานบนผิวหน้ามากนัก คุณภาพของแผ่นที่พิมพ์ลายนี้จะดีได้ จำเป็นต้องควบคุมอย่างใกล้ชิดพิเศษเกี่ยวกับความเรียบของแผ่น และลูกกลิ้งในการพิมพ์ การพิมพ์ลายปลอมส่วนใหญ่จะทำในปริมาณมาก นอกจากนี้สายการตกแต่งแบบอัตโนมัติบนแผ่นเรียบที่ตัดเลื่อยแล้ว จะต้องทำก่อนรวมกันของรายการตกแต่งอื่น

การพิมพ์รูปแบบลวดลายที่เลียนแบบไม้จริง ต้องใช้เครื่องมืออุปกรณ์และเทคนิคหลายขั้นตอน กระบวนการประกอบด้วย การขัด และการอุด ผิวหน้าแผ่นปาร์ติเกิลให้เรียบตามด้วยการลงสารรองพื้นสำหรับสีพื้น และสุดท้ายคือการพิมพ์แบบลาย การตกแต่งสุดท้ายด้วยการเคลือบแน่น ซึ่งรวมอยู่ในขั้นสายการตกแต่งในโรงงงานเฟอร์นิเจอร์ การตกแต่งขอบที่กล่าวไปข้างต้นก็อาจจะทำการพิมพ์ลายที่ขอบด้วยได้อีกวิธีหนึ่ง เมื่อใช้งานแผ่นที่ต้องการโชว์ขอบ หรือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จำเป็นที่ต้องเห็นขอบ ผิวหน้าด้านหลังควรเคลือบหรือฉาบด้วยสารที่มีการซึมซาบ เช่นเดียวกับสารที่ใช้เคลือบผิวด้านบน เพื่อให้โครงสร้างแผ่นเกิดความสมดุลย์ และป้องกันปัญหาการเกิดโค้งตัวและห่อตัวให้น้อยที่สุด การดูแลรักษาและระมัดระวังเครื่องมืออย่างดี รวมทั้งการเตรียมแผ่นเป็นสิ่งที่ควรมอบหมายให้ปฏิบัติอย่างเอาใจใส่เป็นพิเศษ สำหรับการผลิตแผ่นพิมพ์ลายที่มีคุณภาพ

การขัดที่ปราณีตละเอียดละออของแผ่นปาร์ติเกิล เป็นสิ่งจำเป็นสำหรับผิวหน้าให้มีความเรียบและมีความหนาสม่ำเสมอ การขัดให้ได้ความหนาตามต้องการจะใช้กระดาษทรายที่มีขนาดของเม็ดขัด 50-100 กริต แล้วจึงใช้กระดาษทรายที่มีความละเอียดมากขึ้นเพื่อขัดให้ได้ผิวหน้าเรียบตามต้องการต่อไป ขั้นตอนการปฏิบัติเกี่ยวกับการขัดทั้งหมดโดยปกติจะกระทำด้วยหัวขัดหลายๆ หัว ซึ่งจะเพิ่มความละเอียดของกระดาษทรายมากขึ้นๆ จนสุดท้ายเป็นการขัดให้ได้ผิวเรียบ

แผ่นที่ทำการขัดแล้วจะถูกแปรงและดูดด้วยสูญญากาศเพื่อกำจัดพวกฝุ่นและกรวดทรายต่างๆ ออกไป ให้เหลือแต่ชิ้นไม้ที่ละเอียดบนผิวเพื่อทำการตกแต่งต่อไป โดยการอุดปะและการพิมพ์ต่อไป

ขั้นต่อไปเป็นการอุดปะ ซึ่งเป็นการอุดปะด้วยสารที่แข็งมากและมีความหนืดสูงบนช่องว่างหรือส่วนที่เป็นหลุมเป็นบ่อระหว่างชิ้นผิวหน้า โดยใช้ระบบการเคลือบ ถ้าไม่คำนึงขนาดของชิ้นปาร์ติเกิลผิวหน้าและเทคนิคการขัดแล้ว ช่องว่างเล็กๆ ระหว่างชิ้นไม้และหลุมบ่อจะเกิดขึ้นเสมอบนผิวหน้าแผ่นปาร์ติเกิล เนื่องจากเป็นลักษณะโดยธรรมชาติทางโครงสร้างของแผ่นปาร์ติเกิลเอง ตัวอุดจะถูกใช้โดยเครื่องเคลือบที่เป็นลูกกลิ้งกลับทิศทางกัน ซึ่งจอดตัวอุดลงบนช่องว่างเหล่านี้และทำให้ผิวหน้าเรียบมาก เพื่อให้ได้คุณภาพผิวเหมาะสมตรงตามความต้องการสำหรับการพิมพ์ต่อไป ตัวอุดมีการใช้สารอยู่หลายชนิดซึ่งมีคุณสมบัติทางเคมีแตกต่างกัน ผู้ผลิตจะเลือกตัวอุดชนิดไหนนั้นต้องคำนึงถึงเครื่องมืออุปกรณ์ที่ในโรงงานใช้ทำให้แห้งแข็งตัวด้วยว่าเป็นเครื่องมือที่ทำให้แห้งด้วยวิธีไหนด้วย ตัวอุดชนิดโพลีเอสเตอร์ ซึ่งทำให้แข็งตัวด้วยวิธีลำแสงอุลตร้าไวโอเลต (UV) เป็นชนิดหนึ่งที่มีการใช้อย่างกว้างขวาง เนื่องจากให้ความเร็วในการแข็งตัว แต่ก็ต้องใช้แหล่งกำเนิดแสง UV ด้วย ตัวอุดที่ใช้ลำแสงอุลตร้าไวโอเลตทำให้แข็งตัวจะใช้เวลาเพียงแค่ 10-15 วินาที เท่านั้น จึงทำให้เพิ่มอัตราความเร็วในการตกแต่งได้เร็วขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ และยังช่วยลดความยาวของสายการผลิตให้สั้นลงได้ ตัวอุดชนิดไวนิล (Vinyl), โพลียูรีเทน (Polyurethane) และยูเรีย-อัลคีด (Urea-Alkyd) ที่แข็งตัวโดยการให้ความร้อนหรือใช้ลมที่มีความเร็วลมสูงๆ แล้ว ยังต้องใช้เวลาในการแข็งตัวที่นาน การอุดปะครั้งที่สองหลังจากทำการขัดละอียดตัวอุดที่อุดครั้งแรกแล้ว จะส่งผลให้ผิวหน้าเรียบขึ้นอีกและยังช่วยให้การพิมพ์แผ่นปาร์ติเกิลดีขึ้นด้วย

สารเคลือบรองพื้นจะถูกเคลือบลงบนแผ่นปาร์ติเกิลหลังจากการอุดปะแล้ว สารเคลือบรองพื้นนี้โดยทั่วไปเป็นสารแลคเกอร์ หรือไวนิลที่มีรงควัตถุสี ทำหน้าที่เพื่อซ่อนหรือกลบผิวหน้าเดิม และให้มีสีสรรที่สม่ำเสมอตามต้องการ เพื่อทำการพิมพ์ลายเสี้ยนต่อไป การเคลือบสารรองพื้นนี้จะกระทำโดยตัวเคลือบแบบม่านเคลือบ หรือด้วยลูกกลิ้งเคลือบ หากมีรอยเลื่อมหรือ

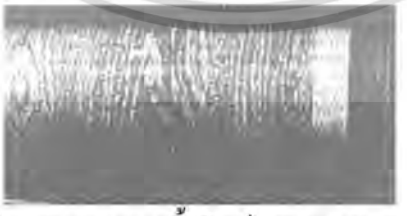
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รอยกระโดดของสารเคลือบรองพื้น ซึ่งอาจเป็นผลจากการใช้ลูกกลิ้งที่เสียรูป หรือแผ่นไม่สม่ำเสมอจะเป็นตำหนิที่ไม่อนุญาติให้มีขึ้นได้เลย ผิวหน้าที่มีหลุมบ่อจากการอุดปะที่ไม่สมบูรณ์ก็จะไม่ถูกเคลือบด้วยสารรองพื้นและจะเกิดเป็นจุดขาวๆ บนแผ่นได้

โดยปกติสารเคลือบรองพื้นจะแข็งตัวในตู้อบร้อนที่ใช้อัตราความเร็วลมสูงๆ หรือใช้ตัวให้ความร้อนแบบอินฟราเรด (Infrared Heater) แต่ก็ควรหลีกเลี่ยงที่ทำให้แผ่นมีอุณหภูมิสูงเกินไป เพื่อป้องกันให้แผ่นปาร์ติเกิลแห้งไป หลังจากนั้นต้องทำการขัดสารเคลือบรองพื้นอย่างละเอียดด้วย เพื่อขจัดจุดสีที่หน้าหรือสารเคลือบที่หนาสูงไป แล้วตามด้วยการแปรงทำความสะอาดพวกฝุ่นละอองต่างๆ ออก

แบบลายเสี้ยนจะถูกพิมพ์บนแผ่นต่อไปด้วยเครื่องพิมพ์ลายหนึ่งหรือ 3 เครื่องในสายการพิมพ์เรียงกันตามยาว แต่ละเครื่องพิมพ์จะมีสีแตกต่างกันเพื่อทำให้ลายเสี้ยนพิมพ์ออกมาให้เหมือนจริง สายการพิมพ์ที่ใช้เครื่องพิมพ์ 3 ตัวจะสามารถผลิตแบบลายได้ 4 สี เนื่องจากสารเคลือบรองพื้นโดยปกติจะเป็นสีหนึ่งที่แตกต่างจากเครื่องพิมพ์

หมึกที่ใช้สำหรับลายเสี้ยนเป็นหมึกแห้ง ซึ่งจะต้องแห้งก่อนเคลือบทับสุดท้าย หมึกแห้งนี้ต้องสามาถเข้ากันได้กับตัวอุด สารเคลือบสองพื้นและสารตกแต่งอื่นที่ใช้ในขบวนการเดียวกัน ลูกกลิ้ง 3 ลูกที่ใช้ในแต่ละเครื่องพิมพ์จะพาหมึกจากถาดหมึกมายังแผ่นปาร์ติเกิล ลูกกลิ้งที่ติดกับถาดหมึกจะพาหมึกจากถาดไปยังลูกกลิ้งที่เป็นแม่พิมพ์ซึ่งมีแบบลายเสี้ยนตามที่ต้องการอยู่ ที่ลูกกลิ้งจะมีใบพายคล้ายใบมีดเพื่อกำจัดหมึกที่มากเกินไปออกจากลูกกลิ้งแม่พิมพ์ออกให้เหลือหมึกอยู่บนแม่พิมพ์เพื่อส่งแบบลายหมึกนี้ออกไปยังลูกกลิ้งยางให้ลูกกลิ้งยางนี้พิมพ์หมึกที่เป็นรูปแบบลงไปยังแผ่น ถ้าต้องใช้เครื่องพิมพ์มากกว่า 1 เครื่อง ทุกเครื่องจะต้องได้จังหวะตรงกันเพื่อให้แน่ใจว่าแบบลายเสี้ยนที่พิมพ์จะได้ผลดี ลูกกลิ้งที่เป็นแม่พิมพ์แต่ละตัวจะต้องมีแบบลายส่วนหนึ่งของแบบลายทั้งหมด และลูกกลิ้งเหล่านี้ต้องหมุนหลีกเป็นลำดับเรียงกันเพื่อผลิตลวดลายที่คล้ายของจริงตามต้องการ



รูปที่ 2.19 ลักษณะของลูกกลิ้งพิมพ์ลาย (An Embossing Roll)

(Courtesy Washington State Univ.)

ที่มา : วรธรรม อุ่นจิตติชัย. 2541, หน้า 134

การตกแต่งขอบและเคลือบอาจจะถูกทำในสายการตกแต่ง แต่โดยทั่วไปจะกระทำในสายการประกอบเฟอร์นิเจอร์และสายการตกแต่ง การจับต้องเคลื่อนย้ายต้องทำอย่างระมัดระวังเพื่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ป้องกันที่ขอบและมุมระหว่างการประกอบเฟอร์นิเจอร์ จึงจะทำให้แผ่นปาร์ติเกิลที่พิมพ์ลายเลียนแบบของไม้จริงให้ผลที่น่าดึงดูดใจและเป็นเฟอร์นิเจอร์ที่ไม่แพง

2.4 มาตรฐานการทดสอบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นชิ้นไม้อัดชนิดอัดราบ (มอก.876-2547)

เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการพัฒนาแผ่นประกอบ ประกอบด้วย

1. ไม้บรรทัดวัดขนาด
2. ไมโครมิเตอร์
3. เครื่องชั่ง
4. เตาอบ
5. เดซิกเคเตอร์
6. เครื่องดึง
7. เครื่องทดสอบวัสดุUMT (Universal Tasting Machine)

การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกลของแผ่นประกอบทดแทนไม้ ใช้วิธีการทดสอบอ้างอิงในมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นชิ้นไม้อัดชนิดอัดราบ (มอก. 876-2547) ดังนี้

2.4.1 ความหนาแน่น

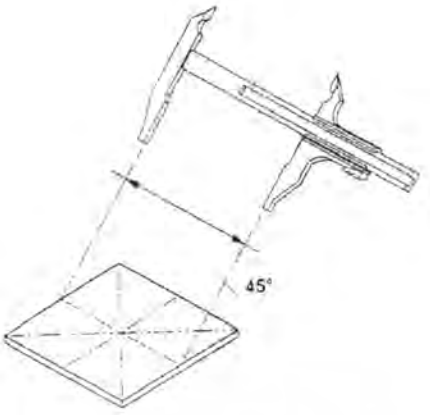
2.4.1.1 เครื่องชั่งที่ละเอียดถึง 0.01 กรัม ชั่งชิ้นทดสอบให้น้ำหนักที่แน่นอนถึง 0.01 กรัม

2.4.1.2 ไมโครมิเตอร์ที่วัดละเอียดถึง 0.05 มิลลิเมตร วัดความกว้างและความยาวของชิ้นทดสอบขนานกับขอบให้ละเอียดถึง 0.05 มิลลิเมตร แล้วหาค่าเฉลี่ย

2.4.1.3 วัดความกว้างและความยาวของชิ้นทดสอบ โดยวางเครื่องมือให้ทำมุมกับแนวของชิ้นทดสอบ ประมาณ 45° แล้วหาค่าเฉลี่ย

รูปที่ 2.20 ตำแหน่งที่วัดความกว้าง ความยาว และความหนาของชิ้นทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.21 แสดงวิธีวัดความกว้าง ความยาวของชิ้นทดสอบ

<u>สูตร</u> ความหนาแน่น กิโลกรัมต่อลูกบาศก์มิลลิเมตร = $\frac{m}{v} \times 10^6$

เมื่อ m คือ มวลของชิ้นทดสอบ เป็น กรัม

v คือ ปริมาตรของชิ้นทดสอบ เป็น ลูกบาศก์มิลลิเมตร

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 จนได้น้ำหนักคงที่ใส่ในเดซิกเคอเตอร์ ปล่อยให้เย็น

2.4.2.3 ชั่งครั้งสุดท้ายให้ทราบค่าที่แน่นอนถึง 0.01 กรัม เป็นน้ำหนักอบแห้ง

<u>สูตร</u> ปริมาณความชื้น ร้อยละ = $\frac{m_1 - m_2}{m_2} \times 100$

เมื่อ m_1 คือ มวลของชิ้นทดสอบก่อนอบ เป็น กรัม

m_2 คือ มวลของชิ้นทดสอบหลังอบแห้ง เป็น กรัม

2.4.3 ความต้านแรงดัด

2.4.4.1 แท่นรองรับ ต้องมีลักษณะเป็นรูปทรงกระบอก มีความยาวไม่น้อยกว่า 75 มิลลิเมตร สามารถปรับเลื่อนระยะได้ในแนวระดับ ให้วางชิ้นทดสอบลงบนแท่งรองรับ ซึ่งมีระยะห่าง 24 เท่าของความหนาระบุของชิ้นทดสอบ ให้ปลายชิ้นทดสอบยื่นออกไปจากจุดที่รองรับประมาณข้างละ 25 มิลลิเมตร เท่าๆ กัน

2.4.4.2 เครื่องกด ให้แรงกดลงบนจุดกึ่งกลางชิ้นทดสอบ โดยมีอัตราเพิ่มแรงกดอย่างสม่ำเสมอจนกระทั่งชิ้นทดสอบหัก ต้องไม่น้อยกว่า 30 วินาที และไม่เกิน 120 วินาที

<u>สูตร</u> $fm = \frac{3 F_{max} l_1}{2 b t^2}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

fm คือ ความต้านแรงดัด เป็นเมกะพาสคัล

F_{max} คือ แรงกดสูงสุดที่ชิ้นทดสอบรับได้ เป็นนิวตัน

l_1 คือ ระยะห่างของแท่งรองรับ เป็นมิลลิเมตร

b คือ ความกว้างที่จุดกึ่งกลางด้านยาวของชิ้นทดสอบ เป็นมิลลิเมตร

t คือ ความหนาที่จุดกึ่งกลางของชิ้นทดสอบ เป็นมิลลิเมตร

2.4.4 ความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า

2.4.4.1 เครื่องดึง Range of Universal Testers โดยการนำชิ้นทดสอบที่เตรียมได้แล้วนี้ไปเข้าเครื่องดึง แล้วทำการดึงให้ชิ้นทดสอบแยกออกจากกัน อัตราการเพิ่มแรงดันต้องเป็นไปอย่างสม่ำเสมอ เวลาที่ใช้ตั้งแต่เริ่มดึงจนกระทั่งชิ้นทดสอบแยกออกจากันต้องไม่น้อยกว่า 30 วินาที และไม่เกิน 120 วินาที

2.4.4.2 แผ่นดึง ติดผิวหน้าทั้งสองของชิ้นทดสอบกับแผ่นดึง โดยใช้กาวสังเคราะห์ที่มีแรงดึงมากกว่าแรงยึดในตัวชิ้นทดสอบ

สูตร 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 แช่ชิ้นทดสอบให้ภาชนะควบคุมอุณหภูมิที่บรรจุน้ำที่นิ่งและสะอาดมีค่าความเป็นกรด-ด่าง 6 ± 1 มีอุณหภูมิ 20 ± 1 องศาเซลเซียส โดยตั้งชิ้นต้องวางห่างกันผนังของภาชนะพอสมควร

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

2.4.5.4 นำชิ้นทดสอบมาชั่งและวัดความหนา ภายใน 10 นาที

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

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนความยึดเหนี่ยวของตะปู(Wood Screw Holding Power) ไม่ได้ทำการทดสอบเนื่องจากความหนาของแผ่นประกอบที่ทดสอบมีค่าความหนาแน่นน้อยกว่า 10 ม.ม.

2.5 กาว

2.5.1 ประเภทของกาว สามารถแบ่งประเภทออกเป็น 2 พวกใหญ่ๆ ได้แก่

2.5.1.1 กาวธรรมชาติ (Natural Glues)

ก. กาวหนังสัตว์และกระดูกสัตว์ กาวชนิดนี้เป็นกาวชนิดแรกที่มนุษย์รู้จักมาตั้งแต่สมัยโบราณ เป็นกาวที่ทำมาจากส่วนหนังและกระดูกสัตว์เนื่องจากมีส่วนประกอบอนินทรีย์เคมีพวก Collagen ผสมอยู่แบ่งออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ กาวหนังสัตว์ทำจากส่วนที่เป็นหนังหูเอ็นหนังกะโหลกและส่วนอื่นๆ ของสัตว์ชนิดต่างๆ และกาวกระดูกสัตว์เป็นกาวที่มีคุณภาพต่ำกว่ากาวหนังสัตว์ เนื่องจากทำการต้มรวมกัน

ข. กาวพืชหรือกาวแป้ง

ค. กาวถั่วเหลือง

ง. กาวเคซีน

จ. กาวเลือด

2.4.1.2 กาวสังเคราะห์ (Synthetic Resin Adhesives)

ก. กาวไอโซไซยาเนต MDI

ข. กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์

ค. กาวเมลามีนฟอร์มัลดีไฮด์

ง. กาวฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์

จ. กาวรีซอสซินอลฟอร์มัลดีไฮด์

ฉ. กาวอีฟ๊อกซีเรซิ่น

ช. กาวโพลีไวนิล แอทซิเตท อิมัลชั่น

ซ. กาวรับเบอร์

2.5.2 ลักษณะการแข็งตัวของกาว

2.5.2.1 การแข็งตัวโดยการสูญเสียตัวทำละลาย โดยปกติกาวจะปรากฏในรูปของแข็งแต่ถูกทำให้อยู่ในรูปของสารละลายซึ่งเป็นน้ำ หรือตัวทำละลายอื่น เมื่อนำไม้มาติดกับกาวประเภทนี้ตัวทำละลายจะสูญหายออกตามด้านข้าง บางส่วนไหลซึมเข้าไปในเนื้อไม้เมื่อกาวสูญเสียตัวทำละลายจะแข็งตัวทันที และจะกลับเป็นของเหลวอีกได้ในตัวทำละลายที่เหมาะสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.2.2 การแข็งตัวโดยได้รับความเย็น กาวเมื่อได้รับความร้อนอย่างเพียงพอจะอยู่ในสภาพของของเหลวและจะถูกนำไปใช้ในสภาพที่เหลว และปล่อยทิ้งไว้ให้เย็น ณ อุณหภูมิห้องจะเปลี่ยนสภาพเป็นของแข็งทันที

2.5.2.3 กรรมวิธีการเปลี่ยนแปลงทางเคมีอย่างถาวร กาวประเภทนี้เมื่อแข็งตัวแล้วจะไม่สามารถกลับคืนสู่สภาพเดิมได้อีก การเปลี่ยนแปลงทางเคมีเกิดขึ้นได้ 2 วิธีด้วยกัน ดังนี้

ก. การใช้สารฮาร์ดเดนเนอร์ช่วยในการทำให้กาวแข็งตัว

ข. โดยการใช้ความร้อนช่วยในการทำให้แข็งตัว

2.5.3 ลักษณะที่ต้องการในการผสมกาวกับชิ้นวัสดุ

2.5.3.1 ขนาดของละอองกาว ที่ใช้พ่นกาวกับชิ้นวัสดุให้ได้แผ่นผลิตภัณฑ์ที่มีคุณสมบัติที่ดีควรมี (10-6) พบว่าค่าเฉลี่ยสมบัติทางด้านความต้านทานแรงดัด(MOR) และแรงยึดเหนี่ยวภายใน (IB) จะลดลงตามขนาดเฉลี่ยของละอองกาวที่ใหญ่ขึ้น

2.5.3.2 ระยะเวลาในการพ่นกาว มีอิทธิพลต่อการกระจายกาวทั่วชิ้นวัสดุ และยังเป็นผลกระทบต่อคุณสมบัติของแผ่นมากกว่าการเปลี่ยนแปลงของความหนืด อุณหภูมิ และปริมาณเนื้อกาวด้วยชิ้นวัสดุที่ได้รับการกระจายได้ดี มีสัดส่วนไปทั่วชิ้นวัสดุอย่างสม่ำเสมอต้องอาศัยระยะเวลาการพ่นกาวที่นานพอสมควร

2.5.3.3 แรงดันลมในการพ่นกาวสำหรับกาวที่มีความหนืดสูงจะต้องมีแรงลมที่สัมพันธ์กันมิฉะนั้น อาจเกิดการอุดตันของหัวพ่นลม แรงลมในการพ่นกาวไม่ควรต่ำกว่า 9 กก/ ตร.ซม

2.5.3.4 ความหนืดของกาวหรือความเข้มข้นของกาวที่สูง จะก่อให้เกิดการอุดตันขึ้นได้ และการกระจายตัวไม่ทั่วถึง จึงควรหลีกเลี่ยงการใช้กาวที่มีความหนืดสูงแต่หากใช้กาวที่มีความหนืดน้อยก็จะก่อผลให้เกิดปัญหาในการอัดร้อนเพราะปริมาณของน้ำในการผสมกาวมาก ความหนืดของกาวที่เหมาะสมในการพ่นควรอยู่ระหว่าง 120-1200 เซนติพอยส์ หรือความเร็วในการไหล 50-8 วินาที ที่อุณหภูมิ 35-25 องศาเซลเซียส

2.5.4 กาวยูเรีย-ฟอร์มัลดีไฮด์ (Urea-Formaldehyde)

เป็นกาวที่การผลิตแผ่นปาร์ติเกิลนิยมใช้มากที่สุด โดยเฉพาะใช้ในการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลประเภทใช้งานภายในอาคาร เนื่องจากกาวยูเรีย-ฟอร์มัลดีไฮด์เป็นกาวที่ใสเมื่อแห้ง ไม่มีสี แข็งตัวได้เร็วและราคาถูก ต่อมายังได้มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องจนส่งผลให้สามารถลดระยะเวลาในการอัด โดยไม่ส่งผลเสียต่อการเคลื่อนย้ายหรือระยะเวลาการเก็บกาว

กาวยูเรีย-ฟอร์มัลดีไฮด์ เป็นสารโพลีเมอร์ที่เกิดจากปฏิกิริยาการรวมตัวระหว่างยูเรียและฟอร์มัลดีไฮด์ โดยขั้นแรกเป็นปฏิกิริยาที่เรียกว่า เมธิโลเลชั่น (Methylolation) ในสภาวะที่เป็นด่างอ่อนเพื่อให้มีสัดส่วนโมล (Molar ratio) ของฟอร์มัลดีไฮด์ต่อยูเรีย เท่ากับ 2.0 : 1 ถึง 2.4 : 1 ขั้นตอนต่อไปเป็นปฏิกิริยาการรวมตัว (Condensation) ของเมธิลอลยูเรียที่ได้จากปฏิกิริยาเมธิโลเลชั่น โดย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ให้ทำปฏิกิริยาในสภาพบรรยากาศและการกลั่นไหลกลับ ในสภาวะที่เป็นกรดอ่อนซึ่งมีระดับ pH ที่ 4-6 ปฏิกิริยาโพลีเมอร์ไรซ์เซชั่นแบบรวมตัวนี้จะกระทำต่อไปจนได้ความหนืดที่ต้องการตามที่ได้หามาก่อนแล้ว หลังจากได้ผลตามต้องการแล้วจึงเพิ่มระดับ pH เป็น 7.3-8 (ด่างอ่อน) เพื่อหยุดปฏิกิริยา ต่อไปจึงทำการลดความเข้มข้นของกาวโดยการทำให้เข้มข้นด้วยการกลั่นแบบสูญญากาศเพื่อให้ได้เนื้อกาว 50-60% ต่อจากนั้นทำการเติมยูเรียลงไปในกาวแบบปกติเพื่อให้ได้สัดส่วนโมลสุดท้ายของ F/U = 1.6 ถึง 1.8 : 1

ปฏิกิริยาโพลีเมอร์ไรซ์เซชั่นขั้นสุดท้ายของกาวยูเรีย-ฟอร์มัลดีไฮด์จะเกิดขึ้นในระหว่างการอัดร้อน ซึ่งนับเป็นขั้นตอนที่สำคัญขั้นหนึ่งในการผลิตแผ่นปาร์ติเกิล ถ้ากาวแข็งตัวก่อนทำการอัดร้อน จะทำให้แผ่นที่ผลิตได้ไม่มีคุณภาพตามที่ต้องการ ปฏิกิริยาโพลีเมอร์ไรซ์เซชั่นจะเกิดขึ้นเร็วมากในสภาวะที่เป็นกรดและอุณหภูมิสูงขึ้น สภาวะเป็นกรดระดับ 3 ถึง 5 เป็นสภาวะที่เหมาะสมทำให้เวลาในการอัดร้อนน้อยที่สุด อย่างไรก็ตามกาวยูเรีย-ฟอร์มัลดีไฮด์ที่ผลิตขึ้นมาเพื่อนำมาให้ใช้ในโรงงานแผ่นปาร์ติเกิล มักจะทำให้มีความเป็นด่างอ่อนๆ เพื่อจะถ่วงให้ปฏิกิริยาโพลีเมอร์ไรซ์เซชั่นช้าลงระหว่างการขนส่งและการเก็บรักษา การเพิ่มความเสถียรให้เป็นด่างอ่อนนี้มีผลให้ระยะเวลาการอัดนานขึ้น เนื้อไม้หลายๆ ชนิด เช่น ไม้ยางพาราและยูคาลิปตัส มีความเป็นกรดในเนื้อไม้อยู่แล้วก็จะส่งผลสนับสนุนให้ความเป็นกรดเป็นด่างของกาวลดลงอย่างรวดเร็ว ผู้ผลิตกาวก็เช่นกันได้มีความพยายามในการกำจัดความสามารถในการบัฟเฟอร์ในกาว โดยการใช้สารเคมีที่เป็นด่างแบบระเหยได้เพื่อปรับระดับความเป็นกรดเป็นด่างขั้นสุดท้าย เมื่อกาวและไม้ได้รับการอัดร้อนที่อุณหภูมิสูงขึ้น สารด่างที่มีคุณสมบัติระเหยได้ก็จะระเหยออกไปอย่างรวดเร็วทำให้ความเป็นกรดเป็นด่างลดลง จนทำให้ปฏิกิริยาโพลีเมอร์ไรซ์เซชั่นเกิดขึ้นต่อไปอย่างรวดเร็ว กลไกของการเกิดปฏิกิริยาโพลีเมอร์ไรซ์เซชั่นจนเกิดเป็นโพลีเมอร์ที่กล่าวข้างต้นนี้ ส่งผลต่อให้การอัดร้อนในการติดกาวยูเรีย-ฟอร์มัลดีไฮด์ของแผ่นปาร์ติเกิลใช้เวลาอัดที่สั้นขึ้น เนื่องจากขั้นตอนการอัดแผ่นในกระบวนการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดเป็นขั้นตอนที่สำคัญในการควบคุม กำลังผลิตของโรงงาน หากสามารถลดระยะเวลาในการอัดร้อนให้สั้นขึ้นแม้พียงไม่มาก ก็ยังส่งผลให้กำลังผลิตของโรงงานเพิ่มขึ้น

ข้อเสียของกาวยูเรีย-ฟอร์มัลดีไฮด์ คือ ขาดความทนทานและกลิ่นฉุนของฟอร์มัลดีไฮด์ สำหรับการใช้แผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดในสภาพที่มีอุณหภูมิสูงและความชื้นมากนั้น ควรใช้กาวฟีนอล-ฟอร์มัลดีไฮด์ในการทำแผ่นชนิดนี้ เนื่องจากโพลีเมอร์ของยูเรีย-ฟอร์มัลดีไฮด์จะถูกไฮโดรไลซ์และเกิดไฮโดรไลซีส โดยมีความชื้นและความร้อนเป็นตัวส่งเสริม ส่วนการปลดปล่อยสารฟอร์มัลดีไฮด์ในขณะอัดร้อนและการใช้งานในสภาพที่ไม่มีการระบายอากาศที่ดี เป็นผลจากการที่กาวยูเรีย-ฟอร์มัลดีไฮด์มีสารฟอร์มัลดีไฮด์ อิสระที่อยู่ในระดับสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การลดปริมาณการปลดปล่อยสารฟอร์มัลดีไฮด์สามารถกระทำได้หลายวิธี เช่น

1. ลดสัดส่วนโมลของฟอร์มัลดีไฮด์ในการสังเคราะห์กาว แต่ก็จะทำให้อัตราการแข็งตัวของกาวช้าลง และอาจมีผลต่อความแข็งแรงของกาว

2. เติมสารยูเรียลงในส่วนผสมกาวก่อนพ่นผสมกับชิ้นไม้ในเครื่องผสม แต่ก็ผสมได้ปริมาณหนึ่งในระดับที่เหมาะสมเท่านั้น

3. การเติมสารแข็งชนิดเกลือแอมโมเนียม เช่น แอมโมเนียมคลอไรด์ ในปริมาณที่มากขึ้นกว่า 2% จะช่วยลดปริมาณสารระเหยฟอร์มัลดีไฮด์ลงอย่างเห็นได้ชัด แต่การเติมสารเร่งแข็งในปริมาณที่มากเกินไปจะเป็นอุปสรรคต่ออายุการเก็บรักษากาวและเพิ่มการแข็งตัวก่อนของกาว

4. การเพิ่มสัดส่วนของสารผ่อนความเป็นกรดเป็นด่างชนิดแอมโมเนีย ก็ยังสามารถช่วยลดสารระเหยฟอร์มัลดีไฮด์ได้ด้วย

5. เพิ่มความชื้นของชิ้นไม้ในแผ่นเตรียมอัดและระยะเวลาการอัดให้นานขึ้น เนื่องจากระยะเวลาการอัดที่นานขึ้นและปริมาณไอน้ำที่ระเหยออกมามากขึ้น จะลดปริมาณสารระเหยฟอร์มัลดีไฮด์

6. ลดอุณหภูมิและความชื้นสัมพันธ์ของอากาศในโรงงาน

กาวฟีนอล-ฟอร์มัลดิไฮด์(phenol-formaldehyde) เป็นกาวอีกชนิดหนึ่งที่มีการนำมาใช้ในการผลิตแผ่นปาร์ติเกิล นอกจากกาวยูเรียเพื่อต้องการให้แผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดมีความทนทานมากขึ้นเพื่อใช้งานภายนอกอาคาร แต่ก็ยังมีการใช้กาวฟีนอลิคนี้เฉพาะในกรณีการใช้งานที่ต้องการความคงทนของแผ่นเพิ่มขึ้นเท่านั้น เนื่องจากกาวฟีนอลิคนั้นมีราคาที่แพงกว่าและต้องการระยะเวลาในการแข็งตัวที่นานกว่า

กาวฟีนอล-ฟอร์มัลดิไฮด์ เกิดจากปฏิกิริยาโพลีเมอร์ไรซ์เซชั่นแบบควบแน่นระหว่างสารฟีนอลและฟอร์มัลดีไฮด์ กาวฟีนอลิคซึ่งใช้กับการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลที่ใช้งานภายนอกอาคารจะนิยมสังเคราะห์กาวให้มีสัดส่วนโมลของฟอร์มัลดีไฮด์ต่อกาวฟีนอลมากกว่า 1.0 เป็นประเภทกาวรีโซล ซึ่งไม่ต้องการฟอร์มัลดีไฮด์เพิ่มเติมในการทำปฏิกิริยาแข็งตัวสมบูรณ์เพื่อให้เกิดโครงสร้างร่างแหการสังเคราะห์กาวให้มีคุณสมบัติต่างๆ กระทำได้โดยการเปลี่ยนแปลงสัดส่วนโมลของฟอร์มัลดีไฮด์ต่อฟีนอล ความเป็นกรดเป็นด่างและระยะเวลาของปฏิกิริยาควบแน่นปริมาณเนื้อกาวแข็งโดยปกติประมาณ 40-50% เนื่องจากหากมีปริมาณเนื้อกาวแข็งที่สูงขึ้น ย่อมมีผลกระทบต่อความเสถียรและความหนืดของกาว

นอกจากนี้ยังมีการใช้กาวชนิดอื่นอีกในการผลิตแผ่นปาร์ติเกิล เช่น กาวเมลามีน ยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์(Melamine-Urea Formaldehyde, MUF) กาวไอโซไซยาเนต (4-4' Diphenylmethane Di-Isocyanate, pMDI) และกาวแทนนิน (Tannin Adhesives) เป็นต้น กาวเหล่านี้มีการใช้อยู่แล้วในอุตสาหกรรม แต่มีการใช้ในปริมาณน้อยกว่ากาว 2 ชนิดแรก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.5 กาวไอโซไซยาเนต

กาวโอโซไซยาเนต(4-4' Diphenylmethane Di-Isocyanate, pMDI) คือ ของเหลวหนืดสีน้ำตาล ดำนิยมใช้เป็นส่วนประกอบในการผลิตโฟมโพลียูเทน เริ่มมีการนำมาใช้เป็นกาวยึดติดไม้ในการผลิตแผ่นบอร์ดต่างๆ สามารถยึดติดทางเคมีได้กับลิกนินและเซลลูโลสของไม้ จึงให้ความแข็งแรงของแผ่นวัสดุสูงกว่ากาวทั่วไป ในอดีตกาว MDI เคยถูกใช้เป็น Casting Resins และตัวกลางของสี (Paint Media) ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1950 แต่ในทางด้านงานไม้กลับมีการใช้กันน้อยหรือไม่ถูกสนในในการนำมาใช้เลย ในปัจจุบันถูกใช้ในการผลิต PB, MDF และ OSB เมื่อต้องการชิ้นงานที่มีความทนทานสูง เพราะสามารถยึดเหนี่ยวทางเคมีกับลิกนิน และเซลลูโลสได้ ซึ่งในทางด้านคุณสมบัติกาว MDI นับว่าเป็นกาวที่เหมาะสมในการนำมาใช้ในผลิตวัสดุที่ต้องการความแข็งแรงสูง แต่ในด้านของราคาแล้ว กาว MDI นับว่ายังมีราคาที่สูงเมื่อเปรียบเทียบกับกาวชนิดอื่นๆ ที่นำมาใช้กับงานลักษณะเดียวกัน เช่น กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ แต่เมื่อเปรียบเทียบปริมาณการใช้ในการผลิต PB แล้ว ใช้ในปริมาณที่ต่ำและถูกกว่าพิสูจน์ว่าคุ้มค่า เช่น เนื่องจากการยึดเหนี่ยวแบบธรรมชาตินี้จะช่วยลดการใช้ไม้วัตถุดิบได้ถึง 15% โดยจะให้ความแข็งแรงทางกลที่ระดับเดียวกัน

ตารางที่ 2.5 แสดงคุณสมบัติของกาวไอโซไซยาเนต

คุณสมบัติ	HARDENER TS 501
สภาพที่ปรากฏ	ของเหลวสีน้ำตาล – ดำ
ปริมาณเนื้อกาว	-
ความหนืดที่ 27 องศา	ต่ำกว่า 0.2 Pa.s
pH	-
ความหนาแน่น	-

2.6 ข้อมูลเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ที่แปรรูปจากวัสดุทดแทนไม้

2.6.1 วัสดุทดแทนไม้

ความหมายของวัสดุประกอบชีวภาพทดแทนไม้ (Wood - Substituted Biocomposites)

วัสดุที่ประกอบจากส่วนประกอบ 2 ชนิดขึ้นไป โดยมีวัสดุไม้หรือลิกโนเซลลูโลสอื่นเป็นส่วนประกอบหนึ่งร่วมกับวัสดุอื่น เช่น โพลิเมอร์หรือสารอนินทรีย์ ทั้งนี้ส่วนประกอบแต่ละชนิดจะต้องแสดงสมบัติของแต่ละส่วนแยกกันอย่างเด่นชัด แต่เมื่อนำมาผสมกันจะมีสมบัติที่ส่งเสริมกัน มีคุณสมบัติคล้ายคลึงกันและนำมาใช้งานทดแทนไม้จริงจากธรรมชาติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.2 วัสดุประกอบชีวภาพทดแทนไม้ แบ่งตามลักษณะวัตถุดิบที่นำมาประกอบเป็นแผ่น

2.6.2.1 กลุ่มวัสดุประกอบชีวภาพด้านงานโครงสร้าง

1. ไม้ประกับโครงสร้าง (Glued Laminate Timber, Glulam) เป็นการนำแผ่นไม้แปรรูปมาประกอบติดกันทางความหนาด้วยกาวเรซิน โดยมีแนวเสี้ยนของไม้ทุกแผ่นยาวไปในแนวเดียวกับความยาวของไม้ประกับ มักใช้กับงานโครงสร้างในรูปคานและเสา

2. แผ่นไม้ประสาน (Laminated Board) เป็นการนำไม้แปรรูปขนาดเล็กที่คัดเลือกดีแล้วมาติดกันด้วยกาวเรซิน เพื่อให้ได้แผ่นไม้ประสานที่มีขนาดกว้างและยาวขึ้น มักนำไปใช้เป็นไม้พื้นกระดาน ผนังในอาคารละชิ้นส่วนเฟอร์นิเจอร์ เช่น ตู้ โต๊ะ เป็นต้น

3. แผ่นไม้อัด (Plywood) ผลิตจากการนำไม้บางมาทากาวแล้วเรียงประกบกันเป็นชั้นๆ โดยให้แนวเสี้ยนของไม้บางแต่ละชั้นเรียงตั้งฉากกับไม้บางชั้นถัดไป นิยมประกบเป็นชั้นในจำนวนคี่ เช่น 3 ชั้น 5 ชั้น 7 ชั้น

2.6.2.2 กลุ่มวัสดุประกอบชิ้นชีวภาพ

1. แผ่นชิ้นชีวภาพอัด (Particleboard) ผลิตจากการนำชิ้นไม้หรือวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรที่ถูกย่อยให้มีขนาดต่างๆ มารวมกันเป็นแผ่น โดยมีกาวเป็นตัวประสานเชื่อมให้ติดกันภายใต้ความร้อนและแรงอัด

2. แผ่นเกล็ดชีวภาพอัด (Flakeboard)

3. แผ่นแถบไม้อัดเรียงชิ้น (OSB)

4. แผ่นไม้อัดไส้ปาร์ติเกิล (Composite Plywood, COM-PLY)

2.6.2.3 กลุ่มวัสดุประกอบเส้นใยชีวภาพ

1. แผ่นใยชีวภาพอัดแข็ง (Hardboard) ผลิตจากการนำเส้นใยจากไม้หรือวัสดุอื่นๆ ที่ให้เส้นใยมารวมกันเป็นแผ่นด้วยกรรมวิธีเปียก แล้วทำการอัดร้อนเพื่อให้เกิดการยึดเหนี่ยวระหว่างเส้นใยแผ่นเรียบหน้าเดียวสีน้ำตาลดำ

2. แผ่นใยชีวภาพอัดความหนาแน่นปานกลาง (Medium Density Fiberboard, MDF) ผลิตจากการนำเส้นใยจากไม้หรือวัสดุอื่นๆ ที่ให้เส้นใยมารวมกันเป็นแผ่นด้วยกรรมวิธีแห้ง โดยมีกาวเป็นตัวประสานแล้วทำการอัดร้อน สามารถผลิตให้มีความหนา 1.8 - 60 มิลลิเมตร มีแผ่นเรียบ 2 หน้า สีขาว - น้ำตาลอ่อน ตกแต่งผิวได้ดี

2.6.2.4 กลุ่มวัสดุประกอบสารแร่ธรรมชาติ

1. แผ่นฝอยชีวภาพอัดซีเมนต์ (Excelsior-Cement Board) ผลิตจากการนำฝอย (Excelsior) จากไม้หรือวัสดุที่มีเส้นใยอื่น ๆ ซึ่งมีลักษณะแถบแต่มีความยาวกว่าและโค้งงอจากเครื่องขูดมาผสมกับซีเมนต์ แล้วขึ้นรูปเป็นแผ่นด้วยการอัดค้างไว้ในแบบจนซีเมนต์แข็งตัว

2. แผ่นชิ้นชีวภาพอัดซีเมนต์ (Particle-Cement Board) ผลิตจากการนำชิ้นชีวภาพจากไม้หรือจากวัสดุที่มีเส้นใยอื่นมาคลุกเคล้ากับซีเมนต์เป็นตัวประสาน ร่วมกับน้ำและสารปรับปรุง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คุณภาพตามอัตราส่วนที่กำหนด แล้วขึ้นรูปในแบบอัดจนซีเมนต์แข็งตัวเต็มที่ด้วยการบ่ม เพื่อให้เกิดการยึดเหนี่ยวระหว่างชิ้นชีวภาพ คุณภาพจึงขึ้นอยู่กับความสามารถในการเข้ากันได้ระหว่างชิ้นชีวภาพและซีเมนต์ที่ใช้เป็นสำคัญ

2.6.2.5 กลุ่มวัสดุประกอบพลาสติกชีวภาพ แผ่นประกอบพลาสติกเสริมวัสดุเซลลูโลสธรรมชาติ (Natural Lignocellulose Reinforced Plastic Composites) เป็นแผ่นประกอบที่มีสารหลัก (matrixs) ส่วนใหญ่เป็นเทอร์โมพลาสติก โดยใช้วัสดุธรรมชาติที่เป็นลิกโนเซลลูโลสทั้งในรูปของเส้นใยหรือผงเป็นสารตัวเติมเสริมแรง

2.6.3 ประเภทของการผลิตวัสดุทดแทนที่มีการศึกษาในปัจจุบัน อาจแบ่งได้เป็น 2 ประเภท

2.6.3.1 ประเภทนำเส้นใยของวัสดุทางธรรมชาติมาเป็นสารตัวเติม filter ในวัสดุสังเคราะห์

1. วัสดุทดแทนไม้จากพอลิเมอร์คอมโพสิตพอลีสไตรีนชนิดทนแรงกระแทก

2. โครงการการพัฒนาวัสดุทดแทนไม้จากระบบ สารเติมปริมาณสูงของผงไม้และเบนซอกซาซีนเรซิน

2.6.3.2 ประเภทการนำเศษวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมประเภทอื่นมาแปรรูปเป็นวัสดุทดแทน

1. การผลิตแผ่นประกอบจากแกลบเหลือทิ้ง

2. แผ่นชิ้นไม้อัดจากเศษไม้กระถินเทพา

3. การใช้ประโยชน์เศษเหลือของไม้พญาสัตบรรณเป็นแผ่นวัสดุคิบในการผลิตแผ่นชิ้นไม้อัด

4. คุณสมบัติของแผ่นประกอบจากกากใบตะไคร้ที่เหลือทิ้งจากการสกัด

5. การใช้ประโยชน์จากเศษไม้ยางนาและไม้ยูคาลิปตัสที่เหลือทิ้งจากอุตสาห กรรมเป็นแผ่นวัสดุทดแทน

6. การศึกษาเพื่อเพิ่มมูลค่าทางใบสะละเหลือทิ้งเป็นผลิตภัณฑ์ทดแทนไม้

7. การศึกษาและพัฒนาแผ่นประกอบจากวัสดุเหลือทิ้งจากอุตสาหกรรมแปรรูปผลิตภัณฑ์มะขาม

8. การศึกษากรรมวิธีการผลิตแผ่นเส้นใยอัดความหนาแน่นปานกลางจากผักตบชวา

2.6.4 ด้านเทคนิคการผลิต

2.6.4.1 ส่วนใหญ่ในการผลิตวัสดุทดแทนไม้นิยมใช้เทคนิคในการผลิต คือ

1. ทำการอัดด้วยเครื่องอัดร้อนแรงอัดจำเพาะ โดยกำหนดน้ำหนักเป็น กก/ตร.ซม. และการตั้งอุณหภูมิและเวลาซึ่งเป็นองค์ประกอบในการอัดชิ้นงาน ถ้าอุณหภูมิและน้ำหนักหรือว่าเวลาที่ทำการอัดไม่เหมาะสมคุณภาพของชิ้นงานก็จะไม่ได้ตามมาตรฐานที่ต้องการ

2. การอัดขึ้นรูปร้อนด้วยไฮดรอลิค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ผสมแบบหลอมเหลวในเครื่องอัดรีดชนิดเกลียวนอนเดี่ยว (Single Screw Extruder) แล้วขึ้นรูปด้วยการฉีดขึ้นรูป (Injection Molding) ในกระบวนการนี้ส่วนใหญ่จะใช้กับประเภทที่ 1 คือการผสมเส้นใยธรรมชาติกับวัสดุสังเคราะห์

4. WPC (Wood Plastic Composite) คือ ไม้ประกอบพลาสติกหรือที่เรียกกันโดยทั่วไปว่า "ไม้พลาสติก" ซึ่งถือเป็นเทคโนโลยีใหม่ในวงการอุตสาหกรรมไม้และพลาสติกในประเทศไทย WPC (Wood Plastic Composite) ผลิตขึ้นจากเศษไม้และผงพลาสติกผ่านขบวนการผลิตจากเครื่องจักรอันสมัย เช่นเดียวกับการขึ้นรูปพลาสติกทั่วไปทำการฉีดและรีดขึ้นรูป

2.6.4.2 ส่วนประกอบของวัสดุทดแทนไม้ที่จำเป็นต้องมี

1. วัสดุที่นำมาผลิต
2. กรรมวิธีการผลิต
3. กาว เป็นส่วนที่สำคัญในการประสานชิ้นไม้หรือเศษวัสดุที่นำมาแปรรูป

2.6.4 คุณสมบัติของวัสดุทดแทนไม้

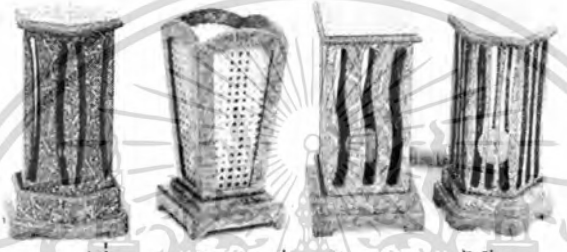
จากการศึกษาโดยการนำวัสดุหลายๆ ประเภทนำมาทดลองแปรรูปเป็นวัสดุทดแทนไม้สิ่งที่เกิดขึ้น คือวัสดุที่นำมาใช้แต่ละชนิดทำให้เกิดคุณสมบัติทางกายภาพของแผ่นไม้ คือ ด้านปริมาณความชื้น, การดูดซึมน้ำ, การพองตัวเมื่อแช่น้ำ, แรงยึดเหนี่ยวภายในของแผ่นประกอบ, ด้านความต้านแรงดัด และความยึดเหนี่ยวของตะปูเกลียวต่างกัน เช่น ไม้มะขาม เศษไม้ยางนาและไม้ยูคาลิปตัส ไม้พญาสัตบรรณ เป็นต้น สมบัติความต้านแรงดัด (MOR) สมบัติมอดูลัสยืดหยุ่น (MOE) และสมบัติความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าหรือแรงยึดเหนี่ยวภายใน (IB) จะแปรผันตามระดับปริมาณกาวที่เพิ่มขึ้น ส่วนสมบัติการพองตัวเมื่อแช่น้ำ (TS) จะแปรผกผันตามระดับปริมาณกาวที่เพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบคุณสมบัติแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดกับเกณฑ์มาตรฐาน JIS 5908-1994

2.6.5 ตัวอย่างบริษัทที่คำนึงถึงสิ่งแวดล้อมและได้มีการนำวัสดุทดแทนมาใช้ผลิตเฟอร์นิเจอร์ในปัจจุบัน

2.6.5.1 บริษัทโกลเด้น อุตสาหกรรมไม้อัดหญ้าแฝก ผู้นำหญ้าแฝก เปลือกมังคุด เปลือกส้มและเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษรอื่นๆ มาแปรรูปเป็นไม้อัด และออกแบบให้เป็นเฟอร์นิเจอร์ทดแทนการใช้ไม้ โดยมีคุณปรินดา แตรวิจิตรศิลป์ เป็นเจ้าของบริษัทโกลเด้น อุตสาหกรรมไม้อัดหญ้าแฝก ได้รับแรงบันดาลใจจากการได้รับรู้โครงการพระราชดำริเรื่องหญ้าแฝกว่าคุณสมบัติพิเศษของหญ้าแฝก คือมีเซลลูโลสที่เหมือนไม้สามารถใช้เป็นวัสดุทดแทนไม้ได้ ปัจจุบันได้นำหญ้าแฝก เปลือกข้าว เศษไม้ ตะไคร้ เปลือกผลไม้และเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรต่างๆ มาเป็นวัตถุดิบสำหรับประกอบเป็นแผ่นไม้อัด พร้อมทั้งผลิตภัณฑ์แปรรูป เป็นของใช้อุปโภคหรือตกแต่งบ้าน ให้สวยงาม และออกจำหน่ายสู่ท้องตลาด ในนามโกลเด้น อุตสาหกรรมไม้อัดหญ้าแฝก (Golden Vetiver Grass Board Industry)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

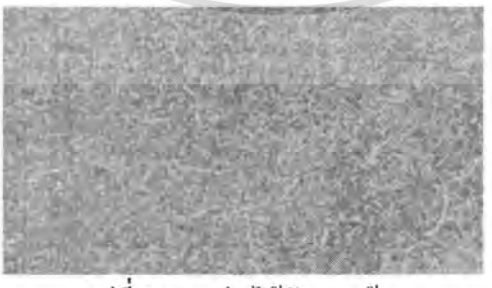
รูปที่ 2.22 ไม้อัดหญ้าแฝก (Vetiver Grass Board)



รูปที่ 2.23 ผลิตภัณฑ์จากวัสดุทดแทนไม้

2.6.5.2 โคโคบอร์ด เป็นการรวมกลุ่มบุคคลที่ใส่ใจต่อการอนุรักษ์ รักษาสิ่งแวดล้อม ด้วยการประกอบธุรกิจไม้อัดจากเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรและแปรรูปผลิตภัณฑ์จากไม้อัด นับเป็นการใช้ทรัพยากรที่หลงเหลือหลังการเพาะปลูกอย่างสร้างสรรค์และคุ้มค่าอย่างที่สุด ยังประโยชน์กลับสู่รากหญ้าด้วยการเพิ่มรายได้ให้แก่ชาวไร่ชาวสวนอย่างแท้จริง และเป็นการสร้างงานสร้างอาชีพให้แก่บุคคลในหลายระดับ กล่าวได้ว่าชาวบ้านไม่จำเป็นต้องเผาทำลายเศษซากวัสดุการเกษตรหลังการเก็บเกี่ยวอีกแล้ว เพราะสามารถขายเป็นรายได้สู่ครอบครัว

โคโคบอร์ด เป็นผู้ผลิตและจำหน่ายวัสดุทดแทนไม้ ได้แก่ ไม้อัดมะพร้าว ไม้อัดฟางข้าว และอื่นๆ อีกมากมาย ไม้อัดจะมีลวดลายและกลิ่นของธรรมชาติปราศจากสารฟอร์มัลดีไฮด์



รูปที่ 2.24 แผ่นไม้อัดมะพร้าว

ที่มา : http://www.kokoboard.com

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.25 ผลิตภัณฑ์จากวัสดุทดแทนไม้

ที่มา : http://www.kokoboard.com

2.6.5.3 บริษัท OSISU ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สิงห์ อินทรชูโต อาจารย์หัวก้าวหน้าเป็นผู้ก่อสร้างแบรนด์ "Osisu" เฟอร์นิเจอร์ที่เกิดจากแนวคิดการรักษาสภาพสิ่งแวดล้อม หรือกรีนเฟอร์นิเจอร์ เพราะแทบจะเรียกได้ว่า "Osisu" เป็นแบรนด์เดียวในโลกที่นำเศษไม้ที่เหลือใช้ ทั้งไม้สักและไม้อัดจากการก่อสร้างมาดัดแปลงประกอบขึ้นเป็นเฟอร์นิเจอร์ โดยผ่านขั้นตอนการผลิตที่ปราศจากการปนเปื้อนจากสารเคมี

รูปที่ 2.26 ผลิตภัณฑ์จากวัสดุทดแทนไม้

ที่มา : http:// www.osisu.com

2.7 หลักการออกแบบเฟอร์นิเจอร์

การออกแบบมีมานานตั้งแต่ได้มีการสร้างงานศิลปะขึ้น เดิมเป็นหลักเกณฑ์สำหรับใช้เป็นพื้นฐานสำหรับงานสร้างสรรค์ทั่วไป หลักกาออกแบบมิได้มีหลักเกณฑ์ตายตัว แต่เป็นเพียงแนวทางของความคิดสำหรบนักออกแบบ เพื่อสร้างสรรค์งานศิลปะให้มีรูปแบบตามที่ได้จินตนาการไว้ การออกแบบโดยเฉพาะเกี่ยวกับการสนองตอบต่อความต้องการของมนุษย์

การออกแบบ หมายถึง การรวบรวมหรือการจัดองค์ประกอบทั้งที่เป็น 2 มิติ และ 3 มิติ เข้าด้วยกันอยางมีหลักเณฑ์ ในการนำองค์ประกอบองการออกแบบมาจัดรวมัน ผำออกแบบจะต้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำนึงถึงประโยชน์ใช้สอยและความงามอันเป็นการสร้างค่านิยมทางความงาม ตอบสนองคุณประโยชน์ทางกายภาพให้แก่มนุษย์

การออกแบบผลิตภณฑ์อุตสาหรรม คือ การวิเคราะห์หาข้อมูลต่างๆ เกี่ยวกับหน้าที่ใช้สอยของผลิตภัณฑ์ ข้อมูงเขวกับการตลาด แล้วนำมาปรับปรุงผลิตภัณฑ์เพื่อผลิ-เป็นจำนวนมาก ให้อยู่ในความนิยมของตลาดในราคาพอสมควร

การออกแบบเครื่องเรือน หมายถึง การวิเคราะห์ข้อมูลด้านต่างๆ ที่เกี่ยวข้องทั้งด้านพฤติกรรมผู้ใช้ ประโยชน์ใช้สอย ความสะดวกสบายในการใช้งาน คุณสมบัติของวัสดุแต่ละชนิดตามความคิดสร้างสรรค์มาผนวกกับความงามด้านศิลปะ การตลาดและวิธีการผลิตที่เหมาะสม

การตกแต่ง (Decoration) หมายถึง การจัด ประดับเพื่อความงามของอาคารสถานที่ทั้งภายในและภายนอกอาคาร โดยใช้สิ่งประดิษฐ์คิดค้นขึ้นหรือจากธรรมชาตินำมาดัดแปลงเพื่อการตกแต่งเพื่อตอบสนองความต้องการทางด้านประโยชน์ใช้สอย และให้คุณค่าทางความสวยงาม

2.7.1 หลักการออกแบบทั่วๆ ไป

2.7.1.1 หน้าที่ใช้สอย (Function) ถือเป็นหลักการออกแบบผลิตภัณฑ์ที่สำคัญที่สุดเป็นอันดับแรกที่ต้องคำนึงผลิตภัณฑ์ทุกชนิดต้องมีหน้าที่ใช้สอยถูกต้องตามเป้าหมายที่ตั้งไว้ คือ สามารถตอบสนองความต้องการของผู้ใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพและสะดวกสบาย ผลิตภัณฑ์นั้นถือว่ามีประโยชน์ใช้สอยดี (High Function) แต่ถ้าหากผลิตภัณฑ์ใดไม่สามารถสนองความต้องการได้อย่างมีประสิทธิภาพผลิตภัณฑ์นั้นก็จะถือว่ามีประโยชน์ใช้สอยไม่ดีเท่าที่ควร (Low Function)

2.7.1.2 ความปลอดภัย (Safety) สิ่งที่อำนวยประโยชน์ได้มากเพียงใด ย่อมจะมีโทษเพียงนั้น ผลิตภัณฑ์ที่ให้ความสะดวกต่างๆ มักจะเกิดจากเครื่องจักรกลและเครื่องใช้ไฟฟ้า การออกแบบควรคำนึงถึงความปลอดภัยของผู้ใช้ ถ้าหลีกเลี่ยงไม่ได้ก็ต้องแสดงเครื่องหมายไว้ให้ชัดเจนหรือมีคำอธิบายไว้

2.7.1.3 ความแข็งแรง ทนทาน (Durability) ผลิตภัณฑ์จะต้องมีความแข็งแรงในตัวของผลิตภัณฑ์หรือโครงสร้างเป็นความเหมาะสมในการที่นักออกแบบรู้จักใช้คุณสมบัติของวัสดุและจำนวน หรือปริมาณของโครงสร้าง ในกรณีที่เป็นผลิตภัณฑ์ที่จะต้องมีการรับน้ำหนัก เช่น โต๊ะ เก้าอี้ ต้องเข้าใจหลักโครงสร้างและการรับน้ำหนัก อีกทั้งต้องไม่ทิ้งเรื่องของความสวยงามทางศิลปะ เพราะมีปัญหาว่า ถ้าใช้โครงสร้างให้มากเพื่อความแข็งแรง จะเกิดสวนทางกับความงาม นักออกแบบจะต้องเป็นผู้ดึงเอาสิ่งสองสิ่งนี้เข้ามาอยู่ในความพอดีให้ได้

2.7.1.4 วัสดุ (Material) ต้องเลือกใช้วัสดุที่เหมาะสมกับงาน มีความทนทานและประหยัด โลหะแต่ละชนิดมีความเหมาะสมในการนำไปใช้งานต่างกันไป ใความสยงามในตัวมันเอง เช่น ทองแดง ทองเหลือง สแตนเลส และอลูมิเนียม ต่างก็มีพื้นผิวงามตามธรรมชาติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7.1.5 โครงสร้าง (Construction) วิธีการทำโครงสร้างของเฟอร์นิเจอร์แต่ละชนิด ควรทำให้เหมาะสมกับงาน มีความทนทาน ประหยัดและใช้วัสดุที่เหมาะสม

2.7.1.6 ความสะดวกสบายในการใช้ (Ergonomic) นักออกแบบต้องศึกษาวิชากายวิภาคเชิงกลเกี่ยวกับสัดส่วน ขนาด และขีดจำกัดที่เหมาะสมสำหรับอวัยวะส่วนต่างๆ ในร่างกายของมนุษย์ทุกเพศทุกวัย ซึ่งจะประกอบด้วยความรู้ทางด้านขนาดสัดส่วนมนุษย์ (Anthropometry) ด้านสรีระศาสตร์ (Physiology) จะทำให้ทราบขีดจำกัด ความสามารถของอวัยวะส่วนต่างๆ ในร่างกายมนุษย์ เพื่อใช้ประกอบการออกแบบ หรือศึกษาด้านจิตวิทยา (Psychology) ซึ่งความรู้ในด้านต่างๆ ที่กล่าวมานี้จะทำให้นักออกแบบ ออกแบบและกำหนดขนาด (Dimensions) ส่วนโค้ง ส่วนเว้า ส่วนตรง ส่วนแคบของผลิตภัณฑ์ต่างๆ ได้อย่างพอเหมาะกับร่างกายหรืออวัยวะของมนุษย์ที่ใช้ ก็จะเกิดความสะดวกสบายในการใช้การไม่เมื่อยมือหรือเกิดการล้าในขณะที่ใช้ไปนานๆ ผลิตภัณฑ์ที่จำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องศึกษาวิชาดังกล่าว ก็จะเป็นผลิตภัณฑ์ที่ผู้ใช้ต้องใช้อวัยวะร่างกายไปสัมผัสเป็นเวลานาน เช่น เก้าอี้ ด้าม เครื่องมือ อุปกรณ์ต่างๆ การออกแบบภายในห้องโดยสารรถยนต์ ที่มือจับรถจักรยาน ปุ่มสัมผัสต่างๆ เป็นต้น ผลิตภัณฑ์ที่ยกตัวอย่างมานี้ถ้าผู้ใช้ผู้ใดได้เคยใช้มาแล้วเกิดความไม่สบายร่างกายขึ้น ก็แสดงว่าศึกษากายวิภาคเชิงกลไม่ดีพอแต่ทั้งนี้ก็ต้องศึกษาผลิตภัณฑ์ดังกล่าวให้ดีก่อนจะไปเหมาว่าผลิตภัณฑ์นั้นไม่ดี เพราะผลิตภัณฑ์บางชนิดผลิตมาจากประเทศตะวันตก ซึ่งออกแบบโดยใช้มาตรฐานผู้ใช้ของชาวตะวันตกที่มีรูปร่างใหญ่โตกว่าชาวเอเชีย เมื่อชาวเอเชียนำมาใช้อาจจะไม่พอดีหรือหลวมไม่สะดวกในการใช้งาน นักออกแบบจึงจำเป็นต้องศึกษาสัดส่วนร่างกายของชนชาติหรือเผ่าพันธุ์ที่ใช้ผลิตภัณฑ์เป็นเกณฑ์

2.7.1.7 ความสวยงาม (Beauty) ผลิตภัณฑ์ในยุคปัจจุบันนี้ความสวยงามนับว่ามีความสำคัญไม่ยิ่งหย่อนไปกว่าหน้าที่ใช้สอยเลย ความสวยงามจะเป็นสิ่งที่ทำให้เกิดการตัดสินใจซื้อเพราะประทับใจ ส่วนหน้าที่ใช้สอยจะดีหรือไม่ต้องใช้เวลาอีกระยะหนึ่งคือใช้ไปเรื่อยๆ ก็จะเกิดข้อบกพร่องในหน้าที่ใช้สอยให้เห็นภายหลัง ผลิตภัณฑ์บางอย่างความสวยงามก็คือ หน้าที่ใช้สอยนั่นเอง เช่น ผลิตภัณฑ์ของที่ระลึก ของโชว์ตกแต่งต่างๆ ซึ่งผู้ซื้อเกิดความประทับใจในความสวยงามของผลิตภัณฑ์ ความสวยงามจะเกิดมาจากสิ่งสองสิ่งด้วยกันคือ รูปร่าง (Form) และสี (Color) การกำหนดรูปร่างและสี ในงานออกแบบผลิตภัณฑ์ไม่เหมือนกับการกำหนด รูปร่าง สี ได้ตามความนึกคิดของจิตรกรที่ต้องการ แต่ในงานออกแบบผลิตภัณฑ์เป็นในลักษณะศิลปะอุตสาหกรรมจะทำตามความชอบ ความรู้สึกนึกคิดของนักออกแบบแต่เพียงผู้เดียวไม่ได้จำเป็นต้องยึดข้อมูลและกฎเกณฑ์ผสมผสานรูปร่างและสีสันให้เหมาะสม

2.7.1.8 ลักษณะเฉพาะ (Personality) อาจจะได้คะแนนสูงในเรื่องคุณภาพ แต่จริงๆ แล้วยังขาดในเรื่องลักษณะเฉพาะของมัน การมีลักษณะเฉพาะจะมีความรู้สึกกับนักออกแบบที่เขาได้ทำการออกแบบขึ้นมาด้วยตัวเอง มีลักษณะเป็นอิสระเพื่อจะได้แสดงว่า นักออกแบบได้วิเคราะห์ปัญหาอย่างจริงจังซึ่งเป็นการเพิ่มคุณภาพของงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7.1.9 ราคาพอสมควร (Ecocomic) ผลิตภัณฑ์ที่ผลิตขึ้นมาขายนั้นย่อมต้องมีข้อมูลด้านผู้บริโภคและการตลาดที่ได้ค้นคว้าและสำรวจแล้ว ผลิตภัณฑ์ย่อมจะต้องมีการกำหนดกลุ่มเป้าหมายที่จะใช้ว่าเป็นคนกลุ่มใด อาชีพฐานะเป็นอย่างไร มีความต้องการใช้สินค้าหรือผลิตภัณฑ์นี้เพียงใด นักออกแบบก็จะเป็นผู้กำหนดแบบผลิตภัณฑ์ ประมาณราคาขายให้เหมาะสมกับกลุ่มเป้าหมายที่จะซื้อได้การจะได้มาซึ่งผลิตภัณฑ์ที่มีราคาเหมาะสมกับผู้ซื้อนั้น ก็อยู่ที่การเลือกใช้ชนิดหรือเกรดของวัสดุและเลือกวิธีการผลิตที่ง่ายรวดเร็วเหมาะสม

2.7.1.10 การซ่อมแซมง่าย (Easy of Maintenance) หลักการนี้คงจะใช้กับผลิตภัณฑ์เครื่องจักรกล เครื่องยนต์ เครื่องใช้ไฟฟ้าต่างๆ ที่มีกลไกภายในซับซ้อน อะไหล่บางชิ้นย่อมต้องมีการเสื่อมสภาพไปตามอายุการใช้งานหรือการใช้งานในทางที่ผิด นักออกแบบย่อมที่จะต้องศึกษาถึงตำแหน่งในการจัดวางกลไกแต่ละชิ้นตลอดจนนอตสกรู เพื่อที่จะได้ออกแบบส่วนของฝาครอบบริเวณต่างๆ ให้สะดวกในการถอดซ่อมแซมหรือเปลี่ยนอะไหล่ง่าย

2.7.1.11 วัสดุและวิธีการผลิต (Production) ผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมที่ผลิตด้วยวัสดุสังเคราะห์อาจมีกรรมวิธีการเลือกใช้วัสดุและวิธีผลิตได้หลายแบบ แต่แบบหรือวิธีใดถึงจะเหมาะสมที่สุด ที่จะไม่ทำให้ต้นทุนการผลิตสูงกว่าที่ประมาณ ฉะนั้นนักออกแบบคงจะต้องศึกษาเรื่องวัสดุและวิธีผลิตให้ลึกซึ้ง โดยเฉพาะวัสดุจำพวกพลาสติกในแต่ละชนิดจะมีคุณสมบัติทางกายภาพที่ต่างกันออกไป เช่น มีความใส ทนความร้อน ผิวมันวาว ทนกรดด่างได้ดี เป็นต้น ก็ต้องเลือกให้คุณสมบัติดังกล่าวให้เหมาะสมกับคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ที่พึงมียิ่งในยุคสมัยนี้ มีการรณรงค์ช่วยกันพิทักษ์สิ่งแวดล้อมด้วยการใช้วัสดุที่นำกลับหมุนเวียนมาใช้ใหม่ ก็ยิ่งทำให้นักออกแบบย่อมต้องมีบทบาทเพิ่มขึ้นอีกคือ เป็นผู้ช่วยพิทักษ์สิ่งแวดล้อมด้วยการเลือกใช้วัสดุที่หมุนเวียนกลับมาใช้ใหม่ได้ ที่เรียกว่า "รีไซเคิล"

2.7.1.12 การขนส่ง (Transportation) นักออกแบบต้องคำนึงถึงการประหยัดค่าขนส่ง การขนส่งสะดวกหรือไม่ ระยะใกล้หรือระยะไกลกินเนื้อที่ในการขนส่งมากน้อยเพียงใด การขนส่งทางบกทางน้ำหรือทางอากาศต้องทำการบรรจุหีบห่ออย่างไร ถึงจะทำให้ผลิตภัณฑ์ไม่เกิดการเสียหายชำรุด ขนาดของตู้คอนเทนเนอร์บรรทุกสินค้าหรือเนื้อที่ที่ใช้ในการขนส่งมีขนาดกว้าง ยาว สูงเท่าไหร่ เป็นต้น หรือในกรณีที่ผลิตภัณฑ์ที่ทำการออกแบบมีขนาดใหญ่โตยาวมาก เช่น เตียงหรือพัดลมแบบตั้งพื้น นักออกแบบก็ควรที่จะคำนึงถึงเรื่องการขนส่ง ตั้งแต่ขั้นตอนของการออกแบบกันเลย คือ ออกแบบให้มีชิ้นส่วน สามารถถอดประกอบได้ง่าย สะดวก เพื่อทำให้หีบห่อมีขนาดเล็กสุดสามารถบรรจุได้ในลังที่เป็นขนาดมาตรฐาน เพื่อการประหยัดค่าขนส่ง เมื่อผู้ซื้อซื้อไปก็สามารถที่จะขนส่งได้ด้วยตนเองนำกลับไปบ้านก็สามารถประกอบชิ้นส่วนให้เข้ารูปเป็นผลิตภัณฑ์ได้โดยสะดวกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7.2 ขั้นตอนการออกแบบ

2.7.2.1 การคิดอย่างเป็นระบบ เพื่อออกแบบหรือเพื่อแก้ปัญหาแบบจะสามารถบรรลุเป้าหมายได้ จำเป็นต้องจัดระบบกี่คิดอย่างเป็นขั้นตอน โดยใช้ขั้นตอนดังต่อไปนี้

2.7.2.2 การร่างความคิดเบื้องต้น (Idea Sketch) ในขณะที่คิดและทำแบบร่างความคิดเบื้องต้นนี้ยังไม่ต้องคำนึงถึงความถูกต้องหรือความสมจริงในสิ่งต่อไปนี้มากนัก คือ

- ประโยชน์ใช้สอย
- ความสวยงามของรูปทรงที่เป็นเลิศ
- ความแข็งแรงของโครงสร้าง
- เทคนิคและกรรมวิธีการผลิต

2.7.2.3 การพัฒนาแบบร่าง (Idea Development) หมายถึง ขบวนการที่จะทำให้ตัวแบบร่างนี้ดีขึ้น สมบูรณ์ขึ้น มีแนวความคิดสร้างสรรค์มากขึ้น มีความสมจริงมากขึ้น ผู้ออกแบบควรจะคิดไว้ในใจเสมอว่า แบบที่จะดีที่สุด คือ แบบที่จะคิดในวันพรุ่ง นั้นย่อมหมายความว่า ผู้ออกแบบอย่างได้พึงพอใจในแบบที่ได้คิดขึ้นแล้วเป็นอันขาด จะทำให้การคิดหยุดชะงักไม่สามารถคิดก้าวหน้าต่อไป

2.7.2.4 การรวบรวมรูปทรงและประโยชน์ใช้สอยเข้าด้วยกัน ในขั้นนี้เป็นการนำรูปทรงที่ได้จินตนาการขึ้นมาและผ่านขบวนการพัฒนาแบบแล้วนำมารวมเข้ากับหลักและกฎเกณฑ์ของประโยชน์ใช้สอยดังที่ได้กล่าวแล้ว

2.7.2.5 การพัฒนารูปด้านหน้าและรูปด้านหลังของเก้าอี้ ถ้าสามารถออกแบบรูปด้านข้างแล้ว ด้านอื่นๆ ก็จะเป็นส่วนรองๆ ที่จะต้องออกแบบให้สอดคล้องกับรูปด้านข้างเสมอ และเป็นส่วนที่มีหน้าที่ส่งเสริมให้รูปด้านข้างโดดเด่นยิ่งขึ้นเท่านั้น

2.7.3 เฟอร์นิเจอร์

เฟอร์นิเจอร์ หมายถึง เครื่องตกแต่งบ้านพักหรืออาคารมีประโยชน์ใช้สอย มีความสะดวกสบายในการใช้เฟอร์นิเจอร์ เป็นผลิตภัณฑ์ประเภทผลิตภัณฑ์บริโภค ได้แก่ โต๊ะอาหาร โต๊ะทำงาน ตู้ใส่เสื้อผ้า ตู้เครื่องเสียง เตียงนอน กล่องเก็บของ เก้าอี้ ชั้นวางหนังสือ เป็นต้น

2.7.3.1 แบ่งตามสภาพแวดล้อมการใช้งานเฟอร์นิเจอร์

1. เฟอร์นิเจอร์ภายในอาคาร (Indoor Furniture) เป็นเฟอร์นิเจอร์ที่มีความสำคัญต่อมนุษย์ทุกๆ อิริยาบถ นับตั้งแต่ยามตื่นจนกระทั่งหลับ เฟอร์นิเจอร์ประเภทนี้มีความสำคัญมากและมีขอบเขตของห้องเป็นเครื่องกำหนดที่จะบอกให้ทราบว่า เฟอร์นิเจอร์ประเภทใดและผู้ที่ใช้เฟอร์นิเจอร์ก็จะเป็นผู้กำหนดเนื้อที่ว่าง ทิศทาง เพื่อลดความกลมกลืนกันระหว่างสิ่งแวดล้อมภายในห้องจึงอาจกล่าวได้ว่า ขนาดสัดส่วน โครงสร้าง ข้อต่อของเฟอร์นิเจอร์มีอิทธิพลต่อการใช้งานและระยะเวลาของการใช้งานเป็นอย่างยิ่ง นักออกแบบซึ่งเป็นผู้กำหนดการประสานงานส่วน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต่างๆ ให้เข้ากัน โดยให้เกิดการใช้สอยอย่างสะดวกสบายจำเป็นต้องพิจารณาอย่างถี่ถ้วนสำหรับการจัดเฟอร์นิเจอร์ให้เข้ากับสภาพแวดล้อมได้

2. เฟอร์นิเจอร์ภายนอกอาคาร (Outdoor Furniture) คือ เฟอร์นิเจอรี่มีความสัมพันธ์เกี่ยวข้องกับมนุษย์ อาคาร และสิ่งแวดล้อมภายนอก มนุษย์ใช้เวลาอยู่กับเฟอร์นิเจอร์ประเภทนี้ไม่มากนักเพียงชั่วครั้งชั่วคราว เช่น ชุดเก้าอี้สนามในสวนทั่วไปจะมีคุณสมบัติที่ทนต่อสภาพดินฟ้าอากาศ ดังนั้นการออกแบบเฟอร์นิเจอร์ปะเภทนี้จึงต้องคำนึงถึงสภาพแวดล้อมอาคารเป็นสำคัญ

2.7.3.2 เฟอร์นิเจอร์แยกประเภทตามวัสดุที่ใช้

เพื่อความเหมาะสมในการใช้เทคโนโลยีจึงแบ่งเฟอร์นิเจอร์ออกเป็น 4 ประเภท ดังนี้

1. ประเภทขา (Legs Type) หมายถึง เฟอร์นิเจอร์ที่ผลิตจากไม้จริงหรือวัสดุโลหะส่วนใหญ่นำมาทำเป็นโครงสร้างเฟอร์นิเจอร์ที่มีขา เช่น เก้าอี้ โต๊ะ เตียง เป็นต้น

2. ประเภทกล่อง (Box Type) หมายถึง เฟอร์นิเจอร์ที่ผลิตจากไม้วิทยาศาสตร์เป็นส่วนใหญ่ โดยนำมาทำเป็นโครงสร้างรูปร่างลักษณะแบบกล่อง เช่น ตู้เสื้อผ้า ชั้นวางของ เป็นต้น

3. ประเภทบุ (Upholstery) หมายถึง เฟอร์นิเจอร์ที่ผลิตจากไม้จริงหรือวัสดุโลหะมาทำเป็นโครงสร้างภายในแล้วหุ้มทับด้วยผ้าชนิดต่างๆ เช่น หนังเทียม พลาสติก เป็นต้น ตัวอย่างเฟอร์นิเจอร์ประเภทนี้ เช่น เก้าอี้รับแขก ส่วนประกอบของเก้าอี้ชนิดต่างๆ เป็นต้น

4. ประเภทไม้บางอัดโค้ง (Molded Veneer or Plywood) หมายถึง เฟอร์นิเจอร์ที่ผลิตจากไม้บางมาอัดยึดติดเข้าด้วยกัน โดยใช้แบบแม่พิมพ์กาวและแรงอัดเพื่อให้ได้รูปร่างที่ต้องการด้วยวิธีการผ่านความร้อนให้กาวแห้ง

2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.8.1 วรธรรม อุ่นจิตติชัย อุตสาหกรรมการผลิตแผ่นปาร์ติเกิล กลุ่มพัฒนาอุตสาหกรรมไม้ ส่วนวิจัยและพัฒนาผลิตผลป่าไม้ สำนักวิชาการป่าไม้ กรมป่าไม้ 2541 ได้กล่าวไว้ว่าจากการคลุกคลีอยู่กับวงการ การผลิตแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดจนได้ประสบการณ์ควบคุมกับความรู้ ตลอดจนอาศัยการค้นคว้าจากเอกสารการวิจัยต่างๆ ของต่างประเทศ และผู้ที่เขียนได้มีจุดประสงค์ที่จะถ่ายทอดความรู้ ซึ่งถือว่าเป็นเทคโนโลยีอุตสาหกรรมไม้แขนงหนึ่ง แก่บุคคลที่สนใจในการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆ อย่างกว้างขวาง เช่น ใช้ทำไส้ในการผลิตแผ่นไม้อัด ใช้ในการผลิตประตูพื้นเรียบใช้ทำตู้เครื่องเสียงและอื่นๆ ส่วนโรงงานที่จะผลิตแผ่นปาร์ติเกิลนั้นจะต้องมีการลงทุนสูง (วรธรรม อุ่นจิตติชัย, 2541)

2.8.2 คัมภีร์ นนทราช. 2550 ได้ทำการวิจัยเรื่องการพัฒนากากเบียร์เป็นแผ่นวัสดุทดแทนไม้ โดยนำกากเบียร์ที่เหลือจากกระบวนการผลิตเบียร์ในโรงงานอุตสาหกรรมมาแปรสภาพให้เกิดประโยชน์เพิ่มขึ้น โดยการนำกากเบียร์มาอัดเป็นแผ่นประกอบทดแทนไม้ ซึ่งใช้กาวยูเรีย-ฟอร์มัลดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไฮด์เป็นวัสดุประสาน โดยกำหนดเปอร์เซ็นต์ส่วนผสมกาวที่แตกต่างกัน คือ 7% 10% 13% และ 16% และทำการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกลของแผ่นประกอบทดแทนไม้ ที่ได้จากกากเบียร์ ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง (มอก. 966-2533) และสรุปแนวทางการนำวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้ด้วยกากเบียร์ไปใช้งานได้ตรงตามคุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกลที่ได้จากการทดสอบ 5 ด้าน คือ ความหนาแน่น, ด้านความชื้น, ด้านความต้านแรงดัด, ด้านความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า และด้านการดูดซึมความชื้นและขยายตัวตามความหนา

ผลการวิจัยสรุปว่า

1. แผ่นประกอบทดแทนไม้ที่ผลิตจากกากเบียร์ มีผลการทดสอบไม่อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง (มอก. 966-2533)

2. แนวทางการนำวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้ที่ได้จากกากเบียร์ไปใช้งานให้ตรงตามคุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกลที่ได้จากการทดสอบ สามารถสรุปแนวทางได้ คือ คุณสมบัติของแผ่นประกอบที่ได้จากกากเบียร์ไม่เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง (มอก. 966-2533) แต่มีคุณสมบัติที่ใกล้เคียงและสามารถนำมาแปรสภาพเป็นวัสดุตกแต่งที่มีสภาพเทียบเคียงผิว ไม้อัด หรืออุปกรณ์ที่ไม่ต้องการรับแรงเชิงกลมากนัก เช่น ผลิตภัณฑ์จำพวกของตกแต่ง อย่างเช่น ชิ้นส่วนเสริมงานเฟอร์นิเจอร์ประเภทงานกรู ฯลฯ

2.8.3 วรธรรม อุ่นจิตติชัย. 2549 ได้ทำการวิจัยเรื่องการศึกษาคุณสมบัติของแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดที่ผลิตจากเศษไม้ยูคาลิปตัส ด้วยกาวที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม การวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาคุณสมบัติของแผ่นชิ้นไม้อัดที่ได้จากการใช้กาว PVA (กาว Conrol) กาว PVA+ไคโตซาน (กาว Formula1) กาว PVA+ลิกนิน+แป้ง (กาว Formula 2) และกาว PVA+ลิกนิน+ไคโตซาน (กาว Formula 3) เป็นตัวประสาน เท่ากับ 3.62% ในปริมาณเนื้อกาวแห้งเทียบกับน้ำหนักอบแห้งของชิ้นไม้ยูคาลิตัส

จากการทดสอบพบว่า แผ่นชิ้นไม้อัดที่ใช้กาว Formula 1 กาว Formula 2 และกาว Formula 3 เป็นตัวประสาน จะมีค่าการพองตัวหลังการแช่น้ำและการดูซึมน้ำที่ต่ำกว่าแผ่นชิ้นไม้อัดที่กาว Control เป็นตัวประสานให้ค่าความต้านทานแรงดัด (MOR) ค่าอดูลัสยืดหยุ่น (MOE) และค่าแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า (IB) ของแผ่นชิ้นไม้อัด โดยรวมแล้วพบว่า แผ่นชิ้นไม้อัดที่ใช้กาว Formula 2 เป็นตัวประสานมีคุณสมบัติ ด้านต่างๆ โดยรวมดีที่สุด เมื่อทำการทดสอบและเปรียบเทียบกับมาตรฐาน JIS A 5908-1994: Particleboards ผลปรากฏว่าค่าความหนาแน่นและค่าความชื้นของแผ่นชิ้นไม้อัด (813 847 kg/m^3 และ 7.04-7.26% ตามลำดับ) อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด ส่วนค่าความต้านทางแรงดัด (22.90-26.65 MPa) และค่าความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า (1.02 1.51 MPa) มีค่าที่สูงกว่าหรือดีกว่าเกณฑ์มาตรฐานกำหนด แต่อย่างไรก็ตามผลที่ได้จากการทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พบว่า ค่ามอดูลัสยืดหยุ่น (1890.1-2110.0 MPa) และการพองตัวหลังกรแช่น้ำ (20.02-31.01%) ยังคงมีค่าที่ด้อยกว่ามาตรฐานกำหนดและควรปรับปรุงค่าทั้งสองดังกล่าวต่อไป

2.8.4 ฐานันดร รัศมี และมารุต รอดศาสตรา. 2546 ได้ทำการวิจัยเรื่องการทดลองผลิตแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดซึ่งผลิตจากต้นยาสูบแบบมีไส้ และไม่มีไส้ โดยใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ ที่ระดับกาวต่อน้ำหนักแห้งของต้นยาสูบที่แตกต่างกัน คือ 7% 10% และ 13% เป็นตัวเปรียบเทียบคุณสมบัติทางกลและทางกายภาพของแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ด ซึ่งผลิตจากต้นยาสูบแบบมีไส้และไม่มีไส้ จากนั้นนำผลทั้งหมดที่ได้มาเปรียบเทียบกับมาตรฐาน JIS A 5908-1994: Particleboards. ได้ผลสรุปดังนี้ แผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดซึ่งผลิตจากต้นยาสูบแบบมีไส้ มีผลทางด้านคุณสมบัติทางกลและทางกายภาพที่สูงกว่าแบบไม่มีไส้ และการใช้ปริมาณกาวที่เพิ่มขึ้นก็จะทำให้คุณสมบัติทางกลและทางกายภาพของแผ่นปาร์ติเกิลดีขึ้นด้วย เมื่อนำผลทดสอบมาเปรียบเทียบกับมาตรฐาน JIS A 5908-1994 ปรากฏว่าแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดซึ่งผลิตจากต้นยาสูบแบบมีไส้ และไม่มีไส้ มีคุณสมบัติทางกายภาพอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน แต่คุณสมบัติทางกลสามารถอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานเพียงคุณสมบัติความต้านทานแรงดึงตั้งฉากผิวหน้า ส่วนค่าอื่นๆยังคงต่ำกว่ามาตรฐาน JIS A 5908-1994

2.8.5 ชลิต เปรมสมบัติ และวิษณุ ชลิตโกมุท. 2549 ได้ทำการวิจัยเรื่องการศึกษาการผลิตแผ่นชิ้นอัดจากใบอ้อยชนิดชิ้นเดียว มีความหนาแน่นของแผ่น 750 กก./ม.^{3} ความหนาแน่นเท่ากับ 10 มม. ใช้ปริมาตรกาวไอโซไซยาเนต 5% 7% และ 10% ผสมสารกันชื้น 1% กาวฟีนอลฟอร์มัลดิไฮด์ 7% กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 13% และกาวยูเรียฯ ผสมกาวไอโซไซยาเนต ในอัตราส่วน 5% 10% 15% ในสัดส่วนกาวทั้งหมด 13% โดยทั้งหมดเข้าเครื่องอัดร้อน ความดันในการอัด 150 กก./ชม^2 อุณหภูมิในการอัด 120-130 องศาเซลเซียล เวลาในการอัด 5 นาที ส่วนชิ้นใบอ้อยก่อนการผสมกาวมีความชื้นไม่เกิน 5-6% สำหรับกาวทุกประเภทได้แผ่นชิ้นอัดจากใบอ้อยที่มีความหนาแน่นเฉลี่ย 740-790 กก./ ม.^{3} เมื่อทำการทดสอบตามมาตรฐาน JIS A 5908-1994 พบว่าแผ่นทดสอบทางสกายสมบัติ คือ ความชื้น ได้ผ่านเกณฑ์มาตรฐานยกเว้นกาวยูเรียฯ 13% การพองตัวกาวไอโซไซยาเนต 5% 7% และ 10% ผสม PE ผ่านเกณฑ์มาตรฐานยกเว้นกาวยูเรียฟอร์มัลดิไฮด์ 13% และกาวยูเรียฯ ผสมกาวไอโซไซยาเนตในอัตราส่วน 5% 10% 15% ในสัดส่วน 13% และกาวฟีนอลฟอร์มัลดิไฮด์ 7% ส่วนการทดสอบทางกลสมบัติ คือ มอดูลัสแตกร้าว มอดูลัสยืดหยุ่น ความต้านแรงดึง ได้ผ่านเกณฑ์มาตรฐานเฉพาะกาวไอโซไซยาเนต 5% 7% และ 10% ผสม PE ได้ดีกว่ากาวทั้งหมด

จากการเปรียบเทียบคุณสมบัติทางสกายสมบัติและกลสมบัติตามมาตรฐาน JIS A 5908-1994 จะเห็นได้ว่ากาวไอโซไซยาเนต ได้ผ่านเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้ได้ดีกว่า ตัวกาวชนิดอื่นๆ เนื่องจากคุณสมบัติของตัวกาวและปริมาตรที่ใช้ผสม ส่วนกาวชนิดอื่นที่ไม่ผ่านเกณฑ์ควรปรับปรุงคุณสมบัติให้ดีขึ้นโดยใช้ปริมาตรส่วนผสมของกาวไอโซไซยาเนตให้มีปริมาตรเพิ่มขึ้นจากเดิม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลองเพื่อหาคุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกล รวมถึงการทดสอบการนำความร้อน ของวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้จากกากกาแฟผสมชานอ้อย ดังนั้นเพื่อให้สอดคล้องตามวัตถุประสงค์ของงานวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยจึงมีขั้นตอนในการดำเนินการวิจัย ดังนี้

3.1 การกำหนดวัสดุสำหรับผลิตเป็นวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้

3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย

3.3 การศึกษาและพัฒนาวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้ จากกากกาแฟผสมชานอ้อย

3.4 การทดสอบหาคุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกล รวมถึงการทดสอบหาค่าการนำความร้อนของวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้

3.5 การสรุปหาแนวทางการนำวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้ จากกากกาแฟผสมชานอ้อยไปใช้งานด้านเครื่องเรือน หรืองานด้านตกแต่งภายในได้อย่างเหมาะสม

3.6 การเก็บรวบรวมข้อมูล

3.7 การวิเคราะห์ข้อมูล

3.8 สถานที่ดำเนินการวิจัย

3.1 การกำหนดวัสดุสำหรับผลิตเป็นวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้

ในการวิจัยครั้งนี้ได้มีการกำหนดวัตถุดิบสำหรับผลิตเป็นวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้ คือ กากกาแฟและชายอ้อย

จากการศึกษาข้อมูลเบื้องต้นของกากกาแฟพบว่าการผลิตกาแฟในภาคอุตสาหกรรมนั้นจะมีกากกาแฟที่เหลือทิ้งจากการผลิตอยู่เป็นจำนวนมาก กากกาแฟที่เหลือทิ้งส่วนใหญ่จะถูกนำไปขนทิ้งบ้าง หรือประมูลให้กับบริษัทกำจัดขยะของเสีย (บริษัท คอมโพสท์ ยูอิ จำกัด) จากข้อมูลของกรมพัฒนาที่ดินเกี่ยวกับปริมาณวัตถุดิบสำหรับผลิตปุ๋ยอินทรีย์ พบว่าในปี 2549 จังหวัดระนองมีปริมาณกากกาแฟที่ใช้ในการผลิตปุ๋ยอินทรีย์ ประมาณ 20,000 ตัน และข้อมูลจากบริษัท คอมโพสท์ ยูอิ จำกัด ผู้ผลิตและผู้จำหน่ายปุ๋ยอินทรีย์ ตามมาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ 2548 ของกรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ซึ่งเป็นผู้ได้สัปทานกากกาแฟจากโรงงานผู้ผลิตกาแฟหลายแห่ง เช่น จากบริษัท Ajinomoto(Thailand) Co.,ltd, บริษัท Sara Lee Coffee&Tea(Thailand) Co.,Ltd และ บริษัท Toyo Pack Co.,Ltd โดยมีปริมาณกากกาแฟที่ประมูลได้เฉลี่ย 600 ตันต่อเดือน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในโรงงานบางแห่งได้นำกากกาแฟกลับไปใช้เป็นเชื้อเพลิงอีกครั้ง ส่งผลให้เกิดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์กลับสู่ชั้นบรรยากาศก่อให้เกิดภาวะโลกร้อน

กากกาแฟมีลักษณะทางกายภาพเป็นผงละเอียด ในการผลิตเป็นวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้นั้นจะมีการยึดตัวกันค่อนข้างน้อย การนำชานอ้อยมาพัฒนาร่วมกับกากกาแฟอาจจะส่งผลให้สามารถช่วยลดปริมาณการใช้กาวที่มีสารเคมีผสมอยู่ให้น้อยลงได้ เนื่องจากผู้วิจัยได้ทำการศึกษาคุณสมบัติของเส้นใยชานอ้อยพบว่ามีคุณสมบัติในการประสานตัวกันได้เป็นอย่างดีเมื่อเทียบกับเส้นใยธรรมชาติชนิดอื่นๆ (วรธรรม อุ่นจิตติชัยและจรัล ทองสถิต. 2538) โดยกากกาแฟที่ใช้ในงานวิจัยครั้งนี้ได้รับความอนุเคราะห์มาจากบริษัท สตาร์บัคส์ คอฟฟี่ (ประเทศไทย) จำกัด จำนวน 100 กิโลกรัมโดยประมาณ ส่วนชานอ้อยได้รับความอนุเคราะห์จากผู้ผลิตน้ำอ้อยสด ถนนหทัยราษฎร์ เขตคลองสามวาตะวันออกกรุงเทพฯ จำนวน 100 กิโลกรัมโดยประมาณเช่นกัน

3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย

3.2.1 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการพัฒนาแผ่นประกอบ

1. กากกาแฟและชานอ้อย
2. กาวไอโซไซยาเนต
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 เครื่องมือทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกลตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นชิ้นไม้อัดชนิดอัดราบ (มอก. 876-2547)

1. ไม้บรรทัดวัดขนาด
2. ไมโครมิเตอร์
3. เครื่องชั่ง
4. เตาอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. เดซิกเคเตอร์
6. เครื่องดึง
7. เครื่องทดสอบวัสดุ UMT (Universal Tasting Machine)

3.3 การศึกษาและพัฒนาวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้ จากกากกาแฟผสมชานอ้อย

3.3.1 การเตรียมการทดลอง

3.3.1.1 การเตรียมวัตถุดิบ แบ่งเป็นการเตรียมกากกาแฟและการเตรียมชานอ้อย

1. การเตรียมกากกาแฟ โดยนำกากกาแฟที่ได้มาตากแดดให้แห้งสนิทก่อนเพื่อไล่ความชื้นและทำให้กากกาแฟไม่เกิดเชื้อลาได้ โดยค่าความชื้นที่เหมาะสมนั้นกำหนดไว้ที่ 10-12 เปอร์เซ็นต์ (วรธรรม อุ่นจิตติชัย และคณะ, 2550)

2. การเตรียมชานอ้อย โดยนำชานอ้อยมาตากแดดให้แห้งสนิทก่อน ซึ่งชานอ้อยที่ได้มาใหม่ๆ ยังคงมีทั้งเปียกและแห้งปนกันอยู่จึงทำให้ความชื้นยังมีอยู่มาก รวมทั้งยังไม่เหมาะที่จะนำมาอัดเป็นแผ่นได้จึงจำเป็นต้องตากแดดให้แห้งก่อน โดยความชื้นที่เหมาะสมกำหนดไว้ที่ 10-12 เปอร์เซ็นต์ หลังจากตากแดดชานอ้อยจนแห้งสนิทแล้วนำชานอ้อยมาทำการบดย่อยด้วยเครื่อง Hammer Mill ดังรูปที่ 3.1 เครื่องจะทำการสับชานอ้อยแบบหยาบๆ เพื่อให้ชานอ้อยมีชิ้นเล็กมากขึ้น ชานอ้อยจะถูกนำเข้าเครื่องสับโดยมีตะแกรงกรองอยู่ภายในเครื่อง จากนั้นชิ้นชานอ้อยที่ถูกทุบด้วยเหล็กที่อยู่ข้างในเครื่องจะมีขนาดเล็กลงทั้งนี้จะมีลมคอยเป่าชิ้นชานอ้อยออกไปสู่ถุง ในการเลือกใช้ตะแกรงจะมีอยู่หลายขนาดตามความเหมาะสม การป้อนชานอ้อยเข้าเครื่องควรเว้นระยะการป้อนให้พอประมาณที่ชานอ้อยจะไม่อุดช่องภายในได้

รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการบดย่อยชานอ้อยด้วยเครื่อง Hammer Mill

ที่มา : ชนิดา หิรัญรัตนากร. ถ่ายเมื่อวันที่ 5/12/52

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. การคัดแยกชิ้นชานอ้อยโดยการร่อน หลังจากทำการสับย่อยชิ้นชานอ้อยแล้วก็จะได้ชิ้นชานอ้อยที่มีขนาดเล็กและใหญ่ปะปนกันอยู่รวมทั้งฝุ่นละอองที่ไม่ต้องการด้วย เพราะฝุ่นจะทำให้การผสมกาวไม่สม่ำเสมอกันทำให้ความแข็งแรงของแผ่นไม่ทั่วถึงกันด้วย ดังนั้นจึงควรคัดแยกชิ้นชานอ้อยให้ได้ขนาดใกล้เคียงกัน โดยใช้เครื่องร่อนซึ่งจะมีตะแกรงร่อนที่มีขนาดของรูในแต่ละชั้นไม่เท่ากัน การร่อนไม่ควรใส่จำนวนมากเพราะจะทำให้ตะแกรงร่อนอุดตันและทำให้เกิดฝุ่นละอองมากขึ้น หลังจากนั้นปล่อยให้ตะแกรงร่อนสั่นด้วยระบบอัตโนมัติทิ้งไว้เพื่อให้ได้ชิ้นชานอ้อยที่ละเอียด ชิ้นชานอ้อยที่มีขนาดเล็กก็จะผ่านรูตะแกรงไปยังชั้นที่รูเล็กกว่าตามลำดับ ชิ้นชานอ้อยส่วนที่ค้างบนตะแกรงก็จะถูกคัดลงถุงที่ติดไว้ตรงปลายของชั้นร่อน

รูปที่ 3.2 แสดงเครื่องร่อน

ที่มา : ชนิดา หิรัญรัตนากร. ถ่ายเมื่อวันที่ 30/07/52

4. กาวที่ใช้ในการอัดครั้งนี้คือ กาวไอโซไซยาเนตในปริมาณ 7% โดยน้ำหนักเทียบกับน้ำหนักแห้งของกากวัสดุที่ใช้

3.3.2 การพัฒนาวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้ จากกากกาแฟผสมชานอ้อย

3.3.2.1 การผลิตวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้ จากกากกาแฟผสมชานอ้อย เพื่อเปรียบเทียบหาค่าความแข็งแรงของแผ่นในทุกอัตราส่วนที่กำหนด และใช้กาวไอโซไซยาเนตในปริมาณ 7% โดยน้ำหนักเทียบกับน้ำหนักแห้งของกากวัสดุที่ใช้ โดยสามารถสรุป ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.1 ค่าน้ำหนักของชานอ้อยต่อน้ำหนักของกากกาแฟและกาวที่ปริมาณต่างๆ

ใช้น้ำหนักอบแห้งของกากกาแฟผสมชานอ้อย (100%)				
ลำดับที่	อัตราส่วนที่กำหนด	ปริมาณของกากกาแฟ	ปริมาณของชานอ้อย	กาวไอโซไซยาเนต
1.	100:0:7	100%	-	7%
2.	90:10:7	90%	10%	7%
3.	80:20:7	80%	20%	7%
4.	70:30:7	70%	30%	7%
5.	60:40:7	60%	40%	7%
6.	50:50:7	50%	50%	7%
7.	40:60:7	40%	60%	7%
8.	30:70:7	30%	70%	7%
9.	20:80:7	20%	80%	7%
10.	10:90:7	10%	90%	7%
11.	0:100:7	-	100%	7%

***<u>หมายเหตุ</u>: ในการวิจัยครั้งนี้จะต้องผลิตแผ่นจำนวนทั้งหมด 60 แผ่น แล้วสุ่มตัวอย่างไปทดลองคุณสมบัติทางด้านกายภาพและเชิงกล ตามมาตรฐานการทดสอบอุตสาหกรรมแผ่นชิ้นไม้อัดชนิดอัดราบ (มอก. 876-2547) รวมถึงการทดสอบการนำความร้อน ตามมาตรฐาน ASTM C177

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.2.2 สภาวะต่างๆ ที่กำหนดในการผลิต

ตารางที่ 3.2 ตารางแสดงสภาวะต่างๆ ที่กำหนดในการผลิต

ชนิดเยื่อ	แผ่นประกอบ
ความหนาแน่นของแผ่น	800 กก./ม^3
ความหนาของแผ่น	10 มม.
ขนาดของแผ่น	40 x 40 ซม.
ปริมาณกาวไอโซไซยาเนต	7%
ความชื้นของกากกาแฟ	8 – 12%
ปริมาณของกากกาแฟ	100%, 90%, 80%, 70%, 60%, 50%,40%, 30%, 20% และ 10%
ความชื้นของชานอ้อย	8 – 12%
ปริมาณของชานอ้อย	100%, 10%, 20%, 30%, 40%, 50%, 60%, 70%, 80% และ 90%
อุณหภูมิในการอัดร้อน	120 องศาเซลเซียส
แรงอัดในการอัดร้อน	130–150 กก./ ซม.^{2}
ระยะเวลาในการอัดร้อน	5 นาที

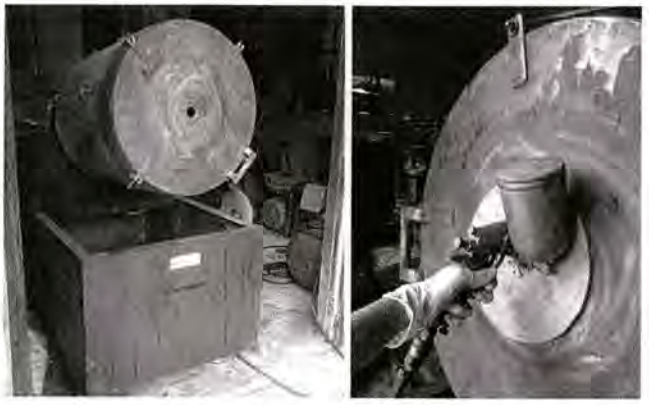
***<u>หมายเหตุ</u>: ปริมาณของกากกาแฟต่อชานอ้อยโดยใช้น้ำหนักอบแห้ง ที่ระดับ 100:0, 90:10, 80:20, 70:30, 60:40, 50:50, 40:60, 30:70, 20:80, 10:90 และ 0:100 ตามลำดับ และใช้กาวไอโซไซยาเนตในปริมาณ 7% โดยน้ำหนักเทียบกับน้ำหนักแห้งของกากวัสดุที่ใช้

3.3.2.3 กรรมวิธีการผลิตแผ่น

1. นำวัตถุดิบที่ผ่านกระบวนการเตรียมไปทำการหาความชื้น แล้วนำค่าที่ได้มาทำการคำนวณหาปริมาณวัตถุดิบทั้งกากกาแฟและชานอ้อย ตามอัตราส่วนต่างๆ ที่กำหนด เมื่อคำนวณแล้วนำมาชั่งน้ำหนักแบ่งตามปริมาณที่คำนวณได้โดยไล่ตามอัตราส่วนต่างๆ ที่กำหนด จากนั้นนำไปผสมกาวไอโซไซยาเนต 7% โดยน้ำหนักเทียบกับน้ำหนักแห้งของกากวัสดุที่ใช้

2. ผสมกาวเข้ากับกากกาแฟและชานอ้อยโดยการใส่เข้าไปในถังผสมกาวแล้วล็อคประตูของถังผสมกาวให้แน่น นำกาวมาเทใส่กระบอกสเปรย์กาวใช้เวลาในการสเปรย์เข้ากับวัตถุดิบประมาณ 10 นาที ใช้กำลังอัดของลมจากเครื่องปั๊มลม 7.4 กก./ ตร.ซม. หลังจากสเปรย์กาวหมดแล้วให้ปล่อยเครื่องหมุนอีกประมาณ 5 นาที เพื่อให้วัตถุดิบและกาวคลุกเคล้ากันได้ทั่วถึง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.3 แสดงวิธีการสเปรย์กาว

ที่มา : ชนิดา หิรัญรัตนากร. ถ่ายเมื่อวันที่ 16/07/52

3. ทำการโรยแผ่นโดยการนำวัตถุดิบที่ผ่านการสเปรย์กาวเรียบร้อยแล้วนำไปชั่งให้ได้น้ำหนักตามการคำนวณแล้วทำการโรยแผ่น โดยใช้แผ่นเหล็ก 1 แผ่น วางรองก่อนแล้วปูทับด้วยแผ่นเทปล่อนอีกชั้นเพื่อป้องกันไม่ให้ติดกับแผ่นเหล็ก นำกล่องขนาด 400 x 400 มม. มาวางบนแผ่นเทปล่อนแล้วทำการโรยวัตถุดิบทั้งหมดลงในกล่องนี้ จากนั้นใช้ฝาขนาดเท่ากับกล่องนำมาอัดวัตถุดิบที่โรยในกล่องให้แน่นและเมื่อยกกล่องออกก็จะไม่แยกกระจาย จากนั้นนำแผ่นเทปล่อนมาวางทับอีกชั้นแล้วทำการปิดทับด้วยแผ่นเหล็กอีกครั้ง นำแผ่นยกเข้าเตาอัดแล้วใช้แท่งเหล็กตันสี่เหลี่ยม หนา 10 มม. นำมาวางตรงข้างแผ่นทั้ง 2 ข้าง จากนั้นจึงพร้อมที่จะอัดร้อน

4. นำเข้าเครื่องอัดร้อน โดยตั้งค่าความหนาแน่นที่ 400-500 กก./ม^3 อุณหภูมิความร้อนที่ 120 °c แรงอัด 25 กก./ม^3 และเวลาอัด 5 นาที

5. การปรับสภาวะแผ่นที่ผ่านการอัดร้อนแล้วจะมีค่าความชื้นที่ไม่สม่ำเสมอก่อนที่จะนำไปทดสอบจะต้องนำไปปรับสภาวะ ที่อุณหภูมิปกติเป็นระยะเวลา 7 วัน แล้วจึงนำไปทดสอบตามขั้นตอนต่อไปได้

6. การตัดชิ้นตัวอย่างเพื่อใช้ในการทดสอบหาคุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกล ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นชิ้นไม้อัดชนิดอัดราบ (มอก. 876-2547) ดังนี้

แผ่นที่ 1 ใช้ทดสอบความหนาแน่น (Density)

แผ่นที่ 2 ใช้ทดสอบความชื้น (Moisturc Content)

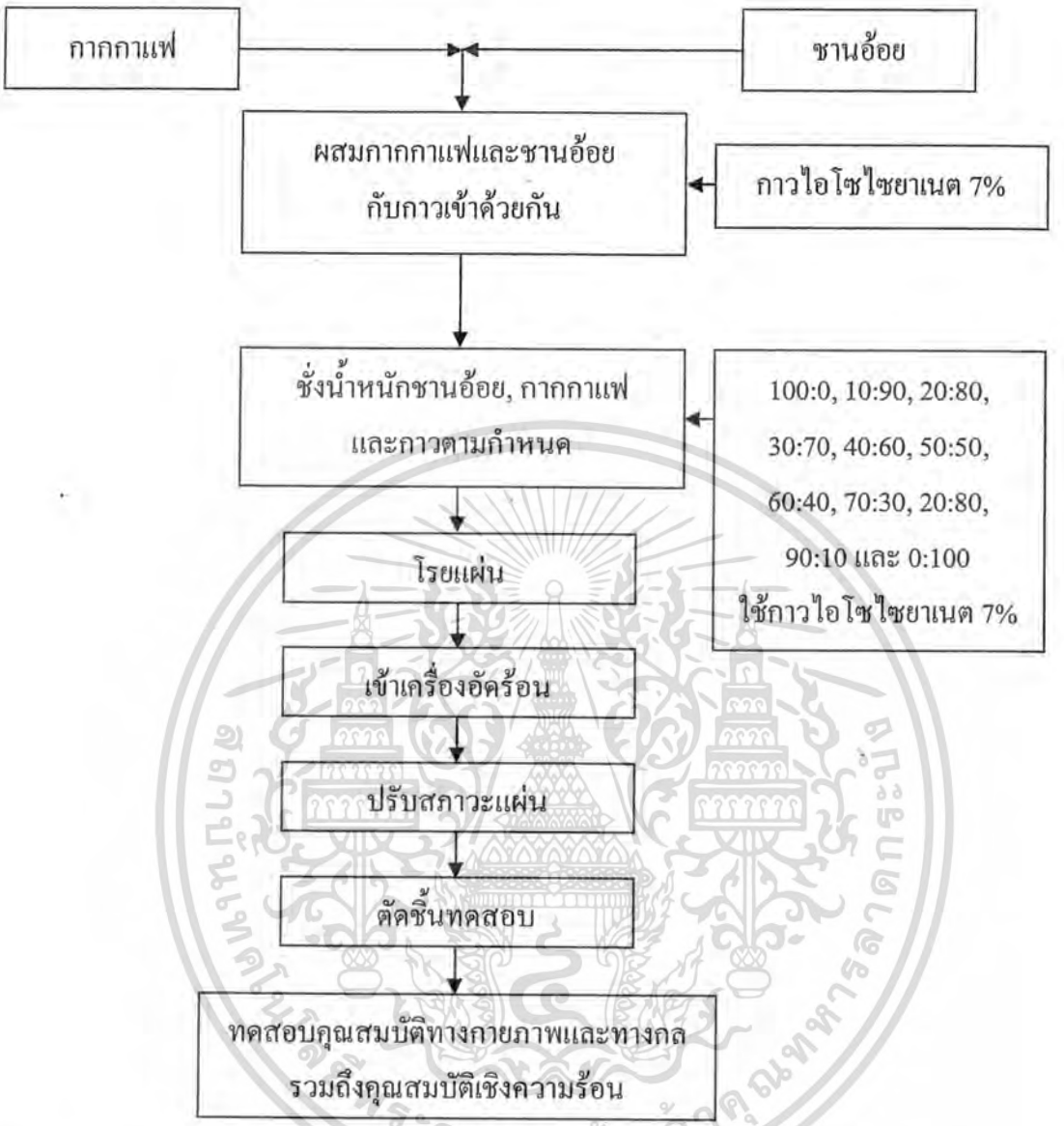
แผ่นที่ 3 ใช้ทดสอบความต้านแรงดัด (Bending Strength)

แผ่นที่ 4 ใช้ทดสอบความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า(Tension Perpendicular to Surface)

แผ่นที่ 5 ใช้ทดสอบการดูดซึมน้ำและการขยายตัวตามความหนา (Water Absorption and Thickness Swelling)

แผ่นที่ 6 การทดสอบหาค่าการนำความร้อน (Thermal Conductivity)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.4 แสดงกรรมวิธีการผลิตวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้ จากกากกาแฟผสมชานอ้อย

3.4 การทดสอบหาคุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกล รวมทั้งการทดสอบหาค่าการนำความร้อนของวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้

3.4.1 การทดสอบหาคุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกล ของแผ่นประกอบทดแทนไม้จากกากกาแฟผสมชานอ้อย ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นชิ้นไม้อัดชนิดอัดราบ (มอก. 876-2547)

3.4.1.1 เป็นการทดสอบความหนาแน่น (Density) เป็นการทดสอบเพื่อหาความหนาแน่นของชิ้นทดสอบด้วยวิธีการดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. นำแผ่นประกอบทดแทนไม้ที่ได้จากการอัด มาตัดให้ได้ขนาด 100 x100 มิลลิเมตร

2. นำแผ่นที่ตัดเรียบร้อยแล้วมาชั่งน้ำหนักแล้วทำการวัดหาขนาดความกว้างและความยาวของชิ้นที่ใช้ทดสอบ จากนั้นนำมาวัดความกว้างและความยาวของชิ้นทดสอบ โดยวางเรื่องมือให้ทำมุมกับแนวของชิ้นทดสอบ ประมาณ 45° แล้วจึงนำค่าที่ได้มาหาค่าเฉลี่ย

3. นำข้อมูลที่ได้จากการทดสอบหาค่าความหนาแน่นจากสูตร

$$\text{ความหนาแน่น กิโลกรัมต่อลูกบาศก์มิลลิเมตร} = \frac{m}{v} \times 10^{6}$$

เมื่อ m คือ มวลของชิ้นทดสอบ เป็น กรัม

v คือ ปริมาตรของชิ้นทดสอบ เป็น ลูกบาศก์มิลลิเมตร

3.4.1.2 การทดสอบความชื้น (Moisture Content) การทดสอบความชื้นเป็นการทดสอบเพื่อหาความชื้นของชิ้นทดสอบด้วยวิธีการดังต่อไปนี้

1. นำแผ่นประกอบทดแทนไม้ที่ได้จากการอัด มาตัดให้ได้ขนาด 100x100 มิลลิเมตร

2. นำแผ่นที่ตัดเรียบร้อนแล้วมาชั่งน้ำหนักแล้วนำมาเข้าตู้อบ ที่อุณหภูมิ 103±2 องศาเซลเซียส ต่อมานำมาใส่เดซิกเคเตอร์เพื่อทำให้เย็น จากนั้นนำมาชั่งน้ำหนักอีกเพื่อหามวลที่อบแห้ง

3. นำข้อมูลที่ได้จากการทดสอบมาหาค่าความชื้นจากสูตร

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

เมื่อ m_1 คือ มวลของชิ้นทดสอบก่อนอบ เป็น กรัม

m_2 คือ มวลของชิ้นทดสอบหลังอบแห้ง เป็น กรัม

3.4.1.3 การทดสอบการต้านแรงดัด (Bending Strength) การทดสอบความต้านแรงดัดเป็นการทดสอบเพื่อหาค่ามอดุลัสแตกร้าวของชิ้นทดสอบด้วยวิธีดังต่อไปนี้

1. นำแผ่นประกอบมดแมนไม้ที่ได้จากการอัด มาตัดให้ได้ขนาด 75x290 มิลลิเมตร

2. นำชิ้นทดสอบที่ทำการตัดแล้วมาวัดจุดที่ต้องการดัด จากนั้นนำมาวางไว้บนแท่นรองรับที่มีระยะห่าง 240 มิลลิเมตร

3. กดบนจุดกึ่งกลางของชิ้นทดสอบ โดยมีอัตราแรงกดที่สม่ำเสมอจนชิ้นทกสอบหัก

4. นำข้อมูลที่ได้จากการทดสอบค่ามอดุลัสแตกร้าวจากสูตร

$$f_m = \frac{3 F_{max} l_1}{2 b t^2}$$

f_m คือ ความต้านแรงดัด เป็นเมกะพาสคัล

F_{max} คือ แรงกดสูงสุดที่ชิ้นทดสอบรับได้ เป็นนิวตัน

l_1 คือ ระยะห่างของแท่งรองรับ เป็นมิลลิเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

b คือ ความกว้างที่จุดกึ่งกลางด้านยาวของชิ้นทดสอบ เป็นมิลลิเมตร

t คือ ความหนาที่จุดกึ่งกลางของชิ้นทดสอบ เป็นมิลลิเมตร

3.4.1.4 การทดสอบความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า (Tension Perpendicular to Surface) การทดสอบความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าเป็นการทดสอบเพื่อหาค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าของชิ้นทดสอบด้วยวิธีการดังต่อไปนี้

1. นำวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้ที่ได้จากการอัดมาตัดให้ได้ขนาด 50x50 มิลลิเมตร

2. นำชิ้นทดสอบที่ตัดแล้วมาติดกับชิ้นอุปกรณ์เหล็กดึงทั้ง 2 ด้าน เพื่อจะทดสอบกับแรงดึงด้วยกาวสังเคราะห์ที่มีแรงยึดมากกว่าแรงยึดในตัวชิ้นทดสอบ

3. นำชิ้นทดสอบที่เตรียมแล้วไปเข้าเครื่องดึง ดึงด้วยแรงดึงที่สม่ำเสมอจรกว่าชิ้นทดสอบจะแยกออกจากกัน

4. นำข้อมูลที่ได้จากการทดสอบมาหาค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าจากสูตร

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

3.4.1.5 การทดสอบการดูดซึมน้ำและการขยายตัวตามความหนา (Water Absorption and Thickness Swilling) การทดสอบการดูดซึมน้ำและการขยายตัวตามความหนา เป็นการทดสอบเพื่อหาค่าการดูดซึมน้ำและการขยายตัวตามความหนาของชิ้นทดสอบ ด้วยวิธีการดังต่อไปนี้

1. นำวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้ที่ได้จากการอัด มาตัดให้ได้ขนาด 100x100 มิลลิเมตร

2. นำแผ่นที่ได้แล้วมาชั่งน้ำหนักและวัดความหนาด้วยเครื่องทดสอบ

3. แช่ชิ้นทดสอบในภาชนะที่บรรจุน้ำนิ่งและสะอาด โดยจัดชิ้นทดสอบให้อยู่ใต้ระดับผิวน้ำ 20 มิลลิเมตร วางชิ้นทดสอบแต่ละชิ้นให้ห่างกัน

4. แช่ชิ้นทดสอบจนครบ 24 ชั่วโมง แล้วนำมาวางไว้บนผ้าหรือกระดาษซับ ทิ้งไว้ 30 วินาที แล้วนำชิ้นทดสอบออกจากผ้าซับ

5. นำชิ้นทดสอบมาชั่งและวัดความหนา หลังจากแช่น้ำแล้ว

6. นำข้อมูลที่ได้จากการทดสอบมาหาค่าการดูดซึมน้ำและการขยายตัวทางความหนาจากสูตร

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

$$\text{ค่าการขยายตามความหนา (ร้อยละ)} = \frac{\text{ความหนาหลังแช่น้ำ(มิลลิเมตร)} - \text{ความหนาก่อนแช่น้ำ(กรัม)} \times 100}{\text{ความหนาก่อนแช่น้ำ(มิลลิเมตร)}}$$

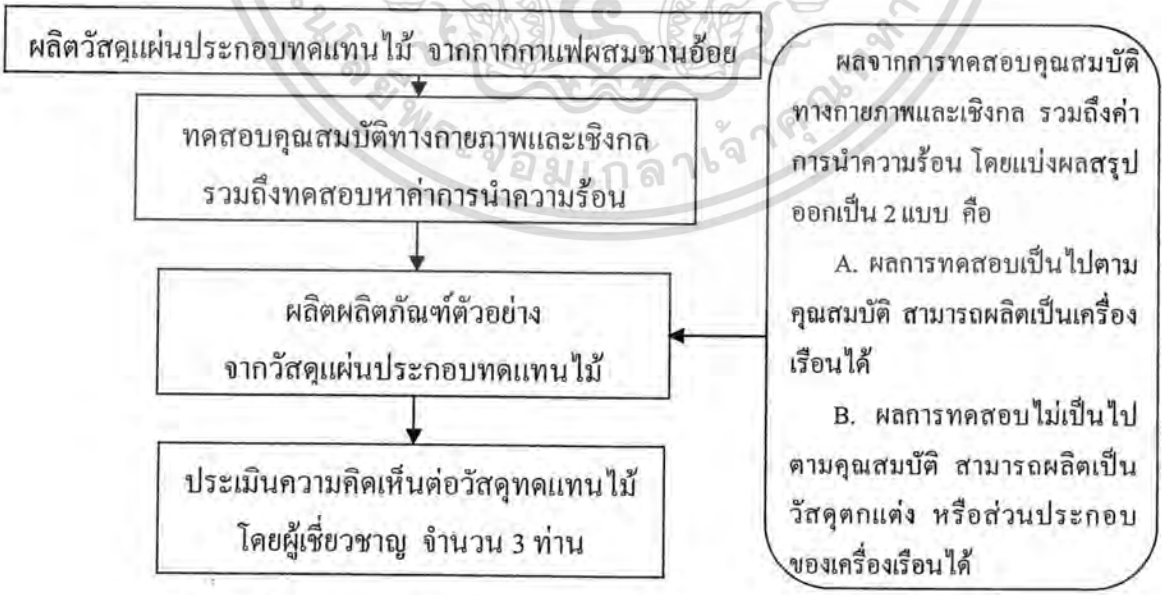
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.2 การทดสอบหาค่าการนำความร้อน (Thermal Conductivity)

ในการวิจัยครั้งนี้ได้มีการทดสอบการนำความร้อน(Thermal Conductivity) โดยยึดตามมาตรฐาน ASTM C177 ซึ่งใช้ Hot Plate และ Cold Plate ทำจากทองแดง มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 นิ้ว หนา 0.125 นิ้ว ให้อุณภูมิของ Hot Plate เท่ากับ 37.7 °C และให้อุณภูมิของ Cold Plate เท่ากับ 10.0 °C โดยอุณหภูมิในห้องทดสอบขณะทำการทดสอบเท่ากับ 28.5 °C ใช้ชิ้นงานทดสอบที่มีขนาดกว้าง 300 x 300 มิลลิเมตร และ หนา 10 มิลลิเมตร ซึ่งในการทดสอบนี้จะมีประโยชน์ในการบ่งชี้ได้ว่าวัสดุสามารถใช้เป็นฉนวนในการลดความร้อนภายในบ้านได้ โดยฉนวนกันความร้อนที่ดีต้องมีค่าความต้านทางความร้อนสูง สัมประสิทธิ์ของการนำความร้อนต่ำ นั้นหมายถึงค่าการนำความร้อนต่ำ จะสามารถทำให้การไหลผ่านฉนวนได้ยาก

3.5 การสรุปหาแนวทางการนำวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้ จากกากกาแฟผสมชานอ้อย ไปใช้งานด้านเครื่องเรือนหรืองานด้านตกแต่งภายใน

การสรุปหาแนวทางการนำวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้นี้ไปใช้งานด้านเครื่องเรือนหรืองานด้านตกแต่งภายในได้นั้น วัสดุต้องผ่านการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกล ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นชิ้นไม้อัดชนิดอัดราบ (มอก.876-2547) รวมถึงการทดสอบหาค่าการนำความร้อน ตามมาตรฐาน ASTM C177 มาแล้ว ผลที่ได้จากการทดสอบเหล่านี้จะสามารถสรุปแนวทางการนำวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้ จากกากกาแฟผสมชานอ้อยไปใช้งานด้านเครื่องเรือนหรืองานด้านตกแต่งภายในได้อย่างเหมาะสม โดยได้สรุปไว้ดังรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 ขั้นตอนการสรุปหาแนวทางการนำวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้ จากกากกาแฟผสมชานอ้อย ไปใช้งานด้านเครื่องเรือนหรืองานด้านตกแต่งภายใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6 การเก็บรวบรวมข้อมูล

การเก็บรวบรวมข้อมูลต่างๆ ที่เกี่ยวกับการศึกษาและพัฒนาวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้ ดังนี้

3.6.1 คำแนะนำจากอาจารย์ที่ปรึกษา

3.6.2 แหล่งความรู้ต่างๆ ได้แก่ กรมป่าไม้, ร้านกาแฟสดไร่คุณหญิง จังหวัดกาญจนบุรี, บริษัท สตาร์บัคส์ คอฟฟี่ (ประเทศไทย) จำกัด, บริษัท คอมโพสท์ จำกัด และบริษัท โคโคบอร์ด จำกัด ศูนย์รวมวัสดุทดแทนไม้

3.6.3 ห้องสมุด ได้แก่ ห้องสมุดคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สำนักหอสมุดกลาง สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, ห้องสมุดภายในกรมป่าไม้, ห้องสมุดกลาง จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, ห้องสมุดงานวิจัย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.), ห้องสมุด สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

3.6.4 คำแนะนำจากผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบและวัสดุทดแทนไม้

3.7 การวิเคราะห์ข้อมูล

3.7.1 วิเคราะห์ข้อมูลจากการทดสอบด้วยเครื่องทดสอบตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม แผ่นชิ้นไม้อัดชนิดอัดราบ (มอก. 876-2547) เพื่อทดสอบหาคุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกลของวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้ จากกากกาแฟผสมชานอ้อย รวมถึงการทดสอบหาค่าการนำความร้อน ตามมาตรฐาน ASTM C177 โดยใช้ค่าสถิติ ค่าเฉลี่ย(Mean, $\overline{X}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation, S.D)

3.7.2 วิเคราะห์เปรียบเทียบหาความแตกต่างของคุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกลของวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้ จากกากกาแฟผสมชานอ้อยในทุกอัตราส่วน โดยใช้กาวไอโซไซยาเนต ในปริมาณ 7% โดยน้ำหนักเทียบกับน้ำหนักแห้งของกากวัสดุที่ใช้ โดยใช้สถิติ Kruskal Wall One-way Analysis of Variance หรือ H Test (ยุทธพงษ์ กัลวรรณ์. 2543 : 158-160)

3.7.3 สรุปหาแนวทางการนำวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้ จากกากกาแฟผสมชานอ้อย ไปใช้งานได้ตรงตามคุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกล รวมถึงค่าการนำความร้อน โดยมีขั้นตอนการสรุปผลหาแนวทางได้ ดังนี้

3.7.3.1 ผลสรุปจากการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกล ของวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้ จากกากกาแฟผสมชานอ้อย ตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นชิ้นไม้อัดชนิดอัดราบ (มอก. 876-2547) รวมถึงการทดสอบหาค่าการนำความร้อน ตามมาตรฐาน ASTM C177 นำมาใช้เป็นแนวทางในการนำวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้ จากกากกาแฟผสมชานอ้อยมาใช้งานด้านเครื่องเรือน หรืองานด้านตกแต่งภายในได้อย่างเหมาะสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.7.3.2 ผู้วิจัยได้สร้างตัวอย่างผลิตภัณฑ์จากวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้ จากกากกาแฟผสมชานอ้อย เพื่อใช้เป็นกรณีศึกษาสำหรับการแปรรูปวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้นี้ โดยวิเคราะห์จากแหล่งข้อมูลต่างๆ ดังนี้

1. ผลสรุปจากการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกล ของวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้ จากกากกาแฟผสมชานอ้อย ตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นชิ้นไม้อัดชนิดอัดราบ (มอก. 876-2547) รวมถึงการทดสอบหาค่าการนำความร้อน ตามมาตรฐาน ASTM C177 นำมาใช้เป็นแนวทางในการนำวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้ จากกากกาแฟผสมชานอ้อยนี้มาใช้งานด้านเครื่องเรือน หรืองานด้านตกแต่งภายใน

2. ศึกษาจากกรอบแนวความคิดถึงประเภทของเครื่องเรือนหรืองานด้านตกแต่งภายในเพื่อเป็นแนวทางในการออกแบบตัวอย่างสำหรับใช้เป็นกรณีศึกษาต่อไป

3. ศึกษาถึงความสัมพันธ์ของสีจากวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้ จากกากกาแฟผสมชานอ้อย ต่อสถานที่ที่เหมาะสมสำหรับการนำไปใช้งาน เพื่อเป็นแนวทางในการออกแบบตัวอย่างสำหรับใช้เป็นกรณีศึกษาต่อไป

4. ศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบ เพื่อเป็นแนวทางในการออกแบบ

5. ศึกษาตัวอย่างเครื่องเรือนแบบต่างๆ ทั้งด้านรูปแบบและวัสดุที่ใช้ในการผลิต

3.7.4 ให้ผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบและวัสดุทดแทนไม้ช่วยประเมินและวิเคราะห์โดยใช้หลักเหตุและผล ในลักษณะของการสัมภาษณ์และการตอบแบบประเมินด้านความคิดเห็น และทำการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติเพื่อหาค่าเฉลี่ย(Mean, $\overline{X}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation, S.D) เพื่อใช้เป็นแนวทางในการนำวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้ จากกากกาแฟผสมชานอ้อยไปใช้งานได้อย่างเหมาะสม โดยมีผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน ดังนี้

1. คุณอรพินท์ สินอมรเวช เป็นผู้ก่อตั้งบริษัทโคโคบอร์ด ศูนย์รวมวัสดุทดแทนไม้

2. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สิงห์ อินทรชูโต อาจารย์ประจำวิชา การออกแบบอาคารเพื่อรักษาสิ่งแวดล้อม สาขาวิชาเทคโนโลยีทางอาคาร คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ร่วมถึงเป็นผู้ก่อตั้งและเป็นดีไซน์เนอร์ บริษัท โอซิซู จำกัด

3. คุณภาวิน เศรษฐบุตร มีตำแหน่งเป็น Principal and Partner Head of Planning & Design บริษัท r k d retail/ iQ

3.8 สถานที่ดำเนินการวิจัย

งานอุตสาหกรรมวัสดุทดแทนไม้ สำนักวิจัยการจัดการป่าไม้ กรมป่าไม้กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เป็นสถานที่สำหรับจัดเตรียมวัสดุ เครื่องมือและอุปกรณ์ต่างๆ ที่ใช้ในการดำเนินการวิจัยการพัฒนาวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้จากกากกาแฟผสมชานอ้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ในการศึกษาและพัฒนาวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้ จากกากกาแฟผสมชานอ้อย ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัยให้มีความสอดคล้องตามวัตถุประสงค์ของงานวิจัยครั้งนี้ โดยสามารถสรุปการวิเคราะห์ข้อมูลต่างๆ ดังนี้

4.1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากการทดสอบด้วยเครื่องทดสอบตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นชิ้นไม้อัดชนิดอัดราบ (มอก. 876-2547) เพื่อทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกลของวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้ จากกากกาแฟผสมชานอ้อย รวมถึงการทดสอบหาค่าการนำความร้อน ตามมาตรฐาน ASTM C177 โดยใช้ค่าสถิติ ค่าเฉลี่ย(Mean, $\overline{X}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation, S.D)

4.2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเปรียบเทียบความแตกต่างของคุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกลของวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้ จากกากกาแฟผสมชานอ้อยในทุกอัตราส่วน และใช้กาวไอโซไซยาเนตในปริมาณ 7% โดยน้ำหนักเทียบกับน้ำหนักแห้งของกากวัสดุที่ใช้ โดยใช้สถิติ Kruskal Wall One-way Analysis of Variance หรือ H Test

4.3 สรุปหาแนวทางการนำวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้ จากกากกาแฟผสมชานอ้อย ไปใช้งานได้ตรงตามคุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกล

4.4 ให้ผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบและวัสดุทดแทนไม้ ช่วยประเมินและวิเคราะห์โดยใช้หลักเหตุและผล ในลักษณะของการสัมภาษณ์และการตอบแบบประเมินด้านความคิดเห็น และทำการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติเพื่อหาค่าเฉลี่ย(Mean, $\overline{X}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation, S.D) เพื่อใช้เป็นแนวทางในการนำวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้ จากกากกาแฟผสมชานอ้อยไปใช้งานได้อย่างเหมาะสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากการทดสอบด้วยเครื่องทดสอบตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นชิ้นไม้อัดชนิดอัดราบ (มอก. 876-2547) เพื่อทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกลของวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้ จากกากกาแฟผสมชานอ้อย รวมถึงการทดสอบหาค่าการนำความร้อน ตามมาตรฐาน ASTM C177 โดยใช้ค่าสถิติ ค่าเฉลี่ย(Mean, $\overline{X}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation, S.D)

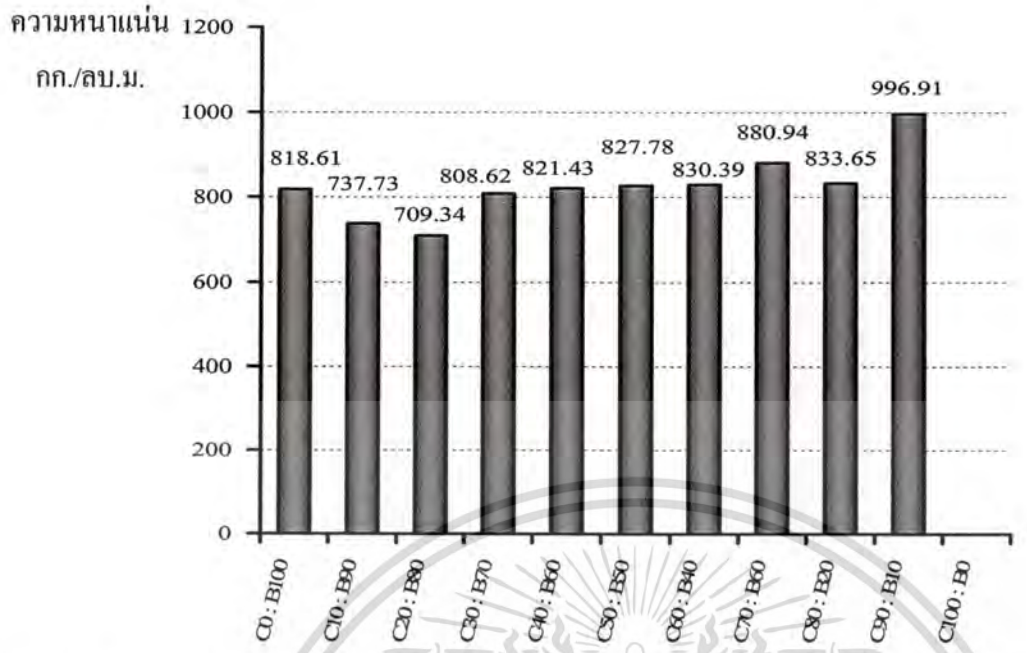
จากการทดสอบวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้ จากกากกาแฟผสมชานอ้อย จำนวน 90 แผ่น โดยแบ่งตามอัตราส่วนการผสมวัสดุระหว่างกากกาแฟผสมชานอ้อย คือ ปริมาณของกากกาแฟต่อชานอ้อยโดยใช้น้ำหนักอบแห้ง ที่ระดับ 100:0, 90:10, 80:20, 70:30, 60:40, 50:50, 40:60, 30:70, 20:80, 10:90 และ 0:100 ตามลำดับ และใช้กาวไอโซไซยาเนตในปริมาณ 7% โดยน้ำหนักเทียบกับน้ำหนักแห้งของกากวัสดุที่ใช้ เพื่อการหาค่าเฉลี่ย (Mean, $\overline{X}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation, S.D) ของการทดสอบในแต่ละด้านและได้นำเสนอในรูปของตาราง ดังนี้

1. ความหนาแน่น (Density)

ตารางที่ 4.1 แสดงค่าความหนาแน่นของวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้ จากกากกาแฟผสมชานอ้อย

อัตราส่วนที่กำหนด		จำนวนแผ่นที่ทดสอบ	ความหนาแน่น		มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นชิ้นไม้อัดชนิดอัดราบ (มอก. 876-2547) กก./ลบ.ม.
กาแฟ	ชานอ้อย		$\overline{X}$ กก./ลบ.ม.	S.D	
0	100	9	818.61	84.99	400 - 900
10	90	9	737.73	99.11	
20	80	9	709.34	37.29	
30	70	9	808.62	30.53	
40	60	9	821.43	51.36	
50	50	9	827.78	40.83	
60	40	9	830.39	67.83	
70	30	9	880.94	46.46	
80	20	9	833.65	46.56	
90	10	9	996.91	81.42	
100	0	0	ไม่สามารถทดสอบวัดค่าได้		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



สัญลักษณ์ : C แทนด้วย กากกาแฟ
B แทนด้วย ชานอ้อย

รูปที่ 4.1 แสดงค่าเฉลี่ยของความหนาแน่นของวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้ จากกากกาแฟผสมชานอ้อย ตามอัตราส่วนต่างๆ ที่กำหนด ซึ่งค่าตามคุณสมบัติมาตรฐานเท่ากับ 400-900 กก./ลบ.มม

จากตารางที่ 4.1 และรูปที่ 4.1 พบว่าวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้ จากกากกาแฟผสมชานอ้อย ในปริมาณกากกาแฟต่อชานอ้อยที่ระดับ 90:10 ไม่เป็นไปตามเกณฑ์ผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นชิ้นไม้อัดชนิดราบ (มอก.876-2547) ที่กำหนดไว้ 400-900 กก./ลบ.ม. ส่วนที่ระดับ 0:10, 10:90, 20:80, 30:70, 40:60, 50:50, 60:40, 70:30 และ 80:20 อยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดไว้

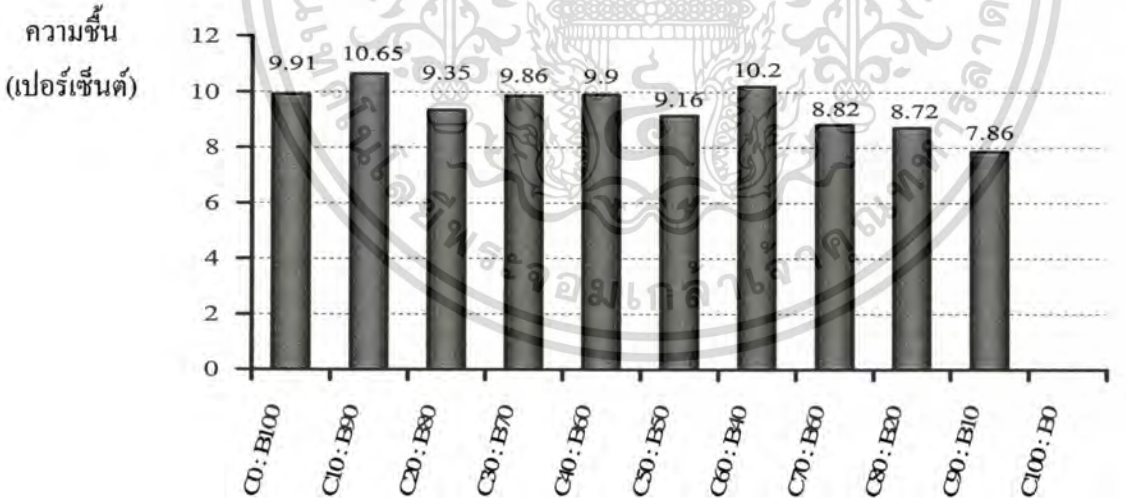
โดยในปริมาณกากกาแฟต่อชานอ้อยที่ระดับ 20:80 มีค่าความหนาแน่นน้อยที่สุด คือ 709.34 กก./ลบ.ม. และที่ระดับ 90:10 มีค่าความหนาแน่นมากที่สุด คือ 996.91 กก./ลบ.ม. ส่วนที่ระดับ 0:100, 10:90, 30:70, 40:60, 50:50, 60:40, 70:30 และ 80:20 มีค่าความหนาแน่น 818.61, 737.73, 808.62, 821.43, 827.78, 830.39, 880.94 และ 833.65 กก./ลบ.ม. ตามลำดับ และสุดท้ายในปริมาณกากกาแฟที่ระดับ 100 ไม่สามารถหาค่าความหนาแน่นได้ เนื่องจากกากกาแฟที่อัดเป็นแผ่นสำเร็จรูปแล้วนั้น ไม่สามารถยึดเกาะตัวติดกันเป็นแผ่นได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ความชื้น (Moisture Content)

ตารางที่ 4.2 แสดงค่าความชื้นของวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้ จากกากกาแฟผสมชานอ้อย

อัตราส่วนที่กำหนด		จำนวนแผ่นที่ทดสอบ	ความชื้น		มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม แผ่นชิ้นไม้อัดชนิดอัดราบ (มอก. 876-2547) (เปอร์เซ็นต์)
กาแฟ	ชานอ้อย		$\overline{X}$ (เปอร์เซ็นต์)	S.D	
0	100	9	9.91	0.34	4 - 13
10	90	9	10.65	0.38	
20	80	9	9.35	6.37	
30	70	9	9.86	0.36	
40	60	9	9.90	0.13	
50	50	9	9.16	0.19	
60	40	9	10.20	0.25	
70	30	9	8.82	0.24	
80	20	9	8.72	0.13	
90	10	9	7.86	0.37	
100	0	0	ไม่สามารถทดสอบวัดค่าได้		



สัญลักษณ์ : C แทนด้วย กากกาแฟ

B แทนด้วย ชานอ้อย

รูปที่ 4.2 แสดงค่าเฉลี่ยของความหนาแน่นของวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้ จากกากกาแฟผสมชานอ้อย ตามอัตราส่วนต่างๆ ที่กำหนด ซึ่งค่าตามคุณสมบัติมาตรฐานเท่ากับ 4-13 เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 4.2 และรูปที่ 4.2 พบว่าวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้ จากกากกาแฟผสมชานอ้อย ในปริมาณกากกาแฟต่อชานอ้อยที่ระดับ 0:100, 10:90, 20:80, 30:70, 40:60, 50:50, 60:40, 70:30, 80:20 และ 90:10 เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นชิ้นไม้อัดชนิดราบ (มอก. 876-2547) ที่กำหนดไว้ 4-13 เปอร์เซ็นต์

โดยในปริมาณกากกาแฟต่อชานอ้อยที่ระดับ 90:10 มีค่าความชื้นน้อยที่สุด คือ 7.86 เปอร์เซ็นต์ และที่ระดับ 10:90 มีค่าความชื้นมากที่สุด คือ 10.65 เปอร์เซ็นต์ ส่วนที่ระดับ 0:100, 20:80, 30:70, 40:60, 50:50, 60:40, 70:30 และ 80:20 มีค่าความชื้น 9.91, 9.35, 9.86, 9.90, 9.16, 10.20, 8.82 และ 8.72 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และสุดท้ายในปริมาณกากกาแฟที่ระดับ 100 ไม่สามารถหาค่าความชื้นได้ เนื่องจากกากกาแฟที่อัดเป็นแผ่นสำเร็จรูปแล้วนั้น ไม่สามารถยึดเกาะตัวติดกันเป็นแผ่นได้

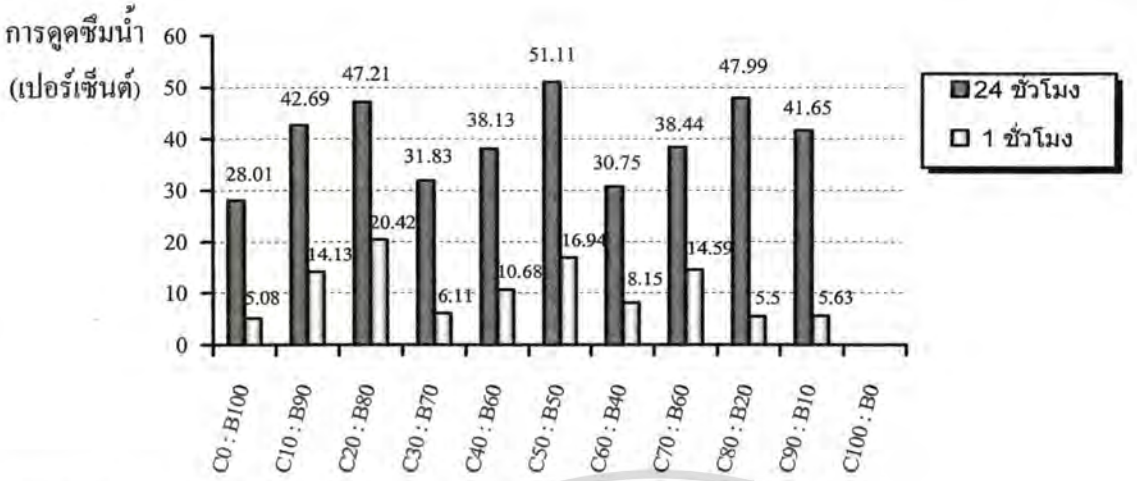
3. การดูดซึมน้ำและการขยายตัวทางความหนา (Water Absorption and Thickness Swelling)

3.1 การดูดซึมน้ำ

ตารางที่ 4.3 แสดงค่าการดูดซึมน้ำของวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้ จากกากกาแฟผสมชานอ้อย

อัตราส่วนที่กำหนด		จำนวนแผ่นที่ทดสอบ	การดูดซึมน้ำ				มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นชิ้นไม้อัดชนิดอัดราบ (มอก. 876-2547) (เปอร์เซ็นต์)
			$\overline{X}$ (เปอร์เซ็นต์)		S.D		
กาแฟ	ชานอ้อย		1 hrs	24 hrs	1 hrs	24 hrs	
0	100	9	5.08	28.01	1.14	5.52	ไม่ได้ระบุไว้
10	90	9	14.13	42.69	5.57	9.90	
20	80	9	20.42	47.21	18.22	19.26	
30	70	9	6.11	31.83	2.46	6.15	
40	60	9	10.68	38.13	7.54	10.73	
50	50	9	16.94	51.11	14.82	17.54	
60	40	9	8.15	30.75	4.84	9.07	
70	30	9	14.59	38.44	10.26	13.40	
80	20	9	5.50	47.99	23.81	34.61	
90	10	9	5.63	41.65	2.35	13.12	
100	0	0	ไม่สามารถทดสอบวัดค่าได้				

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



สัญลักษณ์ : C แทนด้วย กากกาแฟ

B แทนด้วย ชานอ้อย

รูปที่ 4.3 แสดงค่าเฉลี่ยของการดูดซึมน้ำของวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้ จากกากกาแฟผสมชานอ้อย ตามอัตราส่วนต่างๆ ที่กำหนด

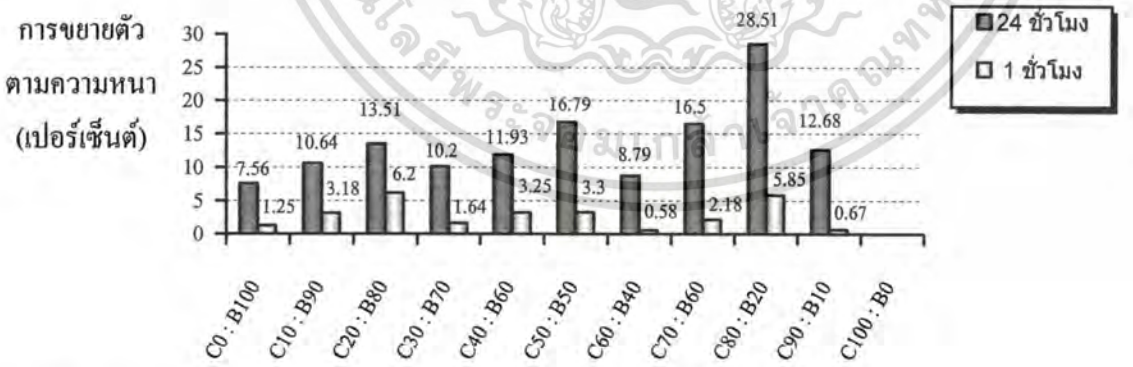
จากตารางที่ 4.3 และรูปที่ 4.3 พบว่าวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้ จากกากกาแฟผสมชานอ้อย ในปริมาณกากกาแฟต่อชานอ้อยที่ระดับ 0:100 ที่ได้ทดสอบการแช่น้ำที่ 1 ชั่วโมง มีค่าการดูดซึมน้ำน้อยที่สุด คือ 5.08 เปอร์เซ็นต์ และที่ระดับ 50:50 มีค่าการดูดซึมน้ำมากที่สุด คือ 16.94 เปอร์เซ็นต์ ต่อมาการทดสอบการแช่น้ำที่ 24 ชั่วโมง ที่ระดับ 0:100 มีค่าการดูดซึมน้ำน้อยที่สุด คือ 28.01 เปอร์เซ็นต์ และที่ระดับ 50:50 มีค่าการดูดซึมน้ำมากที่สุด คือ 51.11 เปอร์เซ็นต์ ส่วนที่ระดับ 20:80, 30:70, 40:60, 60:40, 70:30, 80:20 และ 90:10 ที่ได้ทดสอบการแช่น้ำ 1 ชั่วโมง มีค่าการดูดซึมน้ำ 14.13, 20.42, 6.11, 10.68, 8.15, 14.59, 5.50 และ 5.63 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และที่ระดับ 20:80, 30:70, 40:60, 60:40, 70:30, 80:20 และ 90:10 ที่ได้ทดสอบการแช่น้ำที่ 24 ชั่วโมง มีค่าการดูดซึมน้ำ 42.69, 47.21, 31.83, 38.13, 30.75, 38.44, 47.99 และ 41.65 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และสุดท้ายในปริมาณกากกาแฟที่ระดับ 100 ไม่สามารถหาค่าค่าการดูดซึมน้ำได้ เนื่องจากกากกาแฟที่อัดเป็นแผ่นสำเร็จรูปแล้วนั้น ไม่สามารถยึดเกาะตัวติดกันเป็นแผ่นได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 การขยายตัวตามความหนา

ตารางที่ 4.4 แสดงค่าการขยายตัวตามความหนาของวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้ จากกากกาแฟผสมชานอ้อย

อัตราส่วนที่กำหนด		จำนวนแผ่นที่ทดสอบ	การขยายตัวตามความหนา				มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นชิ้นไม้อัดชนิดอัดราบ (มอก. 876-2547) (เปอร์เซ็นต์)
			$\overline{X}$ (เปอร์เซ็นต์)		S.D		
กาแฟ	ชานอ้อย		1 hrs	24 hrs	1 hrs	24 hrs	
0	100	9	1.25	7.56	1.77	1.85	< 12
10	90	9	3.18	10.64	1.57	1.53	
20	80	9	6.20	13.51	4.15	3.41	
30	70	9	1.64	10.20	0.73	2.44	
40	60	9	3.25	11.93	1.83	1.32	
50	50	9	3.30	16.79	3.22	4.65	
60	40	9	0.58	8.79	2.99	3.08	
70	30	9	2.18	16.50	0.54	5.31	
80	20	9	5.85	28.51	2.72	11.17	
90	10	9	0.67	12.68	1.52	2.86	
100	0	0	ไม่สามารถทดสอบวัดค่าได้				



สัญลักษณ์ : C แทนด้วย กากกาแฟ
B แทนด้วย ชานอ้อย

รูปที่ 4.4 แสดงค่าเฉลี่ยของการขยายตัวตามความหนาของวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้ จากกากกาแฟผสมชานอ้อย ตามอัตราส่วนต่างๆ ที่กำหนด ซึ่งค่าตามคุณสมบัติมาตรฐานเท่ากับไม่เกินกว่า 20 เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 4.4 และรูปที่ 4.4 พบว่าวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้ จากกากกาแฟผสมชานอ้อย ในปริมาณกากกาแฟต่อชานอ้อยระดับที่ 20:80, 50:50, 70:30, 80:20 และ 90:10 ที่ได้ทดสอบการแช่น้ำ 24 ชั่วโมง ไม่เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นชิ้นไม้อัดชนิดราบ (มอก.876-2547) ที่กำหนดไว้ไม่เกินกว่า 20 เปอร์เซ็นต์ ส่วนระดับที่ 0:100, 10:90, 80:20, 30:70, 40:60, 50:50, 60:40, 70:30, 80:20 และ 90:10 ที่ได้ทดสอบการแช่น้ำ 1 ชั่วโมง และระดับที่ 0:100, 10:90, 30:70, 40:60 และ 60:40 ที่ได้ทดสอบการแช่น้ำ 24 ชั่วโมง มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดไว้

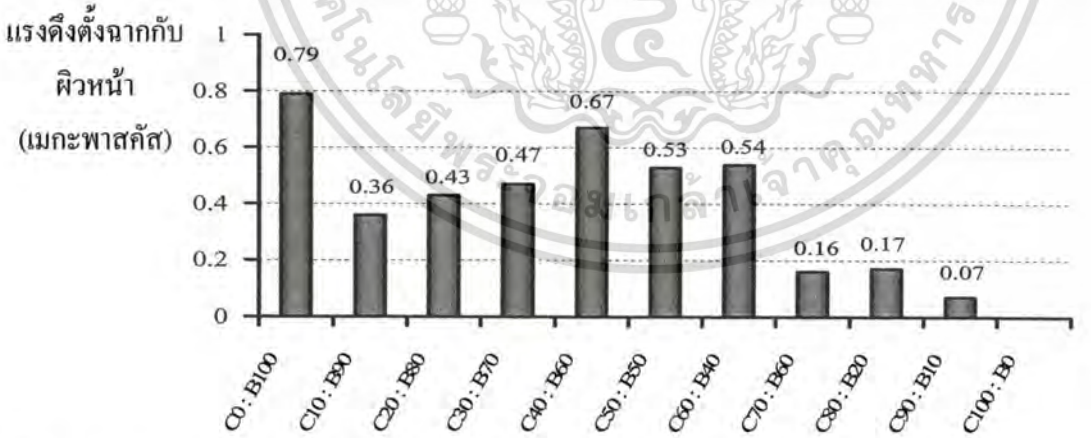
โดยในปริมาณกากกาแฟต่อชานอ้อยที่ระดับ 60:40 ที่ได้ทดสอบการแช่น้ำ 1 ชั่วโมง มีค่าการขยายตัวตามความหนาน้อยที่สุด คือ 0.58 เปอร์เซ็นต์ และที่ระดับ 80:20 มีค่าการขยายตัวตามความหนามากที่สุด คือ 5.85 เปอร์เซ็นต์ ต่อมาการทดสอบการแช่น้ำ 24 ชั่วโมง ที่ระดับ 0:100 มีค่าการขยายตัวตามความหนาน้อยที่สุด คือ 7.56 เปอร์เซ็นต์ และที่ระดับ 80:20 มีค่าการขยายตัวตามความหนามากที่สุด คือ 28.51 เปอร์เซ็นต์ ส่วนที่ระดับ 0:100, 10:90, 20:80, 30:70, 40:60, 50:50, 70:30 และ 90:10 ที่ได้ทดสอบการแช่น้ำ 1 ชั่วโมง มีค่าการขยายตัวตามความหนา 1.25, 3.18, 6.20, 1.64, 3.25, 3.30, 2.18 และ 0.67 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และที่ระดับ 10:90, 20:80, 30:70, 40:60, 50:50, 60:40, 70:30 และ 90:10 ที่ได้ทดสอบการแช่น้ำ 24 ชั่วโมง มีค่าการขยายตัวตามความหนา 10.64, 13.51, 10.20, 11.93, 16.79, 8.79, 16.50 และ 12.68 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และสุดท้ายในปริมาณกากกาแฟที่ระดับ 100 ไม่สามารถหาค่าการขยายตัวตามความหนาได้ เนื่องจากกากกาแฟที่อัดเป็นแผ่นสำเร็จรูปแล้วนั้น ไม่สามารถยึดเกาะตัวติดกันเป็นแผ่นได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหนัง (Tension Perpendicular to Surface)

ตารางที่ 4.5 แสดงความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าของวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้ จากกาก กาแฟผสมชานอ้อย

อัตราส่วนที่กำหนด		จำนวนแผ่นที่ทดสอบ	แรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า		มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม แผ่นชิ้นไม้อัดชนิดอัดราบ (มอก. 876-2547) (เมกะพาสคัล)
กาแฟ	ชานอ้อย		$\overline{X}$ (เมกะพาสคัล)	S.D	
0	100	9	0.79	0.21	> 0.40
10	90	9	0.36	0.12	
20	80	9	0.43	0.11	
30	70	9	0.47	0.13	
40	60	9	0.67	0.19	
50	50	9	0.53	0.11	
60	40	9	0.54	0.21	
70	30	9	0.16	0.27	
80	20	9	0.17	0.11	
90	10	9	0.07	0.07	
100	0	0	ไม่สามารถทดสอบวัดค่าได้		



สัญลักษณ์ : C แทนด้วย กากกาแฟ

B แทนด้วย ชานอ้อย

รูปที่ 4.5 แสดงค่าเฉลี่ยของความแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าของวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้ จากกากกาแฟผสมชานอ้อย ตามอัตราส่วนต่างๆ ที่กำหนด ซึ่งค่าตามคุณสมบัติมาตรฐานเท่ากับ ไม่น้อยกว่า 0.40 เมกะพาสคัส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 4.5 และรูปที่ 4.5 พบว่าวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้ จากกากกาแฟผสมชานอ้อย ในปริมาณกากกาแฟต่อชานอ้อยระดับที่ 10:90, 70:30, 80:20 และ 90:10 ไม่เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นชิ้นไม้อัดชนิดราบ (มอก.876-2547) ที่กำหนดไว้ไม่น้อยกว่า 0.40 เมกะพาสคัล ส่วนระดับที่ 0:100, 20:80, 30:70, 40:60, 50:50 และ 60:40 มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดไว้

โดยในปริมาณกากกาแฟต่อชานอ้อยที่ระดับ 0:100 มีค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าน้อยที่สุด คือ 0.79 เมกะพาสคัล และที่ระดับ 90:10 มีค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้ามากที่สุด คือ 0.07 เมกะพาสคัล ส่วนที่ระดับ 10:90, 20:80, 30:70, 40:60, 50:50, 60:40, 70:30 และ 80:20 มีค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า 0.36, 0.43, 0.47, 0.67, 0.53, 0.54, 0.16 และ 0.17 เมกะพาสคัสตามลำดับ และสุดท้ายในปริมาณกากกาแฟที่ระดับ 100 ไม่สามารถหาค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าได้ เนื่องจากกากกาแฟที่อัดเป็นแผ่นสำเร็จรูปแล้วนั้น ไม่สามารถยึดเกาะตัวติดกันเป็นแผ่นได้

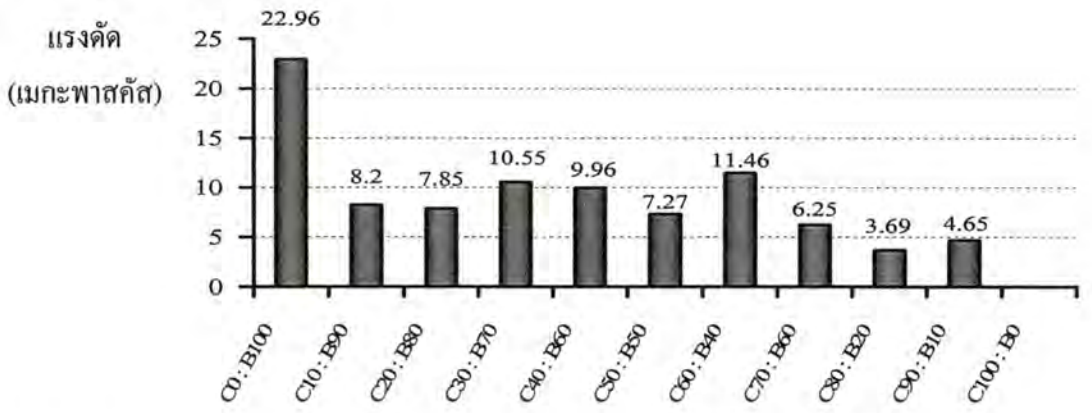
5. ความต้านแรงดัดและมอดูลัสยืดหยุ่น (Bending Strength and Modulus of Elasticity)

5.1 ความต้านแรงดัด

ตารางที่ 4.6 แสดงความต้านแรงดัดของวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้ จากกากกาแฟผสมชานอ้อย

อัตราส่วนที่กำหนด		จำนวนแผ่นที่ทดสอบ	ความต้านแรงดัด		มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นชิ้นไม้อัดชนิดอัดราบ (มอก. 876-2547) (เมกะพาสคัส)
กาแฟ	ชานอ้อย		$\overline{X}$ (เมกะพาสคัส)	S.D	
0	100	9	22.96	4.09	> 14
10	90	9	8.20	1.70	
20	80	9	7.85	2.08	
30	70	9	10.55	1.87	
40	60	9	9.96	2.33	
50	50	9	7.27	1.97	
60	40	9	11.46	1.76	
70	30	9	6.25	2.00	
80	20	9	3.69	0.86	
90	10	9	4.65	2.85	
100	0	0	ไม่สามารถทดสอบวัดค่าได้		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



สัญลักษณ์ : C แทนด้วย กากกาแฟ

B แทนด้วย ชานอ้อย

รูปที่ 4.6 แสดงค่าเฉลี่ยของความต้านแรงดัดของวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้ จากกากกาแฟผสมชานอ้อย ตามอัตราส่วนต่างๆ ที่กำหนด ซึ่งค่าตามคุณสมบัติมาตรฐานเท่ากับไม่น้อยกว่า 14 เมกะพาสคัล

จากตารางที่ 4.6 และรูปที่ 4.6 พบว่าวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้ จากกากกาแฟผสมชานอ้อย ในปริมาณกากกาแฟต่อชานอ้อยที่ระดับ 10:90, 20:80, 30:70, 40:60, 50:50, 60:40, 70:30, 80:20 และ 90:10 ไม่เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นชิ้นไม้อัดชนิดราบ (มอก.876-2547) ที่กำหนดไว้ไม่น้อยกว่า 14 เมกะพาสคัล ส่วนระดับที่ 0:100 มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดไว้

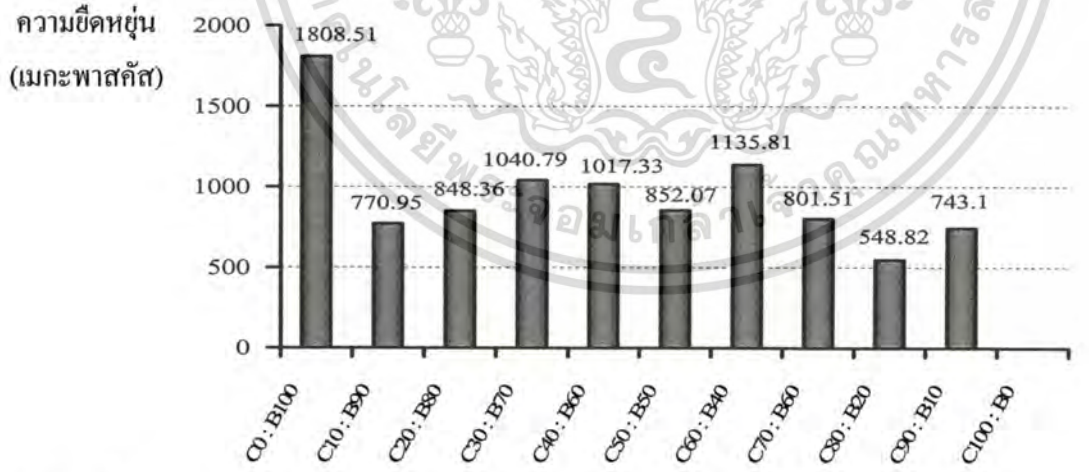
โดยในปริมาณกากกาแฟต่อชานอ้อยที่ระดับ 80:20 มีค่าความต้านแรงดัดน้อยที่สุด คือ 3.69 เมกะพาสคัล และที่ระดับ 0:100 มีค่าความต้านแรงดัดมากที่สุด คือ 22.96 เมกะพาสคัล ส่วนที่ระดับ 10:90, 20:80, 30:70, 40:60, 50:50, 60:40, 70:30 และ 90:10 มีค่าความต้านแรงดัด 8.20, 7.85, 10.55, 9.96, 7.27, 11.46, 6.25 และ 4.65 เมกะพาสคัล ตามลำดับ และสุดท้ายในปริมาณกากกาแฟที่ระดับ 100 ไม่สามารถหาค่าความต้านแรงดัดได้ เนื่องจากกากกาแฟที่อัดเป็นแผ่นสำเร็จรูปแล้วนั้น ไม่สามารถยึดเกาะตัวติดกันเป็นแผ่นได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 มอดูลัสยืดหยุ่น

ตารางที่ 4.7 แสดงความยืดหยุ่นของวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้ จากกากกาแฟผสมชานอ้อย

อัตราส่วนที่กำหนด		จำนวนแผ่นที่ทดสอบ	มอดูลัสยืดหยุ่น		มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม แผ่นชิ้นไม้อัดชนิดอัดราบ (มอก. 876-2547) (เมกะพาสคัล)
กาแฟ	ชานอ้อย		$\overline{X}$ (เมกะพาสคัล)	S.D	
0	100	9	1808.51	327.92	> 1800
10	90	9	770.95	162.10	
20	80	9	848.36	213.79	
30	70	9	1040.79	161.03	
40	60	9	1017.33	222.44	
50	50	9	852.07	219.77	
60	40	9	1135.81	172.29	
70	30	9	801.51	250.19	
80	20	9	540.82	105.31	
90	10	9	743.10	465.72	
100	0	0	ไม่สามารถทดสอบวัดค่าได้		



สัญลักษณ์ : C แทนด้วย กากกาแฟ

B แทนด้วย ชานอ้อย

รูปที่ 4.7 แสดงค่าเฉลี่ยของมอดูลัสยืดหยุ่นของวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้ จากกากกาแฟผสมชานอ้อย ตามอัตราส่วนต่างๆ ที่กำหนด ซึ่งค่าตามคุณสมบัติมาตรฐานเท่ากับมากกว่า 1800 เมกะพาสคัส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 4.7 และรูปที่ 4.7 พบว่าวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้ จากกากกาแฟผสมชานอ้อย ในปริมาณกากกาแฟต่อชานอ้อยที่ ระดับ 10:90, 20:80, 30:70, 40:60, 50:50, 60:40, 70:30, 80:20 และ 90:10 ไม่เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาห กรรมแผ่นชิ้นไม้อัดชนิดราบ (มอก.876-2547) ที่กำหนดไว้มากกว่า 1800 เมกะพาสคัส ส่วนระดับที่ 0:100 มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดไว้

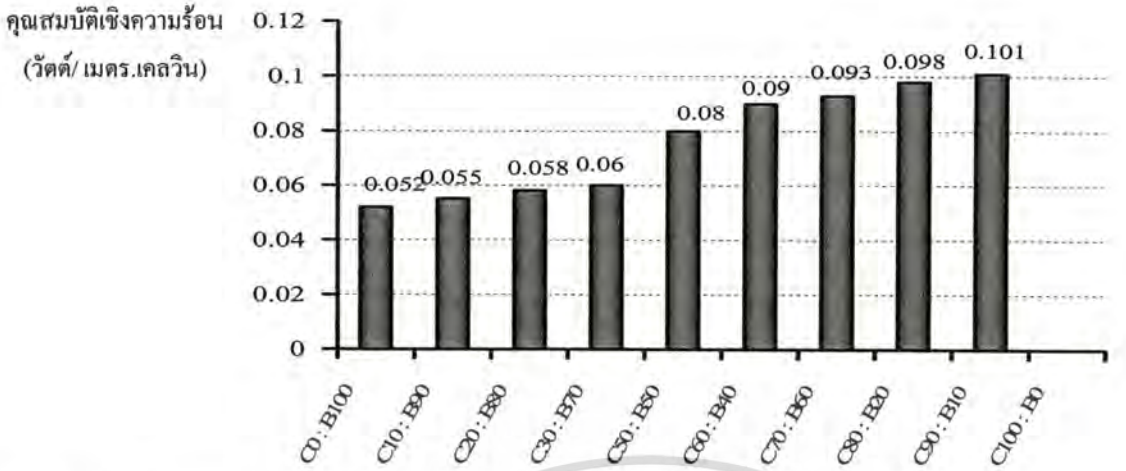
โดยในปริมาณกากกาแฟต่อชานอ้อยระดับที่ 80:20 มีค่ามอดูลัสยืดหยุ่นน้อยที่สุด คือ 548.82 เมกะพาสคัส และที่ระดับ 0:100 มีค่ามอดูลัสยืดหยุ่นมากที่สุด คือ 1808.51 เมกะพาสคัส ส่วนที่ระดับ 10:90, 20:80, 30:70, 40:60, 50:50, 60:40, 70:30 และ 90:10 มีค่ามอดูลัสยืดหยุ่น 770.95, 848.36, 1040.79, 1017.33, 852.07, 1135.81, 801.51 และ 743.10 เมกะพาสคัส ตามลำดับ และสุดท้ายในปริมาณกากกาแฟที่ระดับ 100 ไม่สามารถหาค่ามอดูลัสยืดหยุ่นได้ เนื่องจากกากกาแฟที่อัดเป็นแผ่นสำเร็จรูปแล้วนั้น ไม่สามารถยึดเกาะตัวติดกันเป็นแผ่นได้

6. ค่าการนำความร้อน

ตารางที่ 4.8 แสดงค่าการนำความร้อนของวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้ จากกากกาแฟผสมชานอ้อย ตามมาตรฐาน ASTM C177

อัตราส่วนที่กำหนด		จำนวนแผ่นที่ทดสอบ	การนำความร้อน (วัตต์/ เมตร.เคลวิน)	ค่าการนำความร้อนของวัสดุฉนวนกันความร้อนทั่วๆ ไป ตามท้องตลาด (วัตต์/ เมตร.เคลวิน)
กาแฟ	ชานอ้อย			
0	100	2	0.052	0.017 - 0.023 = ฉนวนพียูโฟม 0.038 = ฉนวนใยแก้ว 0.038 - 0.042 = ฉนวนเยื่อกระดาษ 0.030 = ฉนวน PE โฟม *หมายเหตุ: ฉนวนกันความร้อนที่ดีต้องมีค่าความต้านทางความร้อนสูง สัมประสิทธิ์ของการนำความร้อนต่ำนั้นหมายถึงค่าการนำความร้อนต่ำ จะสามารถทำให้การไหลผ่านฉนวนได้ยาก
10	90	2	0.055	
20	80	2	0.058	
30	70	2	0.060	
40	60	2	0.065	
50	50	2	0.080	
60	40	2	0.090	
70	30	2	0.093	
80	20	2	0.098	
90	10	2	0.101	
100	0	0	ไม่สามารถทดสอบวัดค่าได้	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



สัญลักษณ์ : C แทนด้วย กากกาแฟ

B แทนด้วย ชานอ้อย

รูปที่ 4.8 แสดงค่าเฉลี่ยของค่าการนำความร้อนของวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้ จากกากกาแฟผสมชานอ้อย ตามมาตรฐาน ASTM C177

จากตารางที่ 4.8 และรูปที่ 4.8 พบว่าวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้ จากกากกาแฟผสมชานอ้อยที่ได้ผ่านการทดสอบการนำความร้อน ตามมาตรฐาน ASTM C177 โดยในปริมาณกากกาแฟต่อชานอ้อยที่ระดับ 0:100 มีค่าการนำความร้อนสูงที่สุด คือ 0.101 วัตต์/ เมตร.เคลวิน ส่วนที่ระดับ 20:80, 30:70, 40:60, 50:50, 60:40, 70:30, 80:20 และ 90:10 มีค่าการนำความร้อน 0.055, 0.058, 0.060, 0.065, 0.080, 0.090, 0.093 และ 0.098 วัตต์/ เมตร.เคลวิน ตามลำดับ และสุดท้ายในปริมาณกากกาแฟที่ระดับ 100 ไม่สามารถหาค่าการนำความร้อนได้ เนื่องจากกากกาแฟที่อัดเป็นแผ่นสำเร็จรูปแล้วนั้น ไม่สามารถยึดเกาะตัวติดกันเป็นแผ่นได้

จากผลการทดสอบหาค่าการนำความร้อนทั้งหมดนี้สามารถสรุปได้ว่า วัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้ในทุกอัตราส่วนที่ทดสอบนี้ยังไม่สามาถนำมาใช้งานเป็นวัสดุฉนวนกันความร้อนได้ เมื่อมีการเปรียบเทียบกับค่าการนำความร้อนของวัสดุฉนวนกันความร้อนทั่วๆ ไปในท้องตลาด คือ ค่าการนำความร้อนของฉนวนพียูโฟม มีค่า 0.017 - 0.023 วัตต์/ เมตร.เคลวิน, ฉนวนใยแก้ว มีค่า 0.038วัตต์/ เมตร.เคลวิน, ฉนวนเยื่อกระดาษ มีค่า 0.038 - 0.042 วัตต์/ เมตร.เคลวิน และฉนวน PE โฟม มีค่า 0.030 วัตต์/ เมตร.เคลวิน ซึ่งฉนวนกันความร้อนที่ดีต้องมีค่าความต้านทางความร้อนสูง สัมประสิทธิ์ของการนำความร้อนต่ำ นั้นหมายถึงค่าการนำความร้อนต่ำ จะสามารถทำให้การไหลผ่านฉนวนได้ยาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเปรียบเทียบความแตกต่างของคุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกลของวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้ จากกากกาแฟผสมชานอ้อยในทุกอัตราส่วน และใช้กาวไอโซไซยาเนตในปริมาณ 7% โดยน้ำหนักเทียบกับน้ำหนักแห้งของกากวัสดุที่ใช้ โดยใช้สถิติ Kruskal Wall One-way Analysis of Variance หรือ H Test

1. ความหนาแน่น (Density)

ตารางที่ 4.9 แสดงความแตกต่างของคุณสมบัติทางกายภาพ ด้านความหนาแน่นของวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้ จากกากกาแฟผสมชานอ้อย

อัตราส่วนที่กำหนด		จำนวน	ค่าเฉลี่ยของลำดับ	Chi-square	df	Sig
กาแฟ	ชานอ้อย	(n)	(Mean Rank)			
0	100	9	45.67	39.028	9	.000
10	90	9	83.11			
20	80	9	46.78			
30	70	9	65.11			
40	60	9	47.56			
50	50	9	43.67			
60	40	9	42.22			
70	30	9	34.11			
80	20	9	27.44			
90	10	9	19.33			
100	0	0	ไม่สามารถทดสอบวัดค่าได้			

จากตารางที่ 4.9 พบว่าจากการเปรียบเทียบความแตกต่างของคุณสมบัติทางกายภาพ ด้านความหนาแน่นของวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้ จากกากกาแฟผสมชานอ้อย ในอัตราส่วนการผสมวัสดุที่แตกต่างกันทั้ง 10 ระดับ จะมีคุณสมบัติทางกายภาพ ด้านความหนาแน่นแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญที่ .05

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ความชื้น (Moisture Content)

ตารางที่ 4.10 แสดงความแตกต่างของคุณสมบัติทางกายภาพ ด้านความชื้นของวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้ จากกากกาแฟผสมชานอ้อย

อัตราส่วนที่กำหนด		จำนวน	ค่าเฉลี่ยของลำดับ	Chi-square	df	Sig
กาแฟ	ชานอ้อย	(n)	(Mean Rank)			
0	100	9	58.56	65.711	9	.000
10	90	9	7.89			
20	80	9	20.11			
30	70	9	23.67			
40	60	9	69.56			
50	50	9	34.00			
60	40	9	57.22			
70	30	9	55.67			
80	20	9	46.44			
90	10	9	81.89			
100	0	0	ไม่สามารถทดสอบวัดค่าได้			

จากตารางที่ 4.10 พบว่าจากการเปรียบเทียบความแตกต่างของคุณสมบัติทางกายภาพ ด้านความความชื้นของวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้ จากกากกาแฟผสมชานอ้อย ในอัตราส่วนการผสมวัสดุที่แตกต่างกันทั้ง 10 ระดับ จะมีคุณสมบัติทางกายภาพ ด้านความความชื้นแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญที่ .05

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. การดูดซึมน้ำและการขยายตัวทางความหนา (Water Absorption and Swelling)

3.1 การดูดซึมน้ำ

ตารางที่ 4.11 แสดงความแตกต่างของคุณสมบัติทางกายภาพ ด้านการดูดซึมน้ำของวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้ จากกากกาแฟผสมชานอ้อย

อัตราส่วนที่กำหนด		จำนวน	ค่าเฉลี่ยของลำดับ	Chi-square	df	Sig
กาแฟ	ชานอ้อย	(n)	(Mean Rank)			
0	100	9	28.50	31.198	9	.000
10	90	9	28.50			
20	80	9	79.00			
30	70	9	51.00			
40	60	9	34.44			
50	50	9	34.44			
60	40	9	53.11			
70	30	9	40.28			
80	20	9	42.94			
90	10	9	62.78			
100	0	0	ไม่สามารถทดสอบวัดค่าได้			

จากตารางที่ 4.11 พบว่าจากการเปรียบเทียบความแตกต่างของคุณสมบัติทางกายภาพ ด้านการดูดซึมน้ำของวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้ จากกากกาแฟผสมชานอ้อย ในอัตราส่วนการผสมวัสดุที่แตกต่างกันทั้ง 10 ระดับ จะมีคุณสมบัติทางกายภาพ ด้านการดูดซึมน้ำแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญที่ .05

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 การขยายตัวทางความหนา

ตารางที่ 4.12 แสดงความแตกต่างของคุณสมบัติทางกายภาพ ด้านการขยายตัวทางความหนาของวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้ จากกากกาแฟผสมชานอ้อย

อัตราส่วนที่กำหนด		จำนวน	ค่าเฉลี่ยของลำดับ	Chi-square	df	Sig
กาแฟ	ชานอ้อย	(n)	(Mean Rank)			
0	100	9	25.17	66.996	9	.000
10	90	9	25.17			
20	80	9	84.56			
30	70	9	72.56			
40	60	9	36.89			
50	50	9	5.00			
60	40	9	59.89			
70	30	9	43.72			
80	20	9	52.61			
90	10	9	49.44			
100	0	0	ไม่สามารถทดสอบวัดค่าได้			

จากตารางที่ 4.12 พบว่าจากการเปรียบเทียบความแตกต่างของคุณสมบัติทางกายภาพ ด้านการขยายตัวทางความหนาของวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้ จากกากกาแฟผสมชานอ้อย ในอัตราส่วนการผสมวัสดุที่แตกต่างกันทั้ง 10 ระดับ จะมีคุณสมบัติทางกายภาพ ด้านการขยายตัวทางความหนาแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญที่ .05

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า (Tension Perpendicular to Surface)

ตารางที่ 4.13 แสดงความแตกต่างของคุณสมบัติทางเชิงกล ด้านความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าของวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้ จากกากกาแฟผสมชานอ้อย

อัตราส่วนที่กำหนด		จำนวน	ค่าเฉลี่ยของลำดับ	Chi-square	df	Sig
กาแฟ	ชานอ้อย	(n)	(Mean Rank)			
0	100	9	78.44	60.676	9	.000
10	90	9	8.00			
20	80	9	18.11			
30	70	9	28.78			
40	60	9	59.56			
50	50	9	57.44			
60	40	9	70.67			
70	30	9	51.33			
80	20	9	45.67			
90	10	9	37.00			
100	0	0	ไม่สามารถทดสอบวัดค่าได้			

จากตารางที่ 4.13 พบว่าจากการเปรียบเทียบความแตกต่างของคุณสมบัติทางเชิงกล ด้านความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าของวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้ จากกากกาแฟผสมชานอ้อย ในอัตราส่วนการผสมวัสดุที่แตกต่างกันทั้ง 10 ระดับ จะมีคุณสมบัติทางเชิงกล ด้านความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญที่ .05

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. ความต้านแรงดัดและมอดูลัสยืดหยุ่น (Bending Strength and Modulus of Elasticity)

5.1 ความต้านแรงดัด

ตารางที่ 4.14 แสดงความแตกต่างของคุณสมบัติทางเชิงกล ด้านความต้านแรงดัดของวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้ จากกากกาแฟผสมชานอ้อย

อัตราส่วนที่กำหนด		จำนวน	ค่าเฉลี่ยของลำดับ	Chi-square	df	Sig
กาแฟ	ชานอ้อย	(n)	(Mean Rank)			
0	100	9	86.00	65.887	9	.000
10	90	9	19.11			
20	80	9	10.78			
30	70	9	27.67			
40	60	9	69.22			
50	50	9	35.89			
60	40	9	58.00			
70	30	9	63.00			
80	20	9	41.56			
90	10	9	43.78			
100	0	0	ไม่สามารถทดสอบวัดค่าได้			

จากตารางที่ 4.14 พบว่าจากการเปรียบเทียบความแตกต่างของคุณสมบัติทางเชิงกล ด้านความต้านแรงดัดของวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้ จากกากกาแฟผสมชานอ้อย ในอัตราส่วนการผสมวัสดุที่แตกต่างกันทั้ง 10 ระดับ จะมีคุณสมบัติทางเชิงกล ด้านความต้านแรงดัดแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญที่ .05

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 ค่ามอดูลัสยืดหยุ่น

ตารางที่ 4.15 แสดงความแตกต่างของคุณสมบัติทางเชิงกล ด้านค่ามอดูลัสยืดหยุ่นของวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้ จากกากกาแฟผสมชานอ้อย

อัตราส่วนที่กำหนด		จำนวน	ค่าเฉลี่ยของลำดับ	Chi-square	df	Sig
กาแฟ	ชานอ้อย	(n)	(Mean Rank)			
0	100	9	86.00	50.448	9	.000
10	90	9	37.78			
20	80	9	12.89			
30	70	9	34.67			
40	60	9	65.56			
50	50	9	38.67			
60	40	9	54.89			
70	30	9	56.44			
80	20	9	37.67			
90	10	9	30.44			
100	0	0	ไม่สามารถทดสอบวัดค่าได้			

จากตารางที่ 4.15 พบว่าจากการเปรียบเทียบความแตกต่างของคุณสมบัติทางเชิงกล ด้านค่ามอดูลัสยืดหยุ่นของวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้ จากกากกาแฟผสมชานอ้อย ในอัตราส่วนการผสมวัสดุที่แตกต่างกันทั้ง 10 ระดับ จะมีคุณสมบัติทางเชิงกล ด้านค่ามอดูลัสยืดหยุ่นแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญที่ .05

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. ค่าการนำความร้อน

ตารางที่ 4.16 แสดงความแตกต่างค่าการนำความร้อน ตามการทดสอบมาตรฐาน ASTM C177 ของวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้ จากกากกาแฟผสมชานอ้อย

อัตราส่วนที่กำหนด		จำนวน	ค่าเฉลี่ยของลำดับ	Chi-square	df	Sig
กาแฟ	ชานอ้อย	(n)	(Mean Rank)			
0	100	2	1.00	9.000	9	.437
10	90	2	2.00			
20	80	2	3.00			
30	70	2	4.00			
40	60	2	5.00			
50	50	2	6.00			
60	40	2	7.00			
70	30	2	8.00			
80	20	2	9.00			
90	10	2	10.00			
100	0	0	ไม่สามารถทดสอบวัดค่าได้			

จากตารางที่ 4.16 พบว่าจากการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าการนำความร้อน ตามมาตรฐาน ASTM C177 ของวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้ จากกากกาแฟผสมชานอ้อย ในอัตราส่วนการผสมวัสดุที่แตกต่างกันทั้ง 10 ระดับ จะมีค่าการนำความร้อนแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญที่ .05

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 สรุปแนวทางการนำวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้ จากกากกาแฟผสมชานอ้อย ไปใช้งานได้ตรงตามคุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกลที่ได้จากการทดสอบ

จากการวิเคราะห์ข้อมูลการทดสอบวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้ จากกากกาแฟผสมชานอ้อยนั้น อัตราส่วนของปริมาณชานอ้อยที่ระดับ 100 มีคุณสมบัติเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นชิ้นไม้อัดชนิดอัดราบ (มอก.876-2547) แต่ทั้งนี้แผ่นวัสดุทดแทนไม้ในปริมาณชานอ้อยที่ระดับ 100 เป็นเพียงการทดสอบคุณสมบัติจำเพาะของวัสดุเพียงอย่างเดียวเท่านั้น ซึ่งเป็นการหาคุณสมบัติเฉพาะตัวของตัวกากกาแฟและตัวชานอ้อยว่ามีคุณสมบัติเฉพาะตัวอย่างไรก่อนการนำวัสดุทั้ง 2 ชนิดมาทดสอบผสมกันตามอัตราส่วนที่กำหนด ซึ่งจุดประสงค์ของงานวิจัยครั้งนี้คือการศึกษาและพัฒนาแผ่นประกอบทดแทนไม้จากกากกาแฟและชานอ้อย

ดังนั้นในผลการทดสอบแผ่นประกอบทดแทนไม้ที่มีอัตราส่วนของปริมาณกากกาแฟต่อชานอ้อยที่ระดับ 10:90, 20:80, 30:70, 40:60, 50:50, 60:40, 70:30, 80:20 และ 90:10 นั้น มีคุณสมบัติของแผ่นที่ยังไม่ได้เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นชิ้นไม้อัดชนิดอัดราบ (มอก. 876-2547) จึงยังไม่สามารถนำไปทำเป็นเฟอร์นิเจอร์ หรืออุปกรณ์ขนาดใหญ่ที่ต้องรับแรงเชิงกลได้มากนัก แต่มีคุณสมบัติใกล้เคียงและสามารถนำมาแปรรูปเป็นวัสดุตกแต่งที่มีสภาพเทียบเคียงกับไม้อัดได้ โดยในอัตราส่วนของปริมาณกากกาแฟต่อชานอ้อยโดยใช้น้ำหนักอบแห้งที่ระดับ 60:40 มีคุณสมบัติของแผ่นที่เป็นใกล้เคียงตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นชิ้นไม้อัดชนิดอัดราบ (มอก. 876-2547) มากที่สุด ในส่วนของการนำความร้อน ยังไม่สามาถนำมาใช้งานเป็นวัสดุฉนวนกันความร้อนได้ เนื่องจากค่าการนำความร้อนยังมีค่าที่สูงกว่าค่าการนำความร้อนของวัสดุฉนวนกันความร้อนตามท้องตลาดทั่วๆ ไป ในแง่ของการผลิตเครื่องเรือน หรืองานด้านตกแต่งภายในพบว่า วัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้นี้ไม่จำเป็นต้องย้อมสีไม้ เนื่องจากสีของวัสดุเป็นสีที่เกิดจากเนื้อของกากกาแฟ ทำให้แผ่นมีสีที่คงทนถาวรไม่ซีดจางทำให้ช่วยลดขั้นตอนการย้อมสีไม้ รวมทั้งพื้นผิวของแผ่นมีลักษณะเป็นแผ่นเรียบ ไม่มีเสี้ยนที่เกิดจากผิววัสดุช่วยลดขั้นตอนการขัดผิววัสดได้เช่นกัน

จากการวิเคราะห์ข้อมูลของผลการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกล ของวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้ จากกากกาแฟผสมชานอ้อยนั้นสรุปได้ว่า หากมีกากกาแฟในปริมาณที่มากกว่าชานอ้อย จะทำให้คุณสมบัติทางกายภาพ คือ ความหนาแน่น, ความชื้น, การดูดซึมน้ำและการขยายตัวตามความหนาได้ดีกว่า และหากมีชานอ้อยในปริมาณที่มากกว่ากากกาแฟนั้น ก็จะทำให้มีคุณสมบัติเชิงกล คือ ความต้านแรงดัด, ความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า ได้ดีกว่าเช่นกัน และในส่วนของค่าการนำความร้อนนั้น พบว่าหากมีกากกาแฟในปริมาณมากขึ้นจะทำให้ค่าการนำความร้อนมีค่าที่สูงขึ้นตามกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.17 แสดงค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) ของการทดสอบต่างๆ ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นชิ้นไม้อัดชนิดราบ (มอก. 876-2547) และค่าการนำความร้อนตามมาตรฐาน ASTM C177

อัตราส่วนที่กำหนด		ความหนาแน่น (Density)	ความชื้น (Moisture Content)	การดูดซึมน้ำ (Water Absorption)		การขยายตัวตามความหนา (Thickness Swelling)		แรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า (Tension Perpendicular to Surface)	ความต้านแรงดัด (Bending Strength)	มอดูลัสยืดหยุ่น (Modulus of Elasticity)	ค่าการนำความร้อน (Thermal Conductivity)
กาแฟ	ชานอ้อย	(มอก.876-2547) 400-900 กก./ลบ.ม.	(มอก.876-2547) 4-13 เปอร์เซ็นต์	(มอก.876-2547) ไม่มีระบุ		(มอก.876-2547) < 12 เปอร์เซ็นต์		(มอก.876-2547) > 0.40 เมกะพาสคัล	(มอก.876-2547) > 14 เมกะพาสคัล	(มอก.876-2547) > 1800 เมกะพาสคัล	(ASTM C177) (วัตต์/ เมตร.เคลวิน)
				1 hrs	24 hrs	1 hrs	24 hrs				
0	100	*818.61	*9.91	5.08	28.01	*1.25	*7.56	*0.79	*22.96	*1808.51	0.052
10	90	*737.73	*10.65	14.13	42.69	*3.18	*10.64	0.36	8.20	770.95	0.055
20	80	*709.34	*9.35	20.42	47.21	*6.20	13.51	*0.43	7.85	848.36	0.058
30	70	*808.62	*9.86	6.11	31.83	*1.64	*10.20	*0.47	10.55	1040.79	0.060
40	60	*821.43	*9.90	10.68	38.13	*3.25	*11.93	*0.67	9.96	1017.33	0.065
50	50	*827.78	*9.16	16.94	51.11	*3.30	16.79	*0.53	7.27	852.07	0.080
60	40	*830.39	*10.20	8.15	30.75	*0.58	*8.79	*0.54	11.46	1135.81	0.090
70	30	*880.94	*8.82	14.59	38.44	*2.18	16.50	0.16	6.25	801.51	0.093
80	20	*833.65	*8.72	5.50	47.99	*5.85	28.51	0.17	3.69	548.82	0.098
90	10	996.91	*7.86	5.63	41.65	*0.67	12.68	0.07	4.65	743.10	0.101
100	0	ไม่สามารถทดสอบวัดค่าได้									

หมายเหตุ: * คือ ค่าที่ผ่านตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นชิ้นไม้อัดชนิดราบ (มอก. 876-2547) และค่าการนำความร้อน ตามมาตรฐาน ASTM C177

4.4 ให้ผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบและวัสดุทดแทนไม้ ช่วยประเมินและวิเคราะห์โดยใช้หลักเหตุและผล ในลักษณะของการสัมภาษณ์และการตอบแบบประเมินด้านความคิดเห็น และทำการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติเพื่อหาค่าเฉลี่ย(Mean, $\overline{X}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation, S.D) เพื่อใช้เป็นแนวทางในการนำวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้ จากกากกาแฟผสมชานอ้อยไปใช้งานได้อย่างเหมาะสม

โดยมีผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบและวัสดุทดแทนไม้ จำนวน 3 ท่าน ดังนี้

1. คุณอรพินท์ สินอมรเวช เป็นผู้ก่อตั้งบริษัทโคโคบอร์ด ศูนย์รวมวัสดุทดแทนไม้

2. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สิงห์ อินทรชูโต อาจารย์ประจำวิชา การออกแบบอาคารเพื่อรักษาสิ่งแวดล้อม สาขาวิชาเทคโนโลยีทางอาคาร คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ร่วมถึงเป็นผู้ก่อตั้งและเป็นดีไซน์เนอร์ บริษัท โอซิซู จำกัด

3. คุณภาวิน เศรษฐบุตร มีตำแหน่งเป็น Principal and Partner Head of Planning & Design บริษัท r k d retail/ iQ

ผู้วิจัยได้จัดทำแบบประเมินด้านความคิดเห็นเกี่ยวกับการออกแบบและวัสดุทดแทนไม้ ซึ่งมีระดับความคิดเห็น 5 ระดับ โดยมีเกณฑ์การแปลความหมายค่าเฉลี่ยระดับความคิดเห็น ดังนี้

4.50 - 5.00	หมายถึง	ระดับดีมากที่สุด
3.50 - 4.49	หมายถึง	ระดับดีมาก
2.50 - 3.49	หมายถึง	ระดับปานกลาง
1.50 - 2.49	หมายถึง	ระดับปรับปรุง
1.00 - 1.49	หมายถึง	ระดับปรับปรุงอย่างมาก

ซึ่งสามารถสรุปผลการประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญได้ ดังนี้

4.4.1 สรุปการประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ โดยการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติเพื่อหาค่าเฉลี่ย(Mean, $\overline{X}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation, S.D)

4.4.2 สรุปการประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญจากการสัมภาษณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชานอ้อย 40 : กากกาแฟ 60
(เป็นสัดส่วนที่ใช้ในการประกอบเป็นผลิตภัณฑ์นี้)

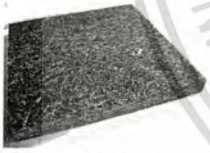
รูปที่ 4.9 แสดงภาพแผ่นประกอบทดแทนไม้ จากกากกาแฟผสมชานอ้อย
ในปริมาณของกากกาแฟต่อชานอ้อยที่ระดับ 60:40
นำมาใช้ประกอบเป็นตัวอย่างเครื่องเรือน
ที่มา : ชนิดา หิรัญรัตนากร. ถ่ายเมื่อวันที่ 19/03/53

ชานอ้อย 10 : กากกาแฟ 90

ชานอ้อย 20 : กากกาแฟ 80

ชานอ้อย 30 : กากกาแฟ 70

ชานอ้อย 50 : กากกาแฟ 50

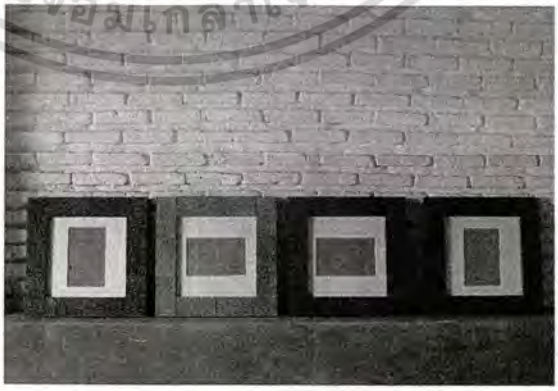


ชานอ้อย 60 : กากกาแฟ 40

ชานอ้อย 70 : กากกาแฟ 30

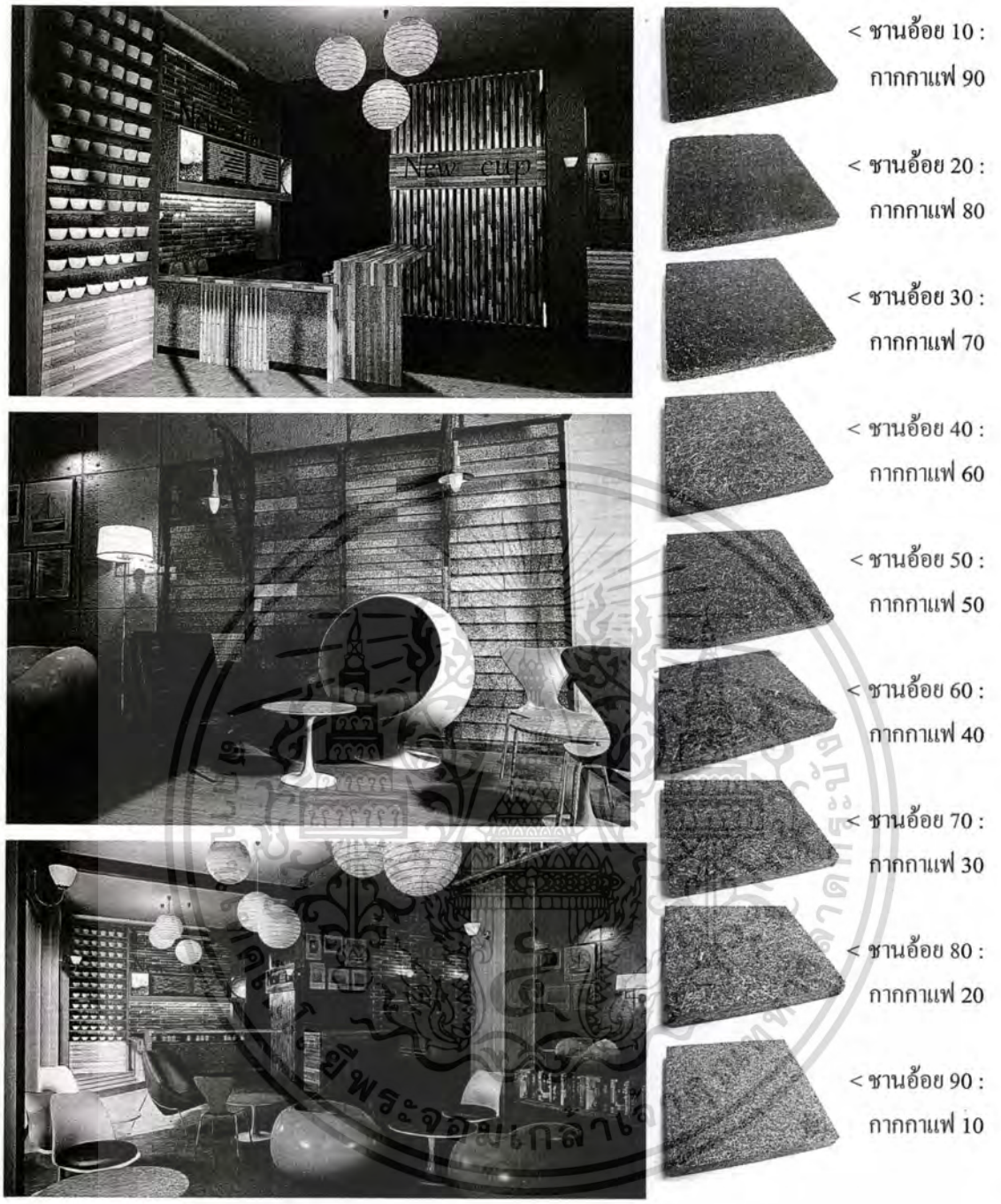
ชานอ้อย 80 : กากกาแฟ 20

ชานอ้อย 90 : กากกาแฟ 10



รูปที่ 4.10 แสดงภาพแผ่นประกอบทดแทนไม้ จากกากกาแฟผสมชานอ้อย
ในอัตราส่วนต่างๆ ที่นำมาใช้ประกอบเป็นตัวอย่างผลิตภัณฑ์ของตกแต่งบ้าน
ที่มา : ชนิดา หิรัญรัตนากร. ถ่ายเมื่อวันที่ 02/03/53

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.11 แสดงภาพการตกแต่งภายในร้านกาแฟสด
และวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้ จากกากกาแฟผสมชานอ้อย
ในทุกสัดส่วนมาใช้ในการตกแต่ง

ที่มา : ชนิดา หิรัญรัตนากร. จัดทำเมื่อวันที่ 11/04/53

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.1 สรุปการประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ โดยการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติเพื่อหาค่าเฉลี่ย(Mean, $\overline{X}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation, S.D)

โดยได้สรุปข้อมูลและนำเสนอในรูปแบบตารางดังต่อไปนี้

ตารางที่ 4.18 แสดงค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของระดับความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญต่อวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้ จากกากกาแฟผสมชานอ้อย

ความคิดเห็นต่อวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้จากกากกาแฟผสมชานอ้อย ที่ผลิตเป็นเครื่องเรือนและของตกแต่งบ้านมาแล้ว	ผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน		
	ค่าเฉลี่ย $\overline{X}$	ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ระดับความคิดเห็น
1. ความคิดเห็นด้านคุณภาพ			
1.1 ความทนทาน	2.33	2.89	ปรับปรุง
1.2 พื้นผิวของวัสดุ	5.00	0.00	ดีมากที่สุด
1.3 สีของวัสดุ	4.33	1.15	ดีมาก
1.4 โอกาสในการพัฒนาต่อ	4.33	1.15	ดีมาก
1.5 ประโยชน์ต่อสิ่งแวดล้อม	4.66	0.58	ดีมากที่สุด
1.6 การนำมาประกอบเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ	3.66	1.53	ดีมาก
1.7 ใช้วัสดุภายในประเทศ	4.33	1.15	ดีมาก
1.8 การดูแลรักษา	3.66	1.53	ดีมาก
รวมค่าเฉลี่ยเฉพาะด้าน	4.04	0.83	ดีมาก
2. ความคิดเห็นด้านการออกแบบ			
2.1 เมื่อนำวัสดุมาประกอบเป็นผลิตภัณฑ์แล้วทำให้ดูสวยงามขึ้น	3.66	1.53	ดีมาก
2.2 วัสดุทำให้ผลิตภัณฑ์ดึงดูดสายตาได้	3.66	1.53	ดีมาก
2.3 วัสดุช่วยเพิ่มคุณค่าให้กับผลิตภัณฑ์	4.33	1.15	ดีมาก
รวมค่าเฉลี่ยเฉพาะด้าน	3.88	0.39	ดีมาก
รวมค่าเฉลี่ยทั้งหมด	3.96	0.06	ดีมาก

จากตารางที่ 4.17 สามารถสรุปได้ว่าความคิดเห็นด้านคุณภาพ อยู่ในระดับดีมาก ($\overline{X}$ = 4.04) ส่วนความคิดเห็นด้านการออกแบบ อยู่ในระดับดีมากเช่นกัน ($\overline{X}$ = 3.88) สรุปโดยรวมอยู่ในระดับดีมาก ($\overline{X}$ = 3.96) ทั้งนี้ผู้วิจัยได้ทำการสรุปผลการประเมินเป็นรายด้านได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. ความคิดเห็นด้านคุณภาพของวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้ จากกากกาแฟผสมชานอ้อย โดยแบ่งตามลำดับผลของค่าเฉลี่ยที่ได้ คือ ด้านพื้นผิวของวัสดุจัดอยู่ในระดับดีมากที่สุด ($\overline{X}$ = 5.00) ซึ่งเป็นค่าเฉลี่ยที่สูงสุด รองลงมาคือด้านประโยชน์ต่อสิ่งแวดล้อมจัดอยู่ในระดับดีมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.66) ต่อมาคือด้านสีของวัสดุ, ด้านโอกาสในการพัฒนาต่อ, ด้านการใช้วัสดุภายในประเทศ มีค่าเฉลี่ยที่เท่ากันจัดอยู่ในระดับดีมาก ($\overline{X}$ = 4.33) ต่อมาคือด้านการนำมาประกอบเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ และด้านการดูแลรักษา ซึ่งมีค่าเฉลี่ยที่เท่ากันจัดอยู่ในระดับดีมาก ($\overline{X}$ = 3.66) และสุดท้ายคือด้านความทนทานจัดอยู่ในระดับปรับปรุง ($\overline{X}$ = 2.33) ซึ่งเป็นค่าเฉลี่ยที่ต่ำสุด

2. ความคิดเห็นด้านการออกแบบของวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้ จากกากกาแฟผสมชานอ้อย โดยแบ่งตามลำดับผลของค่าเฉลี่ยที่ได้ คือ ด้านวัสดุช่วยเพิ่มคุณค่าให้กับผลิตภัณฑ์จัดอยู่ในระดับดีมาก (X = 4.33) และสุดท้ายคือด้านการนำวัสดุมาประกอบเป็นผลิตภัณฑ์แล้วทำให้ดูสวยงามขึ้น และด้านการใช้วัสดุทำให้ผลิตภัณฑ์ดึงดูดสายตาได้ มีค่าเฉลี่ยที่เท่ากันจัดอยู่ในระดับดีมาก (X = 3.66)

4.4.2 สรุปการประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญจากการสัมภาษณ์ ได้ดังนี้

1. การประเมินความคิดเห็นด้านวัสดุทดแทนไม้ โดยคุณอรพินท์ สินอมรเวช

รูปที่ 4.12 ผู้วิจัยได้ทำการสัมภาษณ์และให้คุณอรพินท์ สินอมรเวช ช่วยตอบแบบประเมินด้านความคิดเห็น

ที่มา : ชนิดา หิรัญรัตนากร. ถ่ายเมื่อวันที่ 30/04/53

ผู้วิจัยได้ให้ผู้เชี่ยวชาญพิจารณาวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้ จากกากกาแฟผสมชานอ้อย ในปริมาณของกากกาแฟต่อชานอ้อยที่ระดับ 60:40 ซึ่งเป็นสัดส่วนที่ใกล้เคียงกับเกณฑ์การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกล ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นชิ้นไม้อัดชนิดอัดราบ (มอก.876-2547) รวมทั้งในสัดส่วนอื่นๆ เพื่อพิจารณาเพิ่มเติมเป็นส่วนรอง โดยผู้เชี่ยวชาญมีความ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คิดเห็นว่า วัสดุมีความน่าสนใจที่ลวดลายซึ่งเกิดจากเส้นชานอ้อยขนาดเล็กผสมกับเนื้อของกากกาแฟที่มีลักษณะเป็นผงละเอียดสีน้ำตาลเข้ม เมื่อนำมาอัดด้วยกันจะได้ผิวของวัสดุที่คล้ายกับผิวของกะลามะพร้าวดูแล้วมีมิติมาก และวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้จากกากกาแฟผสมชานอ้อยนี้ยังมีข้อดีตรงที่สามารถลดหรือเพิ่มทั้งสีและลวดลายที่ผิวของวัสดุได้ โดยการเพิ่มหรือลดสัดส่วนของวัตถุดิบก่อนการอัด ในส่วนของความแข็งแรงของแผ่นนั้นมีโอกาสในการพัฒนาจากเดิมได้อีก

2. การประเมินความคิดเห็นด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์ โดยผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สิงห์ อินทรชูโต

รูปที่ 4.13 ผู้วิจัยได้ทำการสัมภาษณ์และให้ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สิงห์ อินทรชูโต ช่วยตอบแบบประเมินด้านความคิดเห็น

ที่มา : ชนิดา หิรัญรัตนากร. ถ่ายเมื่อวันที่ 12/05/53

ผู้วิจัยได้ให้ผู้เชี่ยวชาญพิจารณาถึงความเหมาะสมของการนำวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้ จากกากกาแฟผสมชานอ้อย ในปริมาณกากกาแฟต่อชานอ้อยที่ระดับ 60:40 ซึ่งเป็นสัดส่วนที่ใกล้เคียงกับเกณฑ์การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกล ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นชิ้นไม้อัดชนิดอัดราบ (มอก.876-2547) ซึ่งได้นำมาประกอบขึ้นเป็นผลิตภัณฑ์ประเภทเครื่องเรือนและของตกแต่งขึ้นเพื่อเป็นแนวทางในการศึกษาได้ต่อไป โดยผู้เชี่ยวชาญมีความคิดเห็นว่าวัสดุโดยรวมดูสวยลวดลายและสีของวัสดุมีส่วนคล้ายกับกะลามะพร้าวมาก ในส่วนของสัดส่วนอื่นๆ ที่ใช้ในงานวิจัยครั้งนี้ผู้เชี่ยวชาญมีความสนใจต่อแผ่นที่มีปริมาณการผสมกากกาแฟมากเป็นพิเศษ เพราะมีสีที่ไม่เหมือนตามท้องตลาดทั่วๆ ไป หากแต่มีข้อเสียตรงที่เวลาสัมผัสกับผิววัสดุจะมีผงกาแฟติดออกด้วยมาทำให้เปื้อนได้ง่าย ในส่วนของการนำมาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์นั้นถ้าเป็นไปได้น่าจะขึ้นรูปเป็น 3 มิติ จะทำให้ดูแปลกใหม่แล้วจะยิ่งทำให้วัสดุดูน่าสนใจมากยิ่งขึ้น ไม่เป็นแผ่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบนๆ เหมือนเคย สุดท้ายผู้เชี่ยวชาญมีคำแนะนำเพิ่มเติมในเรื่องของการใช้กาวว่า หากเป็นไปได้ในอนาคตการอัดแผ่นเพื่อสิ่งแวดล้อมนั้นอาจจะไม่ต้องใช้กาวได้จะเป็นผลดีระยะยาวต่อไป

3. การประเมินความคิดเห็นด้านการออกแบบตกแต่งภายใน โดยคุณภาวิน เศรษฐบุตร

รูปที่ 4.14 ผู้วิจัยได้ทำการสัมภาษณ์และให้คุณภาวิน เศรษฐบุตร
ช่วยตอบแบบประเมินด้านความคิดเห็น
ที่มา : ชนิดา หิรัญรัตนากร. ถ่ายเมื่อวันที่ 29/04/53

ผู้วิจัยได้ให้ผู้เชี่ยวชาญพิจารณาถึงความเหมาะสมของการนำวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้ จากกากกาแฟผสมชานอ้อยที่ใช้เป็นวัสดุตกแต่งภายในร้านกาแฟสด ซึ่งเป็นภาพตัวอย่างที่ผู้วิจัยได้จัดทำขึ้นเพื่อเป็นกรณีศึกษา โดยผู้วิจัยได้ใช้วัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้ในทุกอัตราส่วนที่ใช้ในในงานวิจัยครั้งนี้นำมาใช้ในการตกแต่ง

ในเบื้องต้นผู้เชี่ยวชาญได้พิจารณาที่วัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้ก่อนว่า ชอบในลวดลายและสีของแผ่นที่ดูกลมกลืนเป็นธรรมชาติเหมาะสำหรับงานตกแต่งในแบบดิบๆ ที่ยังคงพื้นผิวของวัสดุธรรมชาติเดิมอยู่ แต่อีกในหนึ่งการตกแต่งในแนวทางที่กล่าวมานี้ในเมืองไทยยังมีความนิยมค่อนข้างน้อยอยู่ หากเพิ่มทางเลือกให้กับวัสดุอีกน่าจะทำให้วัสดุมีความน่าสนใจมากขึ้น อีกทั้งยังสามารถนำไปใช้กับแนวทางการตกแต่งในแบบอื่นๆ ได้อีก น่าจะมีการเพิ่มสีให้มีความหลากหลายมากยิ่งขึ้น โดยสีนั้นอาจจะสกัดมาจากธรรมชาติก็ได้เพื่อให้วัสดุยังคงความเป็นธรรมชาติอยู่ ในอีกคำแนะนำนึงที่ผู้เชี่ยวชาญมีความคิดเห็นเสริมว่าวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้จากกากกาแฟผสมชานอ้อยนี้ อาจจะนำไปใช้ประโยชน์ในด้านอื่นๆ ได้อีก เช่น การนำไปใช้เป็นผนังลดเสียง หรืออาจผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ของตกแต่งบ้านเพื่อเพิ่มคุณค่าทำให้วัสดุดูโดดเด่นยิ่งขึ้น ในส่วนของการผลิตนั้นผู้เชี่ยวชาญแนะนำว่าพื้นผิวอาจต้องมีการเคลือบหรือพ่นปิดทับอีกชั้น เพื่อป้องกันคราบฝุ่นผงที่เกิดจากผงกาแฟ และอาจเพิ่มความหนาของแผ่นเพื่อป้องกันการบิดงอของวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้นี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย อภิปรายและข้อเสนอแนะ

การวัจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาขั้นตอนกระบวนการและการทดสอบวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้ จากกากกาแฟผสมชานอ้อย และได้ทำการสรุปกระบวนการต่างๆ ดังนี้

5.1 สรุปผลการวิจัย

5.1.1 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

5.1.1.1 เพื่อศึกษาและพัฒนาวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้จากกากกาแฟผสมชานอ้อย

5.1.1.2 เพื่อทดสอบหาคุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกลของวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้จากกากกาแฟผสมชานอ้อย ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นชิ้นไม้อัดชนิดอัดราบ (มอก.876-2547) รวมถึงการทดสอบหาค่าการนำความร้อน ตามมาตรฐาน ASTM C177

5.1.1.3 เพื่อสรุปแนวทางการนำวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้ จากกากกาแฟผสมชานอ้อยไปใช้งานด้านเครื่องเรือน หรืองานด้านตกแต่งภายในได้ตรงตามคุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกล

5.1.2 ขอบเขตของงานวิจัย

วัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้จากกากกาแฟผสมชานอ้อย มาใช้งานด้านเครื่องเรือนหรืองานด้านตกแต่งภายใน

5.1.2.1 ตัวแปรที่ทำการศึกษา

5.1.2.2 ตัวแปรต้น คือ การเปรียบเทียบหาค่าความแข็งแรงของวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้ จากกากกาแฟผสมชานอ้อยในอัตราส่วนต่างๆ คือ ปริมาณของกากกาแฟต่อชานอ้อยโดยใช้น้ำหนักอบแห้ง ที่ระดับ 100:0, 90:10, 80:20, 70:30, 60:40, 50:50, 40:60, 30:70, 20:80, 10:90 และ 0:100 ตามลำดับ และใช้กาวไอโซไซยาเนตในปริมาณ 7% โดยน้ำหนักเทียบกับน้ำหนักแห้งของกากวัสดุที่ใช้

5.1.2.3 ตัวแปรตาม คือ

1. คุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกลของวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้ จากกากกาแฟผสมชานอ้อย ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นชิ้นไม้อัดชนิดอัดราบ (มอก.876-2547) รวมถึงการทดสอบหาค่าการนำความร้อน ตามมาตรฐาน ASTM C177

2. แนวทางการนำวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้จากกากกาแฟผสมชานอ้อย ไปใช้งานด้านเครื่องเรือน หรืองานด้านตกแต่งภายในได้ตรงตามคุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกล รวมถึงค่าการนำความร้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

5.1.3.1 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการพัฒนาแผ่นประกอบ

1. กากกาแฟและชานอ้อย
2. กาวไอโซไซยาเนต
3. เตาอบ
4. เครื่องชั่งน้ำหนัก
5. เครื่องผสมกาว
6. ปั๊มลม
7. กล่องเตรียมแผ่นอัด
8. แผ่นโลหะรองอัดขนาด 400x400 มม.
9. แท่งโลหะวางอัดแผ่นขนาด 10 มม.
10. เครื่องอัดร้อนในแนวราบ
11. นาฬิกาจับเวลา
12. เครื่องตัดขอบวัสดุแผ่นประกอบ

5.1.3.2 เครื่องมือทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกลตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นชิ้นไม้อัดชนิดอัดราบ (มอก. 876-2547)

1. ไม้บรรทัดวัดขนาด
2. ไมโครมิเตอร์
3. เครื่องชั่ง
4. เตาอบ
5. เดซิกเคเตอร์
6. เครื่องดึง
7. เครื่องทดสอบวัสดุ UMT (Universal Tasting Machine)

5.1.4 การรวบรวมข้อมูล

การเก็บรวบรวมข้อมูลต่างๆ ที่เกี่ยวกับการศึกษาและพัฒนาวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้ ดังนี้

5.1.4.1 คำแนะนำจากอาจารย์ที่ปรึกษา

5.1.4.2 แหล่งความรู้ต่างๆ ได้แก่ กรมป่าไม้, ร้านกาแฟสดไร่คุณหญิง จังหวัดกาญจนบุรี, บริษัท สตาร์บัคส์ คอฟฟี่ (ประเทศไทย) จำกัด, บริษัท คอมโพสท์ จำกัด และบริษัทโคโคบอร์ด จำกัด ศูนย์รวมวัสดุทดแทนไม้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1.4.3 ห้องสมุด ได้แก่ ห้องสมุดคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สำนักหอสมุดกลาง สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, ห้องสมุดภายในกรมป่าไม้, ห้องสมุดกลางจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, ห้องสมุดงานวิจัย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.)

5.1.4.4 คำแนะนำจากผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบและวัสดุทดแทนไม้

5.1.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

ในการศึกษาและพัฒนาวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้ จากกากกาแฟผสมชานอ้อย ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัยให้มีความสอดคล้องตามวัตถุประสงค์ของงานวิจัยครั้งนี้ โดยสามารถสรุปการวิเคราะห์ข้อมูลต่างๆ ดังนี้

5.1.5.1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากการทดสอบด้วยเครื่องทดสอบตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นชิ้นไม้อัดชนิดอัดราบ (มอก.876-2547) เพื่อทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกลของวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้ จากกากกาแฟผสมชานอ้อย รวมถึงค่าการนำความร้อนตามมาตรฐาน ASTM C177 โดยใช้ค่าสถิติ ค่าเฉลี่ย(Mean, $\overline{X}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation, S.D)

5.1.5.2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเปรียบเทียบความแตกต่างของคุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกลของวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้ จากกากกาแฟผสมชานอ้อยในทุกอัตราส่วน และใช้กาวไอโซไซยาเนตในปริมาณ 7% โดยน้ำหนักเทียบกับน้ำหนักแห้งของกากวัสดุที่ใช้ โดยใช้สถิติ Kruskal Wall One-way Analysis of Variance หรือ H Test

5.1.5.3 สรุปหาแนวทางการนำวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้ จากกากกาแฟผสมชานอ้อยไปใช้งานได้ตรงตามคุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกล

5.1.5.4 ให้ผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบและวัสดุทดแทนไม้ ช่วยประเมินและวิเคราะห์โดยใช้หลักเหตุและผล ในลักษณะของการสัมภาษณ์และการตอบแบบประเมินด้านความคิดเห็น และทำการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติเพื่อหาค่าเฉลี่ย(Mean, $\overline{X}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation, S.D) เพื่อใช้เป็นแนวทางในการนำวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้ จากกากกาแฟผสมชานอ้อยไปใช้งานได้อย่างเหมาะสม

5.1.6 ผลการวิจัย

จากกระบวนการพัฒนากากกาแฟผสมชานอ้อยเพื่อผลิตเป็นวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้ และทดสอบตามกระบวนการต่างๆ ที่กล่าวมาแล้วข้างต้น โดยได้สรุปผลการวิจัยจากขั้นตอนการเก็บรวบรวมข้อมูลในการวิเคราะห์ข้อมูลต่างๆ ดังนี้

5.1.6.1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากการทดสอบด้วยเครื่องทดสอบตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นชิ้นไม้อัดชนิดอัดราบ (มอก.876-2547) เพื่อทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกลของวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้จากกากกาแฟผสมชานอ้อย รวมถึงการทดสอบหาค่าการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นำความร้อน ตามมาตรฐาน ASTM C177 โดยใช้ค่าสถิติ ค่าเฉลี่ย(Mean, $\overline{X}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation, S.D)

1. ความหนาแน่น (Density) จากการทดสอบวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้ จากกากกาแฟผสมชานอ้อย จำนวน 90 แผ่น ในปริมาณกากกาแฟต่อชานอ้อยที่ระดับ 90:10 ไม่ได้เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ อุตสาหกรรมแผ่นชิ้นไม้อัดชนิดราบ (มอก.876-2547) ที่กำหนดไว้ 400-900 กก./ลบ.ม. ส่วนที่ระดับ 0:10, 10:90, 20:80, 30:70, 40:60, 50:50, 60:40, 70:30 และ 80:20 อยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดไว้ โดยในปริมาณกากกาแฟต่อชานอ้อยที่ระดับ 20:80 มีค่าความหนาแน่นน้อยที่สุด คือ 709.34 กก./ลบ.ม. และที่ระดับ 90:10 มีค่าความหนาแน่นมากที่สุด คือ 996.91 กก./ลบ.ม. ส่วนที่ระดับ 0:100, 10:90, 30:70, 40:60, 50:50, 60:40, 70:30 และ 80:20 มีค่าความหนาแน่นที่ 818.61, 737.73, 808.62, 821.43, 827.78, 830.39, 880.94 และ 833.65 กก./ลบ.ม. ตามลำดับ และสุดท้ายในปริมาณกากกาแฟที่ระดับ 100 ไม่สามารถหาค่าความหนาแน่นได้ เนื่องจากกากกาแฟที่อัดเป็นแผ่นสำเร็จรูปนั้นไม่สามารถยึดเกาะตัวติดกันเป็นแผ่นได้

2. ความชื้น (Moisture Content) จากการทดสอบวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้ จากกากกาแฟผสมชานอ้อย จำนวน 90 แผ่น ในปริมาณกากกาแฟต่อชานอ้อยที่ระดับ 0:100, 10:90, 20:80, 30:70, 40:60, 50:50, 60:40, 70:30, 80:20 และ 90:10 เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นชิ้นไม้อัดชนิดราบ (มอก.876-2547) ที่กำหนดไว้ 4-13 เปอร์เซ็นต์ โดยในปริมาณกากกาแฟต่อชานอ้อยที่ระดับ 90:10 มีค่าความชื้นน้อยที่สุด คือ 7.86 เปอร์เซ็นต์ และที่ระดับ 10:90 มีค่าความชื้นมากที่สุด คือ 10.65 เปอร์เซ็นต์ ส่วนที่ระดับ 0:100, 20:80, 30:70, 40:60, 50:50, 60:40, 70:30 และ 80:20 มีค่าความชื้น 9.91, 9.35, 9.86, 9.90, 9.16, 10.20, 8.82 และ 8.72 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และสุดท้ายในปริมาณกากกาแฟที่ระดับ 100 ไม่สามารถหาค่าความชื้นได้ เนื่องจากกากกาแฟที่อัดเป็นแผ่นสำเร็จรูปนั้นไม่สามารถยึดเกาะตัวกันเป็นแผ่นได้

3. การดูดซึมน้ำและการขยายตัวทางความหนา (Water Absorption and Thickness Swelling)

การดูดซึมน้ำ จากการทดสอบวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้ จากกากกาแฟผสมชานอ้อย จำนวน 90 แผ่น ในปริมาณกากกาแฟต่อชานอ้อยที่การทดสอบการแช่น้ำ 1 ชั่วโมง ที่ระดับ 0:100 มีค่าการดูดซึมน้ำน้อยที่สุด คือ 5.08 เปอร์เซ็นต์ และที่ระดับ 50:50 มีค่าการดูดซึมน้ำมากที่สุด คือ 16.94 เปอร์เซ็นต์ ต่อมาการทดสอบการแช่น้ำที่ 24 ชั่วโมง ที่ระดับ 0:100 มีค่าการดูดซึมน้ำน้อยที่สุด คือ 28.01 เปอร์เซ็นต์ และที่ระดับ 50:50 มีค่าการดูดซึมน้ำมากที่สุด คือ 51.11 เปอร์เซ็นต์ ส่วนที่ระดับ 20:80, 30:70, 40:60, 60:40, 70:30, 80:20 และ 90:10 ที่ได้ทดสอบการแช่น้ำ 1 ชั่วโมง มีค่าการดูดซึมน้ำ 14.13, 20.42, 6.11, 10.68, 8.15, 14.59, 5.50 และ 5.63 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และที่ระดับ 20:80, 30:70, 40:60, 60:40, 70:30, 80:20 และ 90:10 ที่ได้ทดสอบการแช่น้ำ 24 ชั่วโมง มีค่าการดูดซึมน้ำ 42.69, 47.21, 31.83, 38.13, 30.75, 38.44, 47.99 และ 41.65

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และสุดท้ายในปริมาณกากกาแฟที่ระดับ 100 ไม่สามารถหาค่าการดูดซึมน้ำได้ เนื่องจากกากกาแฟที่อัดเป็นแผ่นสำเร็จรูปนั้นไม่สามารถยึดเกาะตัวกันเป็นแผ่นได้

การขยายตัวตามความหนา จากการทดสอบวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้ จากกากกาแฟผสมชานอ้อย จำนวน 90 แผ่น ในปริมาณกากกาแฟต่อชานอ้อยระดับที่ 20:80, 50:50, 70:30, 80:20 และ 90:10 ที่ได้ทดสอบการแช่น้ำที่ 24 ชั่วโมง ไม่เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นชิ้นไม้อัดชนิดราบ (มอก.876-2547) ที่กำหนดไว้ไม่เกินกว่า 20 เปอร์เซ็นต์ ส่วนระดับที่ 0:100, 10:90, 80:20, 30:70, 40:60, 50:50, 60:40, 70:30, 80:20 และ 90:10 ที่ได้ทดสอบการแช่น้ำ 1 ชั่วโมง และระดับที่ 0:100, 10:90, 30:70, 40:60 และ 60:40 ที่ได้ทดสอบการแช่น้ำที่ 24 ชั่วโมง มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดไว้ โดยในปริมาณกากกาแฟต่อชานอ้อยที่ระดับ 60:40 ที่ได้ทดสอบการแช่น้ำ 1 ชั่วโมง มีค่าการขยายตัวตามความหนาน้อยที่สุด คือ 0.58 เปอร์เซ็นต์ และที่ระดับ 80:20 มีค่าการขยายตัวตามความหนามากที่สุด คือ 5.85 เปอร์เซ็นต์ ต่อมาการทดสอบการแช่น้ำ 24 ชั่วโมง ที่ระดับ 0:100 มีค่าการขยายตัวตามความหนาน้อยที่สุด คือ 7.56 เปอร์เซ็นต์ และที่ระดับ 80:20 มีค่าการขยายตัวตามความหนามากที่สุด คือ 28.51 เปอร์เซ็นต์ ส่วนที่ระดับ 0:100, 10:90, 20:80, 30:70, 40:60, 50:50, 70:30 และ 90:10 ที่การทดสอบการแช่น้ำ 1 ชั่วโมง มีค่าการขยายตัวตามความหนา 1.25, 3.18, 6.20, 1.64, 3.25, 3.30, 2.18 และ 0.67 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และที่ระดับ 10:90, 20:80, 30:70, 40:60, 50:50, 60:40, 70:30 และ 90:10 ที่ได้ทดสอบการแช่น้ำ 24 ชั่วโมง มีค่าการขยายตัวตามความหนา 10.64, 13.51, 10.20, 11.93, 16.79, 8.79, 16.50 และ 12.68 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และสุดท้ายในปริมาณกากกาแฟที่ระดับ 100 ไม่สามารถหาค่าการขยายตัวตามความหนาได้ เนื่องจากกากกาแฟที่อัดเป็นแผ่นสำเร็จรูปแล้วไม่สามารถยึดเกาะตัวกันเป็นแผ่นได้

4. ความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหนัง (Tension Perpendicular to Surface) จากการทดสอบวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้ จากกากกาแฟผสมชานอ้อย จำนวน 90 แผ่น ในปริมาณกากกาแฟต่อชานอ้อยระดับที่ 10:90, 70:30, 80:20 และ 90:10 ไม่เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นชิ้นไม้อัดชนิดราบ (มอก.876-2547) ที่กำหนดไว้ไม่น้อยกว่า 0.40 เมกะพาสคัล ส่วนระดับที่ 0:100, 20:80, 30:70, 40:60, 50:50 และ 60:40 มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดไว้ โดยในปริมาณกากกาแฟต่อชานอ้อยระดับที่ 0:100 มีค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าน้อยที่สุด คือ 0.79 เมกะพาสคัล และที่ระดับ 90:10 มีค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้ามากที่สุด คือ 0.07 เมกะพาสคัล ส่วนที่ระดับ 10:90, 20:80, 30:70, 40:60, 50:50, 60:40, 70:30 และ 80:20 มีค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า 0.36, 0.43, 0.47, 0.67, 0.53, 0.54, 0.16 และ 0.17 เมกะพาสคัลตามลำดับ และสุดท้ายในปริมาณกากกาแฟที่ระดับ 100 ไม่สามารถหาค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าได้ เนื่องจากกากกาแฟที่อัดเป็นแผ่นสำเร็จรูปนั้นไม่สามารถยึดเกาะตัวกันเป็นแผ่นได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. ความต้านแรงดัดและมอดูลัสยืดหยุ่น (Bending Strength and Modulus of Elasticity)

ความต้านแรงดัด จากการทดสอบวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้ จากกากกาแฟผสมชานอ้อย จำนวน 90 แผ่น ในปริมาณกากกาแฟต่อชานอ้อยระดับที่ 10:90, 20:80, 30:70, 40:60, 50:50, 60:40, 70:30, 80:20 และ 90:10 ไม่เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นชิ้นไม้อัดชนิดราบ (มอก.876-2547) ที่กำหนดไว้ไม่น้อยกว่า 14 เมกะพาสคัล ส่วนระดับที่ 0:100 มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดไว้ โดยในปริมาณกากกาแฟต่อชานอ้อยที่ระดับ 80:20 มีค่าความต้านแรงดัดน้อยที่สุด คือ 3.69 เมกะพาสคัล และที่ระดับ 0:100 มีค่าความต้านแรงดัดมากที่สุด คือ 22.96 เมกะพาสคัล ส่วนที่ระดับ 10:90, 20:80, 30:70, 40:60, 50:50, 60:40, 70:30 และ 90:10 มีค่าความต้านแรงดัด 8.20, 7.85, 10.55, 9.96, 7.27, 11.46, 6.25 และ 4.65 เมกะพาสคัล ตามลำดับ และสุดท้ายในปริมาณกากกาแฟที่ระดับ 100 ไม่สามารถหาค่าความต้านแรงดัดได้ เนื่องจากกากกาแฟที่อัดเป็นแผ่นสำเร็จรูปนั้นไม่สามารถยึดเกาะตัวกันเป็นแผ่นได้

มอดูลัสยืดหยุ่น จากการทดสอบวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้ จากกากกาแฟผสมชานอ้อย จำนวน 90 แผ่น ในปริมาณกากกาแฟต่อชานอ้อยระดับที่ 10:90, 20:80, 30:70, 40:60, 50:50, 60:40, 70:30, 80:20 และ 90:10 ไม่เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นชิ้นไม้อัดชนิดราบ (มอก.876-2547) ที่กำหนดไว้มากกว่า 1800 เมกะพาสคัล ส่วนระดับที่ 0:100 มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดไว้ โดยในปริมาณกากกาแฟต่อชานอ้อยระดับที่ 80:20 มีค่ามอดูลัสยืดหยุ่นน้อยที่สุด คือ 548.82 เมกะพาสคัล และที่ระดับ 0:100 มีค่ามอดูลัสยืดหยุ่นมากที่สุด คือ 1808.51 เมกะพาสคัล ส่วนที่ระดับ 10:90, 20:80, 30:70, 40:60, 50:50, 60:40, 70:30 และ 90:10 มีค่ามอดูลัสยืดหยุ่น 770.95, 848.36, 1040.79, 1017.33, 852.07, 1135.81, 801.51 และ 743.10 เมกะพาสคัล ตามลำดับ และสุดท้ายในปริมาณกากกาแฟที่ระดับ 100 ไม่สามารถหาค่ามอดูลัสยืดหยุ่นได้ เนื่องจากกากกาแฟที่อัดเป็นแผ่นสำเร็จรูปนั้นไม่สามารถยึดเกาะตัวกันเป็นแผ่นได้

6. ค่าการนำความร้อน จากการทดสอบหาค่าการนำความาร้อน ตามมาตรฐาน ASTM C177 ของวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้ จากกากกาแฟผสมชานอ้อย จำนวน 20 แผ่น ในปริมาณกากกาแฟต่อชานอ้อยที่ระดับ 0:100 มีค่าการนำความร้อนสูงที่สุด คือ 0.101 วัตต์/ เมตร. เคลวิน ส่วนที่ระดับ 20:80, 30:70, 40:60, 50:50, 60:40, 70:30, 80:20 และ 90:10 มีค่าการนำความร้อน 0.055, 0.058, 0.060, 0.065, 0.080, 0.090, 0.093 และ 0.098 วัตต์/ เมตร.เคลวิน ตามลำดับ และสุดท้ายในปริมาณกากกาแฟที่ระดับ 100 ไม่สามารถหาค่าการนำความร้อนได้ เนื่องจากกากกาแฟที่อัดเป็นแผ่นสำเร็จรูปแล้วนั้น ไม่สามารถยึดเกาะตัวติดกันเป็นแผ่นได้ จากผลการทดสอบหาค่าการนำความร้อนทั้งหมดนี้สามารถสรุปได้ว่า วัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้ในทุกอัตราส่วนที่ทดสอบนี้ยังไม่สามาถนำมาใช้งานเป็นวัสดุฉนวนกันความร้อนได้ เมื่อมีการเปรียบเทียบกับค่าการนำความร้อนของวัสดุฉนวนกันความร้อนทั่วๆ ไปในท้องตลาด คือ ค่าการนำความร้อนของฉนวน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พียูโฟม มีค่า 0.017 - 0.023 วัตต์/ เมตร.เคลวิน, ฉนวนใยแก้ว มีค่า 0.038วัตต์/ เมตร.เคลวิน, ฉนวนเยื่อกระดาษ มีค่า 0.038 - 0.042 วัตต์/ เมตร.เคลวิน และฉนวน PE โฟม มีค่า 0.030 วัตต์/ เมตร.เคลวิน ซึ่งฉนวนกันความร้อนที่ดีต้องมีค่าความต้านทางความร้อนสูง สัมประสิทธิ์ของการนำความร้อนต่ำ นั้นหมายถึงค่าการนำความร้อนต่ำ จะสามารถทำให้การไหลผ่านฉนวนได้ยาก

5.1.6.2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเปรียบเทียบความแตกต่างของคุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกลของวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้จากกากกาแฟผสมชานอ้อยในทุกอัตราส่วน และใช้กาวไอโซไซยาเนตในปริมาณ 7% โดยน้ำหนักเทียบกับน้ำหนักแห้งของกากวัสดุที่ใช้ โดยใช้สถิติ Kruskal Wall One-way Analysis of Variance หรือ H Test

1 ความหนาแน่น (Density) การเปรียบเทียบความแตกต่างของคุณสมบัติทางกายภาพด้านความหนาแน่นของวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้จากกากกาแฟผสมชานอ้อย ในอัตราส่วนการผสมวัสดุที่แตกต่างกันทั้ง 10 ระดับ แตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญที่ .05

2. ความชื้น (Moisture Content) การเปรียบเทียบความแตกต่างของคุณสมบัติทางกายภาพ ด้านความความชื้นของวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้จากกากกาแฟผสมชานอ้อย ในอัตราส่วนการผสมวัสดุที่แตกต่างกันทั้ง 10 ระดับ แตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญที่ .05

3. การดูดซึมน้ำและการขยายตัวทางความหนา (Water Absorption and Swelling) การเปรียบเทียบความแตกต่างของคุณสมบัติทางกายภาพ ด้านการดูดซึมน้ำและการขยายตัวทางความหนาของวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้จากกากกาแฟผสมชานอ้อย ในอัตราส่วนการผสมวัสดุที่แตกต่างกันทั้ง 10 ระดับ แตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญที่ .05

4. ความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า (Tension Perpendicular to Surface) การเปรียบเทียบความแตกต่างของคุณสมบัติทางเชิงกล ด้านความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าของวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้จากกากกาแฟผสมชานอ้อย ในอัตราส่วนการผสมวัสดุที่แตกต่างกันทั้ง 10 ระดับ แตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญที่ .05

5. ความต้านแรงดัดและมอดูลัสยืดหยุ่น (Bending Strength and Modulus of Elasticity) การเปรียบเทียบความแตกต่างของคุณสมบัติทางเชิงกล ความต้านแรงดัดและมอดูลัสยืดหยุ่นของวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้จากกากกาแฟผสมชานอ้อย ในอัตราส่วนการผสมวัสดุที่แตกต่างกันทั้ง 10 ระดับ แตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญที่ .05

6. ค่าการนำความร้อน การเปรียบเทียบความแตกต่างค่าการนำความร้อน ตามมาตรฐาน ASTM C177 ของวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้จากกากกาแฟผสมชานอ้อย ในอัตราส่วนการผสมวัสดุที่แตกต่างกันทั้ง 10 ระดับ แตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญที่ .05

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1.6.3 สรุปหาแนวทางการนำวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้ จากกากกาแฟผสมชานอ้อย ไปใช้งานได้ตรงตามคุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกล

จากการวิเคราะห์ข้อมูลการทดสอบวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้ จากกากกาแฟผสมชานอ้อยนั้น อัตราส่วนของปริมาณชานอ้อยที่ระดับ 100 มีคุณสมบัติเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นชิ้นไม้อัดชนิดอัดราบ (มอก.876-2547) แต่ทั้งนี้แผ่นวัสดุทดแทนไม้ในปริมาณชานอ้อยที่ระดับ 100 เป็นเพียงการทดสอบคุณสมบัติจำเพาะของวัสดุเพียงอย่างเดียวเท่านั้น ซึ่งเป็นการหาคุณสมบัติเฉพาะตัวของตัวกากกาแฟและตัวชานอ้อยว่ามีคุณสมบัติเฉพาะตัวอย่างไร ก่อนการนำวัสดุทั้ง 2 ชนิดมาทดสอบผสมกันตามอัตราส่วนที่กำหนด ซึ่งจุดประสงค์ของงานวิจัยครั้งนี้คือการศึกษาและพัฒนาแผ่นประกอบทดแทนไม้จากกากกาแฟและชานอ้อย

ดังนั้นในผลการทดสอบแผ่นประกอบทดแทนไม้ที่มีอัตราส่วนของปริมาณกากกาแฟต่อชานอ้อยที่ระดับ 10:90, 20:80, 30:70, 40:60, 50:50, 60:40, 70:30, 80:20 และ 90:10 นั้น มีคุณสมบัติของแผ่นที่ยังไม่ได้เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นชิ้นไม้อัดชนิดอัดราบ (มอก. 876-2547) จึงยังไม่สามารถนำไปทำเป็นเฟอร์นิเจอร์ หรืออุปกรณ์ขนาดใหญ่ที่ต้องรับแรงเชิงกลได้มากนัก แต่มีคุณสมบัติใกล้เคียงและสามารถนำมาแปรรูปเป็นวัสดุตกแต่งที่มีสภาพเทียบเคียงกับไม้อัดได้ โดยในอัตราส่วนของปริมาณกากกาแฟต่อชานอ้อยโดยใช้น้ำหนักอบแห้ง ที่ระดับ 60:40 มีคุณสมบัติของแผ่นที่เป็นใกล้เคียงตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นชิ้นไม้อัดชนิดอัดราบ (มอก. 876-2547) มากที่สุด ในส่วนของการนำความร้อน ยังไม่สามาถนำมาใช้งานเป็นวัสดุฉนวนกันความร้อนได้ เนื่องจากค่าการนำความร้อนยังมีค่าที่สูงกว่าค่าการนำความร้อนของวัสดุฉนวนกันความร้อนตามท้องตลาดทั่วๆ ไป ในแง่ของการผลิตเครื่องเรือนหรืองานด้านตกแต่งภายในพบว่า วัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้นี้ไม่จำเป็นต้องย้อมสีไม้ เนื่องจากสีของวัสดุเป็นสีที่เกิดจากเนื้อของกากกาแฟ ทำให้แผ่นมีสีที่คงทนถาวร ไม่ซีดจางทำให้ช่วยลดขั้นตอนการย้อมสีไม้ รวมทั้งพื้นผิวของแผ่นมีลักษณะเป็นแผ่นเรียบ ไม่มีเสี้ยนที่เกิดจากผิววัสดุช่วยลดขั้นตอนการขัดผิววัสดได้เช่นกัน

จากการวิเคราะห์ข้อมูลของผลการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกล ของวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้ จากกากกาแฟผสมชานอ้อยนั้นสรุปได้ว่า หากมีกากกาแฟในปริมาณที่มากกว่าชานอ้อย จะทำให้คุณสมบัติทางกายภาพ คือ ความหนาแน่น, ความชื้น, การดูดซึมน้ำและการขยายตัวตามความหนา ดีกว่า และหากมีชานอ้อยในปริมาณที่มากกว่ากากกาแฟนั้น ก็จะทำให้มีคุณสมบัติเชิงกล คือ ความต้านแรงดัด, ความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า ได้ดีกว่าเช่นกัน และในส่วนของค่าการนำความร้อนนั้น พบว่าหากมีกากกาแฟในปริมาณมากขึ้นจะทำให้ค่าการนำความร้อนมีค่าที่สูงขึ้นตามกัน

5.1.6.4 ให้ผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบและวัสดุทดแทนไม้ จำนวน 3 ท่าน ช่วยประเมินและวิเคราะห์โดยใช้หลักเหตุและผล ในลักษณะของการสัมภาษณ์และการตอบแบบประเมินด้าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความคิดเห็น และทำการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติเพื่อหาค่าเฉลี่ย(Mean, $\overline{X}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation, S.D) เพื่อใช้เป็นแนวทางในการนำวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้จากกากกาแฟผสมชานอ้อยไปใช้งานได้อย่างเหมาะสม

โดยสามารถสรุปการประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ โดยการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติเพื่อหาค่าเฉลี่ย(Mean, $\overline{X}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation, S.D) คือ ความคิดเห็นด้านคุณภาพอยู่ในระดับดีมาก ($\overline{X}$ = 4.04) ส่วนความคิดเห็นด้านการออกแบบอยู่ในระดับดีมากเช่นกัน ($\overline{X}$ = 3.88) สรุปโดยรวมอยู่ในระดับดีมาก ($\overline{X}$ = 3.96) ทั้งนี้ผู้วิจัยได้ทำการสรุปผลการประเมินเป็นรายด้านได้ดังนี้

1. ความคิดเห็นด้านคุณภาพของวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้ จากกากกาแฟผสมชานอ้อย โดยแบ่งตามลำดับผลของค่าเฉลี่ยที่ได้ คือ ด้านพื้นผิวของวัสดุจัดอยู่ในระดับดีมากที่สุด ($\overline{X}$ = 5.00) ซึ่งเป็นค่าเฉลี่ยที่สูงสุด รองลงมาคือด้านประโยชน์ต่อสิ่งแวดล้อมจัดอยู่ในระดับดีมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.66) ต่อมาคือด้านสีของวัสดุ, ด้านโอกาสในการพัฒนาต่อ, ด้านการใช้วัสดุภายในประเทศ มีค่าเฉลี่ยที่เท่ากันจัดอยู่ในระดับดีมาก ($\overline{X}$ = 4.33) ต่อมาคือด้านการนำมาประกอบเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ และด้านการดูแลรักษา ซึ่งมีค่าเฉลี่ยที่เท่ากันจัดอยู่ในระดับดีมาก ($\overline{X}$ = 3.66) และสุดท้ายคือด้านความทนทานจัดอยู่ในระดับปรับปรุง ($\overline{X}$ = 2.33) ซึ่งเป็นค่าเฉลี่ยที่ต่ำสุด

2. ความคิดเห็นด้านการออกแบบของวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้ จากกากกาแฟผสมชานอ้อย โดยแบ่งตามลำดับผลของค่าเฉลี่ยได้ คือ ด้านวัสดุช่วยเพิ่มคุณค่าให้กับผลิตภัณฑ์จัดอยู่ในระดับดีมาก ($\overline{X}$ = 4.33) และสุดท้ายคือด้านการนำวัสดุมาประกอบเป็นผลิตภัณฑ์แล้วทำให้ดูสวยงามขึ้น และด้านการใช้วัสดุทำให้ผลิตภัณฑ์ดึงดูดสายตาได้ มีค่าเฉลี่ยที่เท่ากันจัดอยู่ในระดับดีมาก ($\overline{X}$ = 3.66)

5.1.6.4.2 สรุปการประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญจากการสัมภาษณ์ ดังต่อไปนี้

1. การประเมินความคิดเห็นด้านวัสดุทดแทนไม้ โดยคุณอรพินท์ สินอมรเวช ซึ่งมีความคิดเห็นว่าวัสดุมีความน่าสนใจ ลวดลายซึ่งเกิดจากเส้นชานอ้อยขนาดเล็กผสมกับเนื้อของกากกาแฟที่มีลักษณะเป็นผงละเอียดสีน้ำตาลเข้ม เมื่อนำมาอัดเข้าด้วยกันจะได้เป็นวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้ที่มีผิวของวัสดุคล้ายกับผิวของกะลามะพร้าวดูแล้วมีมิติมาก และยังมีข้อดีตรงที่สามารถลดหรือเพิ่มทั้งสีและลวดลายที่ผิวของวัสดุแผ่นประกอบนี้ได้ โดยการเพิ่มหรือลดสัดส่วนของวัตถุดิบก่อนการอัด ในส่วนของความแข็งแรงของแผ่นนั้นมีโอกาสในการพัฒนาได้อีก

2. การประเมินความคิดเห็นด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์ โดยผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สิงห์ อินทรชูโต ซึ่งมีความคิดเห็นว่าวัสดุโดยรวมดูสวยงามมาก ลวดลายและสีของวัสดุมีส่วนคล้ายกับลวดลายและสีของกะลามะพร้าวมาก ในส่วนของสัดส่วนอื่นๆ ที่ใช้ในงานวิจัยครั้งนี้ผู้เชี่ยวชาญมีความสนใจต่อแผ่นที่มีปริมาณการผสมของกากกาแฟมากเป็นพิเศษเพราะมีสีที่ไม่เหมือนตามท้องตลาดทั่วๆ ไป หากแต่มีข้อเสียตรงที่เวลาสัมผัสกับผิวของแผ่นวัสดุนี้จะมีผงกาแฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ติดออกมาด้วย ทำให้เป็นอันเลอะเทอะได้ง่าย ในส่วนของการนำมาประกอบเป็นผลิตภัณฑ์นั้น ผู้เชี่ยวชาญมีความคิดเห็นว่าถ้ามีความเป็นไปได้น่าจะขึ้นรูปเป็นแบบ 3 มิติ จะทำให้ดูแปลกใหม่แล้วจะยิ่งทำให้วัสดุดูน่าสนใจมากยิ่งขึ้น ไม่เป็นแผ่นแบนๆ เหมือนเดย สุดท้ายผู้เชี่ยวชาญมีคำแนะนำเพิ่มเติมอยู่ในเรื่องของการใช้กาวว่า ถ้าเป็นไปได้ในอนาคตในการอัดแผ่นเพื่อสิ่งแวดล้อมนั้นอาจจะไม่ต้องใช้กาวได้จะเป็นผลดีระยะยาวได้ต่อไป

3. การประเมินความคิดเห็นด้านการออกแบบตกแต่งภายใน โดยคุณภาวิน เศรษฐบุตร ซึ่งชอบในลวดลายและสีของแผ่นที่ดูกลมกลืนเป็นธรรมชาติเหมาะสำหรับงานตกแต่งที่มีแนวทางการตกแต่งในแบบดิบๆ ที่ยังคงพื้นผิวของวัสดุธรรมชาติเดิมอยู่ แต่อีกในหนึ่งการตกแต่งในแนวทางที่กล่าวมานี้ในเมืองไทยยังมีความนิยมค่อนข้างน้อยอยู่ ผู้เชี่ยวชาญมีความคิดเห็นว่าหากเพิ่มทางเลือกให้กับวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้ จากกากกาแฟผสมชานอ้อยนี้อีก น่าจะทำให้วัสดุมีความน่าสนใจมากขึ้นอีกทั้งยังสามารถนำไปใช้กับแนวทางการตกแต่งในแบบอื่นๆ ได้อีก ซึ่งผู้เชี่ยวชาญมีข้อเสนอแนะว่าน่าจะมีการเพิ่มสีให้มีความหลากหลายมากยิ่งขึ้น โดยสีนั้นอาจจะสกัดมาจากธรรมชาติก็ได้เพื่อให้วัสดุยังคงความเป็นธรรมชาติอยู่ ในอีกคำแนะนำนึงที่ผู้เชี่ยวชาญมีความคิดเห็นเสริมว่าวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้จากกากกาแฟผสมชานอ้อยนี้ อาจจะนำไปใช้ประโยชน์ในด้านอื่นๆ ได้อีก เช่น การนำไปใช้เป็นผนังลดเสียง หรืออาจผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ของตกแต่งบ้านเพื่อเพิ่มคุณค่าทำให้วัสดุดูโดดเด่นยิ่งขึ้น ในส่วนของการผลิตนั้นผู้เชี่ยวชาญแนะนำว่าพื้นผิวอาจต้องมีการเคลือบ หรือพ่นปิดทับอีกชั้น เพื่อป้องกันคราบฝุ่นผงที่เกิดจากผงกาแฟ และอาจเพิ่มความหนาของแผ่นเพื่อป้องกันการบิดงอของวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้นี้

5.2 อภิปราย

จากผลการวิจัยในการพัฒนาวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้ จากกากกาแฟผสมชานอ้อย ส่วนใหญ่ไม่ได้เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นชิ้นไม้อัดชนิดอัดราบ (มอก.876-2547) รวมถึงค่าการนำความร้อน ตามมาตรฐาน ASTM C177 โดยสามารถวิเคราะห์ผลสรุปการทดสอบในด้านต่างๆ ได้ดังนี้

1. ความหนาแน่น (Density) จากการทดสอบพบว่าในทุกอัตราส่วนมีค่าความชื้นที่เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ อุตสาหกรรมแผ่นชิ้นไม้อัดชนิดอัดราบ (มอก.876-2547) เนื่องจากกากกาแฟ, ชานอ้อย และกาวไอโซไซยาเนตมีการประสานตัวยึดเกาะกันอย่างสม่ำเสมอดี

2. ความชื้น (Moisture Content) จากการทดสอบพบว่าในทุกอัตราส่วนมีค่าความหนาแน่นที่เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นชิ้นไม้อัดชนิดอัดราบ (มอก. 876-2547) เนื่องด้วยกากกาแฟและชานอ้อยที่ใช้เป็นวัตถุดิบในงานวิจัยครั้งนี้ ก่อนการนำไปอัดแผ่นจะมีการไล่ความชื้นโดยการตากแดดจนแห้งสนิทก่อน และความชื้นที่วัดได้ก่อนการอัดแผ่นก็เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้ คือมีค่าความชื้นอยู่ระหว่าง 6-12%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. การดูดซึมน้ำและการขยายตัวทางความหนา (Water Absorption and Thickness Swelling)

การดูดซึมน้ำ จากการทดสอบชิ้นตัวอย่างพบว่าในทุกอัตราส่วนมีค่าการดูดซึมน้ำที่ไม่เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นชิ้นไม้อัดชนิดอัดราบ (มอก.876-2547) เนื่องจากการประสานตัวกันและความหนาแน่นน้อยเกินไปจนสามารถดูดซึมน้ำได้มากกว่ามาตรฐาน ดังนั้นแนวทางการลดค่าการดูดซึมน้ำได้ คือ การเพิ่มอุณหภูมิหรือเพิ่มระยะเวลาในการอัดตามความเหมาะสม

การขยายตัวทางความหนา จากผลการทดสอบพบว่าในปริมาณกากกาแฟต่อชานอ้อยที่ระดับ 0:100, 10:90, 30:70, 40:60 และ 60:40 เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นชิ้นไม้อัดชนิดอัดราบ (มอก. 876-2547) และในปริมาณกากกาแฟต่อชานอ้อยที่ระดับ 20:80, 50:50, 70:30, 80:20 และ 90:10 ไม่เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นชิ้นไม้อัดชนิดอัดราบ (มอก.876-2547) และในแผ่นทดสอบที่ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานเนื่องจากการประสานกันและความหนาแน่นน้อยเกินไปจนสามารถดูดซึมน้ำได้มากกว่ามาตรฐานและมีค่าการขยายตัวมากขึ้นตามกัน ดังนั้นแนวทางการลดค่าการดูดซึมน้ำจนทำให้เกิดการพองตัวทางความหนานั้น คือ การเพิ่มอุณหภูมิหรือเพิ่มระยะเวลาในการอัดตามความเหมาะสม

4. ความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหนัง (Tension Perpendicular to Surface) จากผลการทดสอบพบว่าในปริมาณกากกาแฟต่อชานอ้อยที่ระดับ 0:100, 20:80, 30:70, 40:60, 50:50 และ 60:40 เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นชิ้นไม้อัดชนิดอัดราบ (มอก. 876-2547) และในปริมาณกากกาแฟต่อชานอ้อยที่ระดับ 70:30, 80:20, และ 90:10 ไม่เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นชิ้นไม้อัดชนิดอัดราบ (มอก. 876-2547) และในแผ่นทดสอบที่ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานเนื่องจากการประสานตัวกันของวัตถุดิบที่น้อยเกินไป

5. ความต้านแรงดัด (Bending Strength)

ความต้านแรงดัด จากผลการทดสอบพบว่าในปริมาณชานอ้อยที่ระดับ 100 เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นชิ้นไม้อัดชนิดอัดราบ (มอก.876-2547) และในปริมาณกากกาแฟต่อชานอ้อยที่ระดับ 10:90, 20:80, 30:70, 40:60, 50:50, 60:40, 70:30, 80:20 และ 90:10 ไม่เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุต สาหกรรมแผ่นชิ้นไม้อัดชนิดอัดราบ (มอก.876-2547) และในแผ่นทดสอบที่ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน เนื่องจากการประสานตัวกันของผิววัตถุที่น้อยเกินไป

มอดูลัสยืดหยุ่น จากผลการทดสอบพบว่าในปริมาณชานอ้อยที่ระดับ 100 เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นชิ้นไม้อัดชนิดอัดราบ (มอก.876-2547) และในปริมาณกากกาแฟต่อชานอ้อยที่ระดับ 10:90, 20:80, 30:70, 40:60, 50:50, 60:40, 70:30, 80:20 และ 90:10 ไม่เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นชิ้นไม้อัดชนิดอัดราบ (มอก.876-2547) และในแผ่นทดสอบที่ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน เนื่องจากการประสานตัวของผิววัตถุที่น้อยเกินไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. ค่าการนำความร้อน จากผลการทดสอบพบว่าในทุกอัตรส่วนมีค่าการนำความร้อนจากการทดสอบตามมาตรฐาน ASTM C177 ที่ยังไม่สามาถนำมาใช้งานเป็นวัสดุฉนวนกันความร้อนได้ เนื่องตากค่าการนำความร้อนยังมีค่าที่สูงกว่าค่าการนำความร้อนของวัสดุฉนวนกันความร้อนทั่วๆ ไป ในท้องตลาด โดยทั้งหมดนี้สามารถสรุปผลการทดสอบค่าการนำความร้อนได้ว่าหากมีกากกาแฟในปริมาณที่มากขึ้นจะทำให้ค่าการนำความร้อนมีค่าที่สูงมากขึ้นตามกัน

5.3 ข้อเสนอแนะ

5.3.1 การนำผลการวิจัยไปใช้

แผ่นวัสดุทดแทนไม้จากกากกาแฟผสมชานอ้อยนี้ มีคุณสมบัติที่เหมาะสมในการสร้างเป็นผลิตภัณฑ์ที่ไม่ต้องใช้แรงกระทำด้านแรงดัด แรงดึง และรับน้ำหนักมากนักเพราะแผ่นวัสดุทดแทนไม้ จากกากกาแฟผสมชานอ้อยนี้ ไม่เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นชิ้นไม้อัดชนิดอัดราบ (มอก.876-2547) แต่ก็สามารถที่จะนำไปผลิตเป็นผลิตภัณฑ์จำพวกของตกแต่งได้ และไม่สามารถนำไปใช้เป็นฉนวนกันความร้อนได้

5.3.2 แนวทางการนำวัสดุไปใช้งาน

วัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้สามารถนำไปใช้งานเป็นผลิตภัณฑ์ของตกแต่งบ้านได้ เช่น กรอบรูป, ฉากกั้น หรืองานด้านตกแต่งภายใน เช่น วัสดุตกแต่งผนัง, ขอบของบานหน้าต่าง, บานประตู เป็นต้น ซึ่งทั้งหมดนี้จำเป็นต้องเคลือบผิวของวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้นี้ด้วยทุกครั้งเพื่อป้องกันฝุ่นผงที่เกิดจากผงของกากกาแฟ หรือเศษชานอ้อยได้ และยังเป็นการช่วยรักษาสภาพผิวของวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้นี้ ไม่ให้หลุดร่อนและคงอยู่ได้นาน และสำหรับงานด้านเครื่องเรือนนั้น สามารถนำไปใช้เป็นส่วนประกอบของเครื่องเรือนที่ไม่ต้องใช้แรงกระทำด้านแรงดัด แรงดึง และน้ำหนักได้มากนัก เช่น ใช้เป็นแผ่นหน้าของโต๊ะ, แผ่นปิดโครงของเครื่องเรือนเพื่อเป็นวัสดุตกแต่ง เป็นต้น

5.3.3 การวิจัยครั้งต่อไป

จากการศึกษาตามข้อมูลต่างๆ เช่น จากคำเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญในด้านต่างๆ รวมทั้งจากการศึกษากระบวนการวิจัยตั้งแต่ต้นจนจบการดำเนินงาน ทำให้ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะว่าวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้จากกากกาแฟผสมชานอ้อยนั้นสามารถต่อยอดงานในด้านการตกแต่งได้อีก โดยอาจมีการเพิ่มสีสันที่นอกเหนือจากสีที่เกิดจากวัสดุ 2 ชนิดมาผสมกันแล้วก็อาจจะเป็นสีที่เกิดจากการสกัดจากวัสดุธรรมชาติต่างๆ เพื่อให้แผ่นวัสดุทดแทนไม้นั้นมีหลากหลายมากยิ่งขึ้น หรือการนำวัสดุเหลือทิ้งประเภทอื่นๆ มาใช้ในการผลิตเป็นวัสดุทดแทนไม้ก็ได้ เพื่อเป็นการช่วยส่งเสริมและสนับสนุนการใช้วัสดุเหลือทิ้งจากที่ต่างๆ นำมาใช้ให้เกิดประโยชน์ได้สูงสุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

ณฐมน รุ่งสร้างธรรม. 2549. **การเปลี่ยนแปลงสารประกอบระเหยในเมล็ดกาแฟอาราบิก้าคั่วระหว่างการเก็บรักษา.** ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร มหาวิทยาลัยศิลปากร

เทียมใจ คมกฤส. "กายวิภาคของพฤกษ์". ภาควิชาพฤกศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาลัยเกษตรศาสตร์: สำนักพิมพ์ ม.เกษตรศาสตร์, พิมพ์ครั้งที่ 4, พ.ศ. 2541

ข้อมูลกลาง. 2548 . **สถิติการป่าไม้ของประเทศไทย กรมป่าไม้.** กรุงเทพฯ สำนักวิจัยการจัดการป่าไม้และผลิตลป่าไม้ กรมป่าไม้. 2548 **ปริมาณไม้นำเข้า.** เอกสารประกอบการฝึกอบรมและถ่ายทอดเทคโนโลยีเชิงปฏิบัติ

คัมภีร์ นนทราช. 2550. การพัฒนากากเบียร์เป็นแผ่นวัสดุทดแทนไม้. คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

วรธรรม อุ่นจิตติชัย และคณะ . 2549. **รายงานผลการวิจัย ประจำปี 2549**, สำนักการจัดการป่าไม้และผลิตผลป่าไม้ กรมป่าไม้ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ศึกษางานวิจัยในกลุ่มงานพัฒนาอุตสาหกรรมไม้และป้องกันรักษาเนื้อไม้

วรธรรม อุ่นจิตติชัย และคณะ . 2550. **ผลิตภัณฑ์วัสดุทดแทนไม้จากเศษไม้ และวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร**, สำนักการจัดการป่าไม้และผลิตผลป่าไม้ กรมป่าไม้ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

สุเมธ เตชะกุลวิโรจน์. 2546. **การใช้เถ้าลอยชานอ้อยมาบำบัดน้ำเสีย แล้วนำไปทำคอนกรีตบล็อก.** คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ผุสดี แพทย์นุเคราะห์. 2546. **การนำซิลิกา-อะลูมินาและชานอ้อยที่ใช้แล้วมาใช้ประโยชน์ในการ ทำคอนกรีตบล็อก.** จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ชลิต เปรมสมบัติ และวิษณุ ชลิตโกมุท. 2549. **การศึกษาการผลิตแผ่นชิ้นอัดจากใบอ้อยชนิดชั้นเดียว.** สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเหนือ

ฐานันดร รัศมี และมารุต รอดศาสตรา. 2546. **ได้ทำการวิจัยเรื่องการทดลองผลิตแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดซึ่งผลิตจากต้นยาสูบแบบมีไส้ และไม่มีไส้.** สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเหนือ

สุรชัย มัจฉาชีพ. **พืชเศรษฐกิจในประเทศไทย**: โรงพิมพ์นันทชัย. พิมพ์ครั้งแรก, 2535

วรธรรม อุ่นจิตติชัย. 2541. **อุตสาหกรรมการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลและกรรมวิธีการผลิต (Particleboard Manufacture and Processing)** กลุ่มพัฒนาอุตสาหกรรมไม้ ส่วนวิจัยและพัฒนาผลิตผลป่าไม้ สำนักวิชาการป่าไม้

สำนักงานมาตรฐานอุตสาหกรรม. 2547. **มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นใยความหนาแน่นปานกลาง มอก.966-2533.**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักงานมาตรฐานอุตสาหกรรม. 2547. **มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นชิ้นไม้อัดชนิดราบ มอก. 876-2547.**

ASTM C177-1993 Standard test method for steady-state heat flux measurements and thermal transmission properties by mean of the guarded-hot-plate apparatus

ธีรชัย สุขสด. การออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์, 2545

อุดมศักดิ์ สาริบุตร. **ออกแบบเฟอร์นิเจอร์.** กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์, พิมพ์ครั้งที่ 1, 2550

นวลน้อย บุญวงษ์ . **หลักการออกแบบ** . กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย , พิมพ์ครั้งที่ 1 , 2539

วรพงศ์ วรชาติอุดมพงศ์ . **ออกแบบตกแต่ง:** สำนักพิมพ์ศิปาบรรณาคาร, พิมพ์ครั้งที่ 2, 2535

บริษัท พียูโฟม อินซูเลชั่น แอนด์ เทรดดิ้ง จำกัด . [Online] . http://www.anucha.info

สำนักงานปลัดกระทรวงพาณิชย์ . [Online] . http://www.ops.moc.go.th

สำนักวิจัยการจัดการป่าไม้และผลิตผลป่าไม้ กรมป่าไม้ . [Online] . www.forest.go.th

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.

เอกสารการดำเนินการที่เกี่ยวข้อง

แบบประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ เกี่ยวกับผลิตภัณฑ์จากวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้ จากกากกาแฟผสมชานอ้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ ศธ 0524.04/ 2300

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

๗ มิถุนายน 2551

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ให้กับนักศึกษา

เรียน กรรมการผู้จัดการบริษัท สตาร์บัคส์ คอฟฟี่ (ประเทศไทย) จำกัด

ด้วย นางสาวชนิดา หิรัญรัตนากร นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง มีความประสงค์จะขอข้อมูลเกี่ยวกับกากกาแฟ ขอเอกสารเกี่ยวกับกากกาแฟ และขอถ่ายภาพกากกาแฟ เพื่อประกอบการจัดเตรียมหัวข้อและเค้าโครงวิทยานิพนธ์ เรื่อง "การศึกษาและพัฒนาวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้จากกากกาแฟผสมชานอ้อย"

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์ให้กับนักศึกษาดังกล่าว และหวังเป็นอย่างยิ่งว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดี และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์จิระเสกข์ ตรีเมธสุนทร)
รองคณบดีกำกับดูแลงานด้านบัณฑิตศึกษา
ปฏิบัติราชการแทนคณบดี

หน่วยบัณฑิตศึกษา
โทร. 02-737-3000 ต่อ 3692
โทรสาร. 02- 326-4325
ติดต่อนักศึกษา โทร.085-058-3270

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ ศธ 0524.04/ 3982

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ฉนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

12 พฤศจิกายน 2551

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ให้กับนักศึกษา

เรียน อธิบดีกรมป่าไม้

ด้วย นางสาวชนิดา หิรัญรัตนากร นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง มีความประสงค์จะขอข้อมูล ขอถ่ายภาพ และขอถ่ายวิดีโอเกี่ยวกับกระบวนการพัฒนาและทดสอบต่าง ๆ กับวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้ จากกากกาแฟผสมชานอ้อย และขอความอนุเคราะห์ทดลองใช้เครื่องจักรในกระบวนการผลิตวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้ พร้อมทั้งขอใช้เครื่องมือในการทดสอบทางกายภาพและเชิงกลไกต่าง ๆ และการทดสอบการนำความร้อนของ วัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้ จากกากกาแฟผสมชานอ้อย เพื่อประกอบการจัดเตรียมวิทยานิพนธ์ เรื่อง "การศึกษาและพัฒนาวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้ จากกากกาแฟผสมชานอ้อย" โดยคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมพิจารณาแล้วเห็นว่า อาจารย์วรธรรม อุ่นจิตติชัย เป็นผู้มีความรู้ความสามารถในเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์ให้กับนักศึกษาดังกล่าว และหวังเป็นอย่างยิ่งว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดี และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์จิระเสกข์ ตรีเมธสุนทร)
รองคณบดีกำกับดูแลงานด้านบัณฑิตศึกษา
ปฏิบัติราชการแทนคณบดี

หน่วยบัณฑิตศึกษา
โทร. 02-737-3000 ต่อ 3692
โทรสาร. 02- 326-4325
ติดต่อนักศึกษา โทร.085-058-3270

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ ศธ 0524.04/ 3982

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

/๕ พฤศจิกายน 2551

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ให้กับนักศึกษา

เรียน อาจารย์วรธรรม อุ่นจิตติชัย

ด้วย นางสาวชนิดา หิรัญรัตนากร นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง มีความประสงค์จะขอข้อมูล ขอถ่ายภาพ และขอถ่ายวิดีโอเกี่ยวกับกระบวนการพัฒนาและทดสอบต่าง ๆ กับวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้ จากกากกาแฟผสมชานอ้อย เพื่อประกอบการจัดเตรียมวิทยานิพนธ์ เรื่อง "การศึกษาและพัฒนาวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้ จากกากกาแฟผสมชานอ้อย"

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์ให้กับนักศึกษาดังกล่าว และหวังเป็นอย่างยิ่งว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดี และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์จิระเสกข์ ตรีเมธสุนทร)
รองคณบดีกำกับดูแลงานด้านบัณฑิตศึกษา
ปฏิบัติราชการแทนคณบดี

หน่วยบัณฑิตศึกษา
โทร. 02-737-3000 ต่อ 3692
โทรสาร. 02- 326-4325
ติดต่อนักศึกษา โทร.085-058-3270

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ ศธ 0524.04/ 3982

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

12 พฤศจิกายน 2551

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ให้นักศึกษาทดลองใช้เครื่องมือเพื่อการวิจัย

เรียน อาจารย์วรธรรม อุ่นจิตติชัย

ด้วย นางสาวชนิดา หิรัญรัตนากร นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กำลังทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "การศึกษาและพัฒนาวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้ จากกากกาแฟผสมชานอ้อย" โดยมี รศ.อุดมศักดิ์ สาริบุตร เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ อาจารย์วรธรรม อุ่นจิตติชัย เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม จึงขอความอนุเคราะห์จากท่านโปรดอนุญาตให้ นางสาวชนิดา หิรัญรัตนากร ทดลองใช้เครื่องจักรในกระบวนการผลิตวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้ พร้อมทั้งขอใช้เครื่องมือในการทดสอบทางกายภาพและเชิงกลไกต่าง ๆ เพื่อทดสอบการนำความร้อนของ วัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้ จากกากกาแฟผสมชานอ้อย เพื่อการวิจัยภายในหน่วยงานท่านได้

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาอนุญาตและขอขอบคุณในความอนุเคราะห์ของท่านมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์จิระเสกข์ ศรีเมธสุนทร)
รองคณบดีกำกับดูแลงานด้านบัณฑิตศึกษา
ปฏิบัติราชการแทนคณบดี

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ ศธ 0524.04/ 3530

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

30 พฤศจิกายน 2552

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ให้กับนักศึกษา

เรียน เจ้าของบริษัท คอมโพสท์ ยูอิ จำกัด

ด้วย นางสาวชนิดา หิรัญรัตนากร นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง มีความประสงค์จะขอข้อมูลและขอถ่ายภาพเกี่ยวกับกากกาแฟ เพื่อประกอบการจัดทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "การศึกษาและพัฒนาวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้ จากกากกาแฟผสมชานอ้อย"

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์ให้กับนักศึกษาดังกล่าว และหวังเป็นอย่างยิ่งว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดี และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์จิระเสกข์ ศรีเมธสุนทร)
รองคณบดีกำกับดูแลงานด้านบัณฑิตศึกษา
ปฏิบัติการแทนคณบดี

ส่วนบริหารงานทั่วไป
โทร. 02-737-3000 ต่อ 3692
โทรสาร. 02- 326-4325
ติดต่อนักศึกษา โทร.085-058-3270

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ ศธ 0524.04/ 3536

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ฉนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

๓๐ พฤศจิกายน 2552

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญทางด้านการออกแบบ (เกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ที่ประกอบมาจากวัสดุทดแทนไม้) เพื่อการวิจัย

เรียน ผศ.ดร.สิงห์ อินทรชูโต

ด้วย นางสาวชนิดา หิรัญรัตนากร นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กำลังทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "การศึกษาและพัฒนาวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้ จากกากกาแฟผสมชานอ้อย" โดยมี รศ.อุดมศักดิ์ สาริบุตร เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ อาจารย์วรธรรม อุ่นจิตติชัย เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถในเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญทางด้านการออกแบบ (เกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ที่ประกอบมาจากวัสดุทดแทนไม้) เพื่อการวิจัยของ นางสาวชนิดา หิรัญรัตนากร

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์จิระเสกข์ ตรีเมธสุนทร)
รองคณบดีกำกับดูแลงานด้านบัณฑิตศึกษา
ปฏิบัติการแทนคณบดี

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ ศธ 0524.04/ 3536

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ฉนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

๓๐ พฤศจิกายน 2552

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญทางด้านวัสดุทดแทนไม้เพื่อการวิจัย

เรียน คุณอรพินท์ สินอมรเวช

ด้วย นางสาวชนิดา หิรัญรัตนากร นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กำลังทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "การศึกษาและพัฒนาวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้ จากกากกาแฟผสมชานอ้อย" โดยมี รศ.อุดมศักดิ์ สาริบุตร เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ อาจารย์วรธรรม อุ่นจิตติชัย เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถในเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญทางด้านวัสดุทดแทนไม้เพื่อการวิจัยของ
นางสาวชนิดา หิรัญรัตนากร

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์จิระเสกข์ ตรีเมธสุนทร)
รองคณบดีกำกับดูแลงานด้านบัณฑิตศึกษา
ปฏิบัติการแทนคณบดี

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ ศธ 0524.04/ 3488

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

13 ตุลาคม 2553

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ให้นักศึกษาตีพิมพ์บทความวิจัยในวารสารวิชาการ

เรียน คณบดี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

สิ่งที่ส่งมาด้วย บทความวิจัย เรื่อง "การศึกษาและพัฒนาวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้จากกากกาแฟผสมชานอ้อย"

ด้วย นางสาวชนิดา หิรัญรัตนากร นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง มีความประสงค์จะขอส่งบทความวิจัยเพื่อตีพิมพ์ในวารสารคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เพื่อเป็นเงื่อนไขส่วนหนึ่งของการสำเร็จการศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา ของ นางสาวชนิดา หิรัญรัตนากร

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์ให้กับนักศึกษาดังกล่าว และหวังเป็นอย่างยิ่งว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดี และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ไพฑูรย์ พิมดี)
รองคณบดีกำกับดูแลงานด้านวิจัยและบัณฑิตศึกษา
ปฏิบัติการแทนคณบดี

ส่วนบริหารงานทั่วไป
โทร. 02-329-8000 ต่อ 3692
โทรสาร. 02- 329-8436
ติดต่อนักศึกษา โทร.085-058-3270

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ ศธ 0579.05/สค.303

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ
2 ถนนนางลิ้นจี่ ทุ่งมหาเมฆ
สาทร กรุงเทพฯ 10120

22 ตุลาคม 2553

เรื่อง อนุญาตให้ลงบทความวิทยานิพนธ์ ในวารสารคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ฉบับที่ 5

เรียน คณบดีคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ตามที่นางสาวชนิดา หิรัญรัตนากร นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง มีความประสงค์ขอความอนุเคราะห์ลงบทความตีพิมพ์วารสารวิชาการระดับปริญญาโท เพื่อประกอบการจัดทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "การศึกษาและพัฒนาวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้จากกาแฟผสมชานอ้อย"ในวารสารคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี นั้น

คณะฯ ไม่ขัดข้องที่จะนำบทความวิทยานิพนธ์ เรื่องดังกล่าว ลงในวารสาร คณะฯ โดยจะจัดบทความลงในวารสารคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ฉบับที่ 5 ระหว่างเดือนกรกฎาคม – ธันวาคม 2553

จึงเรียนมาเพื่อทราบ

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นิตยา สำเร็จผล)
คณบดีคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

สำนักงานคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
โทรศัพท์ 0 2287 9681, 08 7548 2667
โทรสาร 0 2287 9681

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

สาขาวิชาเทคโนโลยีผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

แบบสอบถามความคิดเห็นเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์จาก

วัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้ จากกากกาแฟผสมชานอ้อย

คำชี้แจงในการตอบแบบสอบถาม

1. แบบสอบถามนี้จัดทำขึ้นเพื่อสอบถามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญในด้านต่างๆ ที่มีส่วนเกี่ยวข้องต่อโครงการวิจัยครั้งนี้ โดยมีวัตถุประสงค์

1.1 เพื่อศึกษาและพัฒนาวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้จากกากกาแฟผสมชานอ้อย

1.2 เพื่อเปรียบเทียบคุณภาพของวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้จากกากกาแฟผสมชานอ้อย ที่ประกอบเป็นผลิตภัณฑ์แล้ว

1.3 เพื่อออกแบบผลิตภัณฑ์ที่เหมาะสมสำหรับวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้ จากกากกาแฟผสมชานอ้อย

2. โปรดตอบแบบสอบถามทุกข้อ ตามความคิดเห็นของท่านเอง

3. ข้อมูลที่ได้จากแบบสอบถามนี้ ใช้สำหรับการศึกษาในงานวิจัยครั้งนี้

คำนิยามศัพท์

1. ผลิตภัณฑ์ หมายถึง ผลิตภัณฑ์ด้านเครื่องเรือน หรืองานด้านตกแต่งภายใน ได้แก่ ฉากกั้น โคมไฟ

คำชี้แจง : ให้เขียนเครื่องหมายถูกลงในช่องที่ตรงกับความคิดเห็นของท่านมากที่สุดเพียงช่องเดียว โดยมีค่าระดับความคิดเห็น ดังนี้

5 หมายถึง มีความเห็นด้วยมากที่สุด

4 หมายถึง มีความเห็นด้วยมาก

3 หมายถึง มีความเห็นด้วยปานกลาง

2 หมายถึง มีความเห็นด้วยน้อย

1 หมายถึง มีความเห็นด้วยน้อยที่สุด

(ผู้วิจัยขอขอบคุณในความร่วมมือของท่านเป็นอย่างมาก)

นางสาวชนิดา หิรัญรัตนากร

นักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา สาขาวิชาเทคโนโลยีผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบสอบถามสำหรับผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบและวัสดุทดแทนไม้

แบบประเมินแบ่งเป็น 3 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 : ข้อมูลสถานภาพของผู้ประเมิน

ตอนที่ 2 : ความคิดเห็นด้านคุณภาพและการออกแบบของวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้ จากกากกาแฟผสมชานอ้อย

ตอนที่ 3 : ข้อเสนอแนะอื่นๆ

ตอนที่ 1 : ข้อมูลสถานภาพของผู้ประเมิน

- ชื่อ-นามสกุลของผู้เชี่ยวชาญ.....
- อาชีพ.....
- การศึกษา.....
- ประสบการณ์ทำงาน.....

ตอนที่ 2 : ความคิดเห็นด้านคุณภาพและการออกแบบของวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้ จากกากกาแฟผสมชานอ้อย

ด้านคุณภาพและการออกแบบของวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้ จากกากกาแฟผสมชานอ้อย

No.	ความคิดเห็นด้านคุณภาพของวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้จากกากกาแฟผสมชานอ้อย	ระดับความคิดเห็น				
		1	2	3	4	5
1.	ความทนทาน					
2.	พื้นผิวของวัสดุ					
3.	สีของวัสดุ					
4.	โอกาสในการพัฒนาต่อ					
5.	ประโยชน์ต่อสิ่งแวดล้อม					
6.	การนำมาประกอบเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ					
7.	ใช้วัสดุภายในประเทศ					
8.	การดูแลรักษา					

No.	ความคิดเห็นด้านการออกแบบของวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้ จากกากกาแฟผสมชานอ้อย	ระดับความคิดเห็น				
		1	2	3	4	5
9.	เมื่อนำวัสดุมาประกอบเป็นผลิตภัณฑ์แล้วทำให้ดูสวยงามขึ้น					
10.	วัสดุทำให้ผลิตภัณฑ์ดึงดูดสายตาได้					
11.	วัสดุช่วยเพิ่มคุณค่าให้กับผลิตภัณฑ์					

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตอนที่ 3 :

ข้อเสนอแนะอื่นๆ

ลงชื่อ.....

( )

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.

การคำนวณปริมาณวัตถุดิบ ที่ใช้ในการผลิต วัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้ จากกากกาแฟผสมชานอ้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคำนวณอัตราส่วนระหว่างกากกาแฟและชานอ้อย ที่ใช้ในการผลิตแผ่นประกอบทดแทนไม้ โดยใช้กาวไอโซไซยาเนตในปริมาณ 7% โดยน้ำหนักเทียบกับน้ำหนักแห้งของกากวัสดุที่ใช้

<u>อัตราส่วนที่ระดับ 0 : 100 คือ ชานอ้อย 100 (ครั้งที่ 1 วันที่ 27/ 11/ 08)</u>

กำหนดให้	แผ่นวัสดุอัดมีความหนาแน่น(แห้ง)	0.8	กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร
	แผ่นวัสดุอัดมีขนาด	40 x 40	เซนติเมตร
	แผ่นวัสดุมีความหนา	10	มิลลิเมตร
	ใช้ปริมาณน้ำหนักกาวติดวัสดุ	7 %	
	วัสดุมีความชื้น	6 %	

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

จะได้ มวล(วัสดุ+กาว) = ปริมาตร x ความหนาแน่น

= (กว้าง x ยาว x หนา) x ความหนาแน่น

= (40 x 40 x 1.0) x 0.8

= 1,280 กรัม

แผ่นประกอบมวล 100 กรัม ใช้วัสดุมวลแห้ง 93 กรัม

แผ่นประกอบมวล 1,280 กรัม ใช้วัสดุมวลแห้ง $\frac{93 \times 1,280}{100}$ กรัม

ดังนั้นจะใช้วัสดุมวลแห้ง 1,190.4 กรัม

แผ่นประกอบมวล 100 กรัม ใช้เนื้อกาวมวล 7 กรัม

แผ่นประกอบมวล 1,280 กรัม ใช้เนื้อกาวมวล $\frac{7 \times 1,280}{100}$ กรัม

ดังนั้นจะใช้กาวมวล 89.6 กรัม

เพราะฉะนั้นปริมาณวัสดุที่ใช้ 1,190.4 x 1.09* = 1,297.54 กรัม

เผื่อ 10% = 1,427.29 กรัม

ปริมาณกาวที่ใช้ 89.6 กรัม เผื่อ 10% = 98.56 กรัม

ในการเตรียมก่อนอัดต้องใช้วัสดุที่ผสมกาวแล้ว 1,297.54 + 89.6 กรัม = 1,387.14 กรัม

<u>สรุปอัตราส่วนที่ใช้ในการอัด</u>

ชานอ้อย	1,297.54 + เผื่อ 10%	=	1,427.29	กรัม
ปริมาณกาว	89.6 + เผื่อ 10%	=	98.56	กรัม
รวม	1,387.14 + เผื่อ 10%	=	1,525.85	กรัม

***<u>หมายเหตุ</u>** : 1.09 คือ มวลวัสดุรวมกับความชื้น 9%

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อัตราส่วนที่ระดับ 100 : 0 คือ กากกาแฟ 100 (ครั้งที่ 1 วันที่ 25/ 11/ 08)

กำหนดให้	แผ่นวัสดุอัดมีความหนาแน่น(แห้ง)	0.8	กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร
	แผ่นวัสดุอัดมีขนาด	40 x 40	เซนติเมตร
	แผ่นวัสดุมีความหนา	10	มิลลิเมตร
	ใช้ปริมาณน้ำหนักกาวติดวัสดุ	7 %	
	วัสดุมีความชื้น	6 %	

จากสูตร ความหนาแน่น = มวลหรือน้ำหนัก/ ปริมาตร

จะได้ มวล(วัสดุ+กาว) = ปริมาตร x ความหนาแน่น

= (กว้าง x ยาว x หนา) x ความหนาแน่น

= (40 x 40 x 1.0) x 0.8

= 1,280 กรัม

แผ่นประกอบมวล 100 กรัม ใช้วัสดุมวลแห้ง 93 กรัม

แผ่นประกอบมวล 1,280 กรัม ใช้วัสดุมวลแห้ง $\frac{93 \times 1,280}{100}$ กรัม

ดังนั้นจะใช้วัสดุมวลแห้ง 1,190.4 กรัม

แผ่นประกอบมวล 100 กรัม ใช้เนื้อกาวมวล 7 กรัม

แผ่นประกอบมวล 1,280 กรัม ใช้เนื้อกาวมวล $\frac{7 \times 1,280}{100}$ กรัม

ดังนั้นจะใช้กาวมวล 89.6 กรัม

เพราะฉะนั้นปริมาณวัสดุที่ใช้ 1,190.4 x 1.06* = 1,261.82 กรัม

เผื่อ 10% = 1,388 กรัม

ปริมาณกาวที่ใช้ 89.6 กรัม เผื่อ 10% = 98.56 กรัม

ในการเตรียมก่อนอัดต้องใช้วัสดุที่ผสมกาวแล้ว 1,261.82 + 89.6 กรัม = 1,351.42 กรัม

สรุปอัตราส่วนที่ใช้ในการอัด

กากกาแฟ	1,261.82 + เผื่อ 10%	=	1,388	กรัม
ปริมาณกาว	89.6 + เผื่อ 10%	=	98.56	กรัม
รวม	1,351.42 + เผื่อ 10%	=	1.486.56	กรัม

***หมายเหตุ** : 1.06 คือ มวลวัสดุรวมกับความชื้น 6%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อัตราส่วนที่ระดับ 90 : 10 คือ กากกาแฟ 90 ต่อ ชานอ้อย 10

อัตราส่วนที่ใช้ในการอัด

ส่วนที่ 1. กากกาแฟที่ระดับ 100 1,261.82 กรัม

ส่วนที่ 2. ชานอ้อยที่ระดับ 100 1,297.54 กรัม

ส่วนที่ 1. กำหนดให้อัตราส่วนของกากกาแฟอยู่ที่ระดับ 90

จากสูตร กากกาแฟที่ระดับ 100 จะใช้วัสดุมวลแห้ง 1,261.82 กรัม

ดังนั้น กากกาแฟที่ระดับ 90 จะใช้วัสดุมวลแห้ง $\frac{1,261.82 \times 90}{100}$ กรัม

= 1,135.64 กรัม

เผื่อ 10 % = 1,249.2 กรัม

ส่วนที่ 2. กำหนดให้อัตราส่วนของชานอ้อยอยู่ที่ระดับ 10

จากสูตร ชานอ้อยที่ระดับ 100 จะใช้วัสดุมวลแห้ง 1,297.54 กรัม

ดังนั้น ชานอ้อยที่ระดับ 10 จะใช้วัสดุมวลแห้ง $\frac{1,297.54 \times 10}{100}$ กรัม

= 129.75 กรัม

เผื่อ 10 % = 142.73 กรัม

ปริมาณกาวที่ใช้ 89.6 กรัม เผื่อ 10 % = 98.56 กรัม

ในการเตรียมก่อนอัดต้องใช้วัสดุที่ผสมกาวแล้ว 1,135.64 + 129.75 + 89.6 กรัม = 1,354.99 กรัม

สรุปอัตราส่วนที่ใช้ในการอัด

กากกาแฟ	1,135.64 + เผื่อ 10%	=	1,249.2	กรัม
ชานอ้อย	129.75 + เผื่อ 10%	=	142.73	กรัม
ปริมาณกาว	89.6 + เผื่อ 10%	=	98.56	กรัม
รวม	1,354.99 + เผื่อ 10%	=	1,490.49	กรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อัตราส่วนที่ระดับ 80 : 20 คือ กากกาแฟ 80 ต่อ ชานอ้อย 20

อัตราส่วนที่ใช้ในการอัด

ส่วนที่ 1. กากกาแฟที่ระดับ 100 1,261.82 กรัม

ส่วนที่ 2. ชานอ้อยที่ระดับ 100 1,297.54 กรัม

ส่วนที่ 1. กำหนดให้อัตราส่วนของกากกาแฟอยู่ที่ระดับ 80

จากสูตร กากกาแฟที่ระดับ 100 จะใช้วัสดุมวลแห้ง 1,261.82 กรัม

ดังนั้น กากกาแฟที่ระดับ 80 จะใช้วัสดุมวลแห้ง $\frac{1,261.82 \times 80}{100}$ กรัม

= 1,009.46 กรัม

เผื่อ 10 % = 1,110.41 กรัม

ส่วนที่ 2. กำหนดให้อัตราส่วนของชานอ้อยอยู่ที่ระดับ 20

จากสูตร ชานอ้อยที่ระดับ 100 จะใช้วัสดุมวลแห้ง 1,297.54 กรัม

ดังนั้น ชานอ้อยที่ระดับ 20 จะใช้วัสดุมวลแห้ง $\frac{1,297.54 \times 20}{100}$ กรัม

= 259.51 กรัม

เผื่อ 10 % = 285.46 กรัม

ปริมาณกาวที่ใช้ 89.6 กรัม เผื่อ 10 % = 98.56 กรัม

ในการเตรียมก่อนอัดต้องใช้วัสดุที่ผสมกาวแล้ว 1,009.46+ 259.51+ 89.6 กรัม = 1,358.57 กรัม

สรุปอัตราส่วนที่ใช้ในการอัด

กากกาแฟ	1,009.46 + เผื่อ 10%	=	1,110.41	กรัม
ชานอ้อย	259.51 + เผื่อ 10%	=	285.46	กรัม
ปริมาณกาว	89.6 + เผื่อ 10%	=	98.56	กรัม
รวม	1,358.57 + เผื่อ 10%	=	1,494.43	กรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อัตราส่วนที่ระดับ 0 : 100 คือ ชานอ้อย 100 (ครั้งที่ 2 วันที่ 20/ 02/ 09)

กำหนดให้	แผ่นวัสดุอัดมีความหนาแน่น(แห้ง)	0.8	กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร
	แผ่นวัสดุอัดมีขนาด	40 x 40	เซนติเมตร
	แผ่นวัสดุมีความหนา	10	มิลลิเมตร
	ใช้ปริมาณน้ำหนักกาวติดวัสดุ	7 %	
	วัสดุมีความชื้น	7 %	

จากสูตร ความหนาแน่น = มวลหรือน้ำหนัก/ ปริมาตร

จะได้ มวล(วัสดุ+กาว) = ปริมาตร x ความหนาแน่น

= (กว้าง x ยาว x หนา) x ความหนาแน่น

= (40 x 40 x 1.0) x 0.8

= 1,280 กรัม

แผ่นประกอบมวล 100 กรัม ใช้วัสดุมวลแห้ง 93 กรัม

แผ่นประกอบมวล 1,280 กรัม ใช้วัสดุมวลแห้ง $\frac{93 \times 1,280}{100}$ กรัม

ดังนั้นจะใช้วัสดุมวลแห้ง 1,190.4 กรัม

แผ่นประกอบมวล 100 กรัม ใช้เนื้อกาวมวล 7 กรัม

แผ่นประกอบมวล 1,280 กรัม ใช้เนื้อกาวมวล $\frac{7 \times 1,280}{100}$ กรัม

ดังนั้นจะใช้กาวมวล 89.6 กรัม

เพราะฉะนั้นปริมาณวัสดุที่ใช้ 1,190.4 x 1.07* = 1,273.73 กรัม

เผื่อ 10% = 1,401.1 กรัม

ปริมาณกาวที่ใช้ 89.6 กรัม เผื่อ 10% = 98.56 กรัม

ในการเตรียมก่อนอัดต้องใช้วัสดุที่ผสมกาวแล้ว 1,273.73 + 89.6 กรัม = 1,363.33 กรัม

สรุปอัตราส่วนที่ใช้ในการอัด

ชานอ้อย	1,273.73 + เผื่อ 10%	=	1,401.1	กรัม
ปริมาณกาว	89.6 + เผื่อ 10%	=	98.56	กรัม
รวม	1,363.33 + เผื่อ 10%	=	1,499.66	กรัม

***หมายเหตุ** : 1.07 คือ มวลวัสดุรวมกับความชื้น 7%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อัตราส่วนที่ระดับ 70 : 30 คือ กากกาแฟ 70 ต่อ ชานอ้อย 30

อัตราส่วนที่ใช้ในการอัด

ส่วนที่ 1. กากกาแฟที่ระดับ 100 1,261.82 กรัม

ส่วนที่ 2. ชานอ้อยที่ระดับ 100 1,273.73 กรัม

ส่วนที่ 1. กำหนดให้อัตราส่วนของกากกาแฟอยู่ที่ระดับ 70

จากสูตร กากกาแฟที่ระดับ 100 จะใช้วัสดุมวลแห้ง 1,261.82 กรัม

ดังนั้น กากกาแฟที่ระดับ 70 จะใช้วัสดุมวลแห้ง $\frac{1,261.82 \times 70}{100}$ กรัม

= 883.27 กรัม

เผื่อ 10 % = 971.6 กรัม

ส่วนที่ 2. กำหนดให้อัตราส่วนของชานอ้อยอยู่ที่ระดับ 30

จากสูตร ชานอ้อยที่ระดับ 100 จะใช้วัสดุมวลแห้ง 1,273.73 กรัม

ดังนั้น ชานอ้อยที่ระดับ 30 จะใช้วัสดุมวลแห้ง $\frac{1,273.73 \times 30}{100}$ กรัม

= 382.12 กรัม

เผื่อ 10 % = 420.33 กรัม

ปริมาณกาวที่ใช้ 89.6 กรัม เผื่อ 10 % = 98.56 กรัม

ในการเตรียมก่อนอัดต้องใช้วัสดุที่ผสมกาวแล้ว 883.27 + 382.12 + 89.6 กรัม = 1,354.99 กรัม

สรุปอัตราส่วนที่ใช้ในการอัด

กากกาแฟ	883.27 + เผื่อ 10%	=	971.6	กรัม
ชานอ้อย	382.12 + เผื่อ 10%	=	420.33	กรัม
ปริมาณกาว	89.6 + เผื่อ 10%	=	98.56	กรัม
รวม	1,354.99 + เผื่อ 10%	=	1,490.49	กรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อัตราส่วนที่ระดับ 60 : 40 คือ กากกาแฟ 60 ต่อ ชานอ้อย 40

อัตราส่วนที่ใช้ในการอัด

ส่วนที่ 1.	กากกาแฟที่ระดับ 100	1,261.82	กรัม
ส่วนที่ 2.	ชานอ้อยที่ระดับ 100	1,273.73	กรัม

ส่วนที่ 1. กำหนดให้อัตราส่วนของกากกาแฟอยู่ที่ระดับ 60

จากสูตร กากกาแฟที่ระดับ 100 จะใช้วัสดุมวลแห้ง 1,261.82 กรัม

ดังนั้น กากกาแฟที่ระดับ 60 จะใช้วัสดุมวลแห้ง $\frac{1,261.82 \times 60}{100}$ กรัม

= 757.09 กรัม

เผื่อ 10 % = 832.8 กรัม

ส่วนที่ 2. กำหนดให้อัตราส่วนของชานอ้อยอยู่ที่ระดับ 40

จากสูตร ชานอ้อยที่ระดับ 100 จะใช้วัสดุมวลแห้ง 1,273.73 กรัม

ดังนั้น ชานอ้อยที่ระดับ 40 จะใช้วัสดุมวลแห้ง $\frac{1,273.73 \times 40}{100}$ กรัม

= 509.49 กรัม

เผื่อ 10 % = 560.44 กรัม

ปริมาณกาวที่ใช้ 89.6 กรัม เผื่อ 10 % = 98.56 กรัม

ในการเตรียมก่อนอัดต้องใช้วัสดุที่ผสมกาวแล้ว 757.09 + 509.49 + 89.6 กรัม = 1,356.18 กรัม

สรุปอัตราส่วนที่ใช้ในการอัด

กากกาแฟ	757.09 + เผื่อ 10%	=	832.8	กรัม
ชานอ้อย	509.49 + เผื่อ 10%	=	560.44	กรัม
ปริมาณกาว	89.6 + เผื่อ 10%	=	98.56	กรัม
รวม	1,356.18 + เผื่อ 10%	=	1,491.8	กรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อัตราส่วนที่ระดับ 50 : 50 คือ กากกาแฟ 50 ต่อ ชานอ้อย 50

อัตราส่วนที่ใช้ในการอัด

ส่วนที่ 1. กากกาแฟที่ระดับ 100 1,261.82 กรัม

ส่วนที่ 2. ชานอ้อยที่ระดับ 100 1,273.73 กรัม

ส่วนที่ 1. กำหนดให้อัตราส่วนของกากกาแฟอยู่ที่ระดับ 50

จากสูตร กากกาแฟที่ระดับ 100 จะใช้วัสดุมวลแห้ง 1,261.82 กรัม

ดังนั้น กากกาแฟที่ระดับ 50 จะใช้วัสดุมวลแห้ง $\frac{1,261.82 \times 50}{100}$ กรัม

= 630.91 กรัม

เผื่อ 10 % = 694 กรัม

ส่วนที่ 2. กำหนดให้อัตราส่วนของชานอ้อยอยู่ที่ระดับ 50

จากสูตร ชานอ้อยที่ระดับ 100 จะใช้วัสดุมวลแห้ง 1,273.73 กรัม

ดังนั้น ชานอ้อยที่ระดับ 50 จะใช้วัสดุมวลแห้ง $\frac{1,273.73 \times 50}{100}$ กรัม

= 636.87 กรัม

เผื่อ 10 % = 700.56 กรัม

ปริมาณกาวที่ใช้ 89.6 กรัม เผื่อ 10 % = 98.56 กรัม

ในการเตรียมก่อนอัดต้องใช้วัสดุที่ผสมกาวแล้ว 630.91+ 636.87+ 89.6 กรัม = 1,356.18 กรัม

สรุปอัตราส่วนที่ใช้ในการอัด

กากกาแฟ	630.91 + เผื่อ 10%	=	694	กรัม
ชานอ้อย	636.87 + เผื่อ 10%	=	700.56	กรัม
ปริมาณกาว	89.6 + เผื่อ 10%	=	98.56	กรัม
รวม	1,356.18 + เผื่อ 10%	=	1,493.12	กรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อัตราส่วนที่ระดับ 40 : 60 คือ กากกาแฟ 40 ต่อ ชานอ้อย 60

อัตราส่วนที่ใช้ในการอัด

ส่วนที่ 1. กากกาแฟที่ระดับ 100	1,261.82	กรัม
ส่วนที่ 2. ชานอ้อยที่ระดับ 100	1,273.73	กรัม

ส่วนที่ 1. กำหนดให้อัตราส่วนของกากกาแฟอยู่ที่ระดับ 40

จากสูตร กากกาแฟที่ระดับ 100 จะใช้วัสดุมวลแห้ง 1,261.82 กรัม

ดังนั้น กากกาแฟที่ระดับ 40 จะใช้วัสดุมวลแห้ง $\frac{1,261.82 \times 40}{100}$ กรัม

$= 504.73$ กรัม

เผื่อ 10 % $= 555.2$ กรัม

ส่วนที่ 2. กำหนดให้อัตราส่วนของชานอ้อยอยู่ที่ระดับ 60

จากสูตร ชานอ้อยที่ระดับ 100 จะใช้วัสดุมวลแห้ง 1,273.73 กรัม

ดังนั้น ชานอ้อยที่ระดับ 60 จะใช้วัสดุมวลแห้ง $\frac{1,273.73 \times 60}{100}$ กรัม

$= 764.24$ กรัม

เผื่อ 10 % $= 840.66$ กรัม

ปริมาณกาวที่ใช้ 89.6 กรัม เผื่อ 10 % $= 98.56$ กรัม

ในการเตรียมก่อนอัดต้องใช้วัสดุที่ผสมกาวแล้ว 504.73 + 764.24 + 89.6 กรัม = 1,358.57 กรัม

สรุปอัตราส่วนที่ใช้ในการอัด

กากกาแฟ	504.73 + เผื่อ 10%	=	555.2	กรัม
ชานอ้อย	764.24 + เผื่อ 10%	=	840.66	กรัม
ปริมาณกาว	89.6 + เผื่อ 10%	=	98.56	กรัม
รวม	1,358.57 + เผื่อ 10%	=	1,494.42	กรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อัตราส่วนที่ระดับ 0 : 100 คือ ชานอ้อย 100 (ครั้งที่ 3 วันที่ 31/ 07/ 09)

กำหนดให้	แผ่นวัสดุอัดมีความหนาแน่น(แห้ง)	0.8	กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร
	แผ่นวัสดุอัดมีขนาด	40 x 40	เซนติเมตร
	แผ่นวัสดุมีความหนา	10	มิลลิเมตร
	ใช้ปริมาณน้ำหนักกาวติดวัสดุ	7 %	
	วัสดุมีความชื้น	8 %	

จากสูตร ความหนาแน่น = มวลหรือน้ำหนัก/ ปริมาตร

จะได้ มวล(วัสดุ+กาว) = ปริมาตร x ความหนาแน่น

= (กว้าง x ยาว x หนา) x ความหนาแน่น

= (40 x 40 x 1.0) x 0.8

= 1,280 กรัม

แผ่นประกอบมวล 100 กรัม ใช้วัสดุมวลแห้ง 93 กรัม

แผ่นประกอบมวล 1,280 กรัม ใช้วัสดุมวลแห้ง $\frac{93 \times 1,280}{100}$ กรัม

ดังนั้นจะใช้วัสดุมวลแห้ง 1,190.4 กรัม

แผ่นประกอบมวล 100 กรัม ใช้เนื้อกาวมวล 7 กรัม

แผ่นประกอบมวล 1,280 กรัม ใช้เนื้อกาวมวล $\frac{7 \times 1,280}{100}$ กรัม

ดังนั้นจะใช้กาวมวล 89.6 กรัม

เพราะฉะนั้นปริมาณวัสดุที่ใช้ 1,190.4 x 1.08* = 1,285.63 กรัม

เผื่อ 10% = 1,414.19 กรัม

ปริมาณกาวที่ใช้ 89.6 กรัม เผื่อ 10% = 98.56 กรัม

ในการเตรียมก่อนอัดต้องใช้วัสดุที่ผสมกาวแล้ว 1,285.63 + 89.6 กรัม = 1,375.23 กรัม

สรุปอัตราส่วนที่ใช้ในการอัด

ชานอ้อย	1,285.63 + เผื่อ 10%	=	1,414.19	กรัม
ปริมาณกาว	89.6 + เผื่อ 10%	=	98.56	กรัม
รวม	1,375.23 + เผื่อ 10%	=	1,512.75	กรัม

***หมายเหตุ** : 1.08 คือ มวลวัสดุรวมกับความชื้น 8%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อัตราส่วนที่ระดับ 30 : 70 คือ กากกาแฟ 30 ต่อ ชานอ้อย 70

อัตราส่วนที่ใช้ในการอัด

ส่วนที่ 1. กากกาแฟที่ระดับ 100 1,261.82 กรัม

ส่วนที่ 2. ชานอ้อยที่ระดับ 100 1,285.63 กรัม

ส่วนที่ 1. กำหนดให้อัตราส่วนของกากกาแฟอยู่ที่ระดับ 30

จากสูตร กากกาแฟที่ระดับ 100 จะใช้วัสดุมวลแห้ง 1,261.82 กรัม

ดังนั้น กากกาแฟที่ระดับ 30 จะใช้วัสดุมวลแห้ง $\frac{1,261.82 \times 30}{100}$ กรัม

= 378.55 กรัม

เผื่อ 10 % = 416.40 กรัม

ส่วนที่ 2. กำหนดให้อัตราส่วนของชานอ้อยอยู่ที่ระดับ 70

จากสูตร ชานอ้อยที่ระดับ 100 จะใช้วัสดุมวลแห้ง 1,285.63 กรัม

ดังนั้น ชานอ้อยที่ระดับ 70 จะใช้วัสดุมวลแห้ง $\frac{1,285.63 \times 70}{100}$ กรัม

= 899.94 กรัม

เผื่อ 10 % = 989.93 กรัม

ปริมาณกาวที่ใช้ 89.6 กรัม เผื่อ 10 % = 98.56 กรัม

ในการเตรียมก่อนอัดต้องใช้วัสดุที่ผสมกาวแล้ว 378.55 + 899.94+ 89.6 กรัม = 1,368.09 กรัม

สรุปอัตราส่วนที่ใช้ในการอัด

กากกาแฟ	378.55 + เผื่อ 10%	=	416.40	กรัม
ชานอ้อย	899.94 + เผื่อ 10%	=	989.93	กรัม
ปริมาณกาว	89.6 + เผื่อ 10%	=	98.56	กรัม
รวม	1,368.09 + เผื่อ 10%	=	1,504.89	กรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อัตราส่วนที่ระดับ 20 : 80 คือ กากกาแฟ 20 ต่อ ชานอ้อย 80

อัตราส่วนที่ใช้ในการอัด

ส่วนที่ 1. กากกาแฟที่ระดับ 100	1,261.82	กรัม
ส่วนที่ 2. ชานอ้อยที่ระดับ 100	1,285.63	กรัม

ส่วนที่ 1. กำหนดให้อัตราส่วนของกากกาแฟอยู่ที่ระดับ 20

จากสูตร กากกาแฟที่ระดับ 100 จะใช้วัสดุมวลแห้ง 1,261.82 กรัม

ดังนั้น กากกาแฟที่ระดับ 20 จะใช้วัสดุมวลแห้ง $\frac{1,261.82 \times 20}{100}$ กรัม

= 252.36 กรัม

เผื่อ 10 % = 277.6 กรัม

ส่วนที่ 2. กำหนดให้อัตราส่วนของชานอ้อยอยู่ที่ระดับ 80

จากสูตร ชานอ้อยที่ระดับ 100 จะใช้วัสดุมวลแห้ง 1,285.63 กรัม

ดังนั้น ชานอ้อยที่ระดับ 80 จะใช้วัสดุมวลแห้ง $\frac{1,285.63 \times 80}{100}$ กรัม

= 1,028.50 กรัม

เผื่อ 10 % = 1.131.35 กรัม

ปริมาณกาวที่ใช้ 89.6 กรัม เผื่อ 10 % = 98.56 กรัม

ในการเตรียมก่อนอัดต้องใช้วัสดุที่ผสมกาวแล้ว 252.36 + 1,028.50 + 89.6 กรัม = 1,370.46 กรัม

สรุปอัตราส่วนที่ใช้ในการอัด

กากกาแฟ	252.36 + เผื่อ 10%	=	252.36	กรัม
ชานอ้อย	1,028.50 + เผื่อ 10%	=	1.131.35	กรัม
ปริมาณกาว	89.6 + เผื่อ 10%	=	98.56	กรัม
รวม	1,370.46 + เผื่อ 10%	=	1,482.27	กรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อัตราส่วนที่ระดับ 10 : 90 คือ กากกาแฟ 10 ต่อ ชานอ้อย 90

อัตราส่วนที่ใช้ในการอัด

ส่วนที่ 1. กากกาแฟที่ระดับ 100 1,261.82 กรัม

ส่วนที่ 2. ชานอ้อยที่ระดับ 100 1,285.63 กรัม

ส่วนที่ 1. กำหนดให้อัตราส่วนของกากกาแฟอยู่ที่ระดับ 10

จากสูตร กากกาแฟที่ระดับ 100 จะใช้วัสดุมวลแห้ง 1,261.82 กรัม

ดังนั้น กากกาแฟที่ระดับ 10 จะใช้วัสดุมวลแห้ง $\frac{1,261.82 \times 10}{100}$ กรัม

= 126.18 กรัม

เผื่อ 10 % = 138.8 กรัม

ส่วนที่ 2. กำหนดให้อัตราส่วนของชานอ้อยอยู่ที่ระดับ 90

จากสูตร ชานอ้อยที่ระดับ 100 จะใช้วัสดุมวลแห้ง 1,285.63 กรัม

ดังนั้น ชานอ้อยที่ระดับ 90 จะใช้วัสดุมวลแห้ง $\frac{1,285.63 \times 90}{100}$ กรัม

= 1,157.07 กรัม

เผื่อ 10 % = 1.272.78 กรัม

ปริมาณกาวที่ใช้ 89.6 กรัม เผื่อ 10 % = 98.56 กรัม

ในการเตรียมก่อนอัดต้องใช้วัสดุที่ผสมกาวแล้ว 126.18 + 1,157.07 + 89.6 กรัม = 1,372.85 กรัม

สรุปอัตราส่วนที่ใช้ในการอัด

กากกาแฟ	126.18 + เผื่อ 10%	=	138.8	กรัม
ชานอ้อย	1,157.07 + เผื่อ 10%	=	1.272.78	กรัม
ปริมาณกาว	89.6 + เผื่อ 10%	=	98.56	กรัม
รวม	1,372.85 + เผื่อ 10%	=	1,510.14	กรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค.

ภาพประกอบกระบวนการการผลิตและทดสอบ วัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้ จากกากกาแฟผสมชานอ้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพประกอบกระบวนการผลิตวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้ จากกากกาแฟผสมชานอ้อย

ในกระบวนการผลิตวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้นี้ ผู้วิจัยได้กำหนดวัตถุดิบสำหรับการผลิตอยู่ 2 ตัว คือ กากกาแฟและชานอ้อย ดังนั้นในช่วงขั้นตอนของการเตรียมวัตถุดิบจึงสามารถแบ่งได้เป็น 2 ส่วน คือส่วนของกากกาแฟ และส่วนของชานอ้อย ดังนี้

ส่วนที่ 1 การเตรียมกากกาแฟ

ขั้นตอนที่ 1 นำกากกาแฟที่เตรียมไว้สำหรับการแปรรูปนำมาตากแดดให้แห้ง เพื่อให้เหลือความชื้นน้อยที่สุด

รูปที่ ค.1 แสดงกากกาแฟที่ต้องนำมาตากแห้งก่อน เพื่อนำไปสู่กระบวนการต่อไป
ที่มา : ชนิดา หิรัญรัตนากร. ถ่ายเมื่อวันที่ 17/07/51

ขั้นตอนที่ 2 นำกากกาแฟที่ผ่านการตากแดดจนแห้งสนิทแล้ว นำมาวัดค่าความชื้นเพื่อนำค่าความชื้นที่ได้ ไปคำนวณในการหาปริมาณของกากกาแฟสำหรับใช้ในการผสมกับชานอ้อยและกาว สำหรับอัดขึ้นรูปเป็นแผ่นได้ต่อไป

รูปที่ ค.2 แสดงการหาความชื้นในกากกาแฟ
ที่มา : ชนิดา หิรัญรัตนากร. ถ่ายเมื่อวันที่ 13/01/52

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนที่ 2 การเตรียมชานอ้อย

ขั้นตอนที่ 1 นำชานอ้อยที่เตรียมสำหรับการแปรรูปนมาตากแดดให้แห้ง เพื่อให้เหลือความชื้นน้อยที่สุด

รูปที่ ค.3 แสดงชานอ้อยที่ต้องนำมาตากแห้งก่อน เพื่อนำไปสู่กระบวนการต่อไป
ที่มา : ชนิดา หิรัญรัตนากร. ถ่ายเมื่อวันที่ 13/01/52

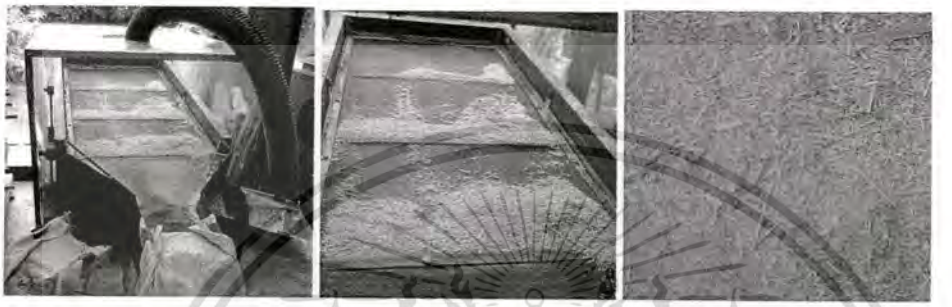
ขั้นตอนที่ 2 นำชานอ้อยที่ผ่านการตากแดดจนแห้งสนิทแล้ว นำมาวัดค่าความชื้นเพื่อนำค่าความชื่นที่ได้ ไปคำนวณในการหาปริมาณของชานอ้อยสำหรับใช้ในการผสมกับกากกาแฟและกาว สำหรับอัดขึ้นรูปเป็นแผ่นได้ต่อไป

ขั้นตอนที่ 3 นำชานอ้อยมาบดย่อยด้วยเครื่อง Hammer Mill เครื่องจะทำการสับชานอ้อยและย่อยเป็นแบบหยาบจนมีลักษณะเป็นชิ้น

รูปที่ ค.4 เครื่อง Hammer Mill สำหรับบดย่อยชานอ้อย
ที่มา : ชนิดา หิรัญรัตนากร. ถ่ายเมื่อวันที่ 5/12/52

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนที่ 4 การคัดแยกชิ้นชานอ้อย ขั้นตอนนี้จะเป็นการคัดแยกชิ้นชานอ้อย เพื่อนำไปใช้ผลิตวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้ หลังจากทำการสับและย่อยชิ้นชานอ้อยก็จะได้ชิ้นชานอ้อยที่มีขนาดเล็กและใหญ่ปะปนกันอยู่รวมทั้งฝุ่นละอองที่ไม่ต้องการในการทดลอง เพราะเมื่อมีฝุ่นจะทำให้การผสมกาวไม่สม่ำเสมอกัน ทำให้ความแข็งแรงของแผ่นไม่ทั่วถึงกัน ดังนั้นจึงควรทำการคัดแยกชิ้นชานอ้อยให้ได้ขนาดใกล้เคียงกัน โดยให้ใช้เครื่องร่อนซึ่งจะมีตะแกรงร่อนที่มีขนาดของรูในแต่ละชั้นไม่เท่ากัน



รูปที่ ค.5 แสดงการร่อนชานอ้อยด้วยเครื่องร่อน
และขนาดของวัตถุดิบที่ต้องการมาจากตะแกรงร่อน เบอร์ 2

ที่มา : ชนิดา หิรัญรัตนากร. ถ่ายเมื่อวันที่ 30/07/52

ส่วนที่ 3 การผลิตแผ่นประกอบทดแทนไม้

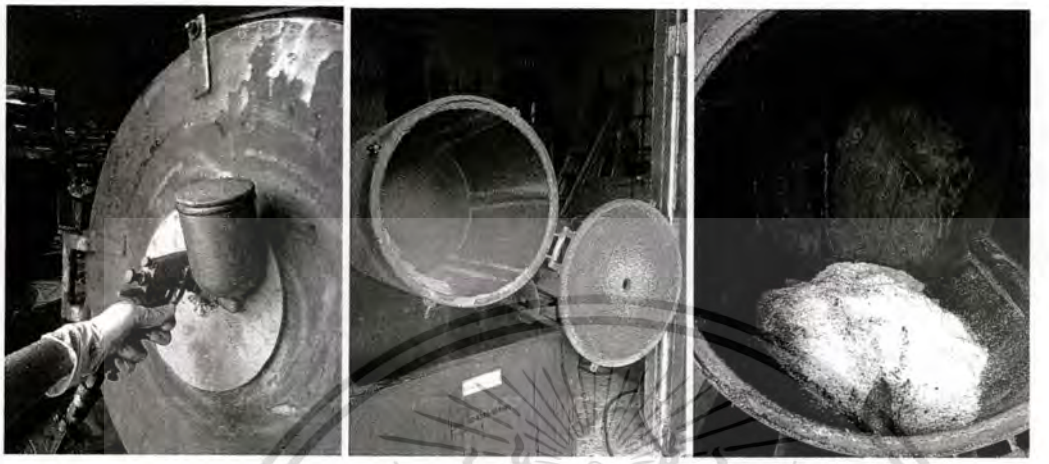
ขั้นตอนที่ 1 นำวัตถุดิบทั้ง 2 อย่างที่ผ่านกระบวนการเตรียมแล้ว นำมาชั่งตามปริมาณของอัตราส่วนต่างๆ ที่ได้กำหนดไว้สำหรับงานวิจัยครั้งนี้ คือ ปริมาณของกากกาแฟต่อชานอ้อยโดยใช้น้ำหนักอบแห้ง ที่ระดับ 100:0, 90:10, 80:20, 70:30, 60:40, 50:50, 40:60, 30:70, 20:80, 10:90 และ 0:100 ตามลำดับ และใช้กาวไอโซไซยาเนตในปริมาณ 7% โดยน้ำหนักเทียบกับน้ำหนักแห้งของกากวัสดุที่ใช้

รูปที่ ค.6 แสดงกาวไอโซไซยาเนตในปริมาณ 7%
โดยน้ำหนักเทียบกับน้ำหนักแห้งของกากวัสดุที่ใช้

ที่มา : ชนิดา หิรัญรัตนากร. ถ่ายเมื่อวันที่ 05/06/52

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

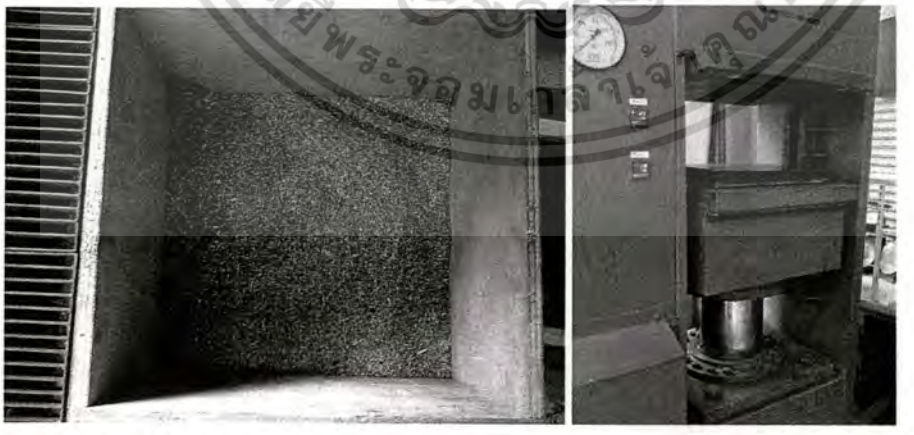
ขั้นตอนที่ 2 นำวัตถุดิบทั้ง 2 อย่าง ที่ผ่านการชั่งตามปริมาณของอัตราส่วนต่างๆ ที่กำหนดไว้ นำมาผสมกาวไอโซไซยาเนตในปริมาณ 7% โดยน้ำหนักเทียบกับน้ำหนักแห้งของกากวัสดุที่ใช้ โดยผ่านเครื่องผสมกาว เพื่อให้กาวได้ฉีดพ่นได้ทั่วทั้งหมดของเนื้อวัตถุดิบ



รูปที่ ค.7 แสดงการผสมกาว ด้วยเครื่องผสมกาว

ที่มา : ชนิดา หิรัญรัตนากร. ถ่ายเมื่อวันที่ 16/07/52

ขั้นตอนที่ 3 นำกากกาแฟและชานอ้อยที่ผ่านการผสมกาวด้วยเครื่องผสมกาวเสร็จเรียบร้อยแล้ว นำทั้งหมดมาโรยแผ่นลงไปในกล่องตามขนาดที่กำหนด ในงานวิจัยครั้งนี้ได้กำหนดขนาดของแผ่นประกอบทดแทนไม้ไว้ที่ 40x40 ซม. การโรยแผ่นก่อนการนำเข้าเครื่องอัดร้อนจะทำให้เนื้อของวัสดุที่ผ่านการผสมกาวแล้วจะไม่จับตัวกันเป็นก้อน เนื้อวัตถุดิบที่ผสมกันมีความสม่ำเสมอทั่วกันทั้งแผ่น



รูปที่ ค.8 แสดงลักษณะของวัตถุดิบที่ผ่านการโรยแผ่นแล้ว
และเมื่อขณะที่เข้าเครื่องอัดด้วยความร้อน

ที่มา : ชนิดา หิรัญรัตนากร. ถ่ายเมื่อวันที่ 16/07/52

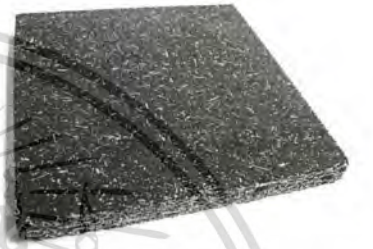
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กากกาแฟ 100 (ไม่สามารถนำมาทดสอบใดๆ ได้ ด้วยเนื้อของวัสดุที่เมื่ออัดแล้วไม่ค่อยยึดตัวกัน)

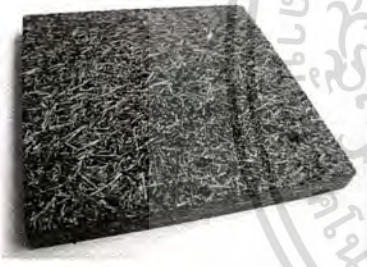
ชานอ้อย 100

ชานอ้อย 10 : กากกาแฟ 90

ชานอ้อย 20 : กากกาแฟ 80



ชานอ้อย 30 : กากกาแฟ 70



ชานอ้อย 40 : กากกาแฟ 60

ชานอ้อย 50 : กากกาแฟ 50

ชานอ้อย 60 : กากกาแฟ 40

ชานอ้อย 70 : กากกาแฟ 30

ชานอ้อย 80 : กากกาแฟ 20

ชานอ้อย 90 : กากกาแฟ 10

รูปที่ ค.9 แผ่นประกอบวัสดุทดแทนไม้ จากกากกาแฟผสมชานอ้อยที่ทำการอัดเรียบร้อยแล้ว ตามอัตราส่วนต่างๆ ที่กำหนดขึ้นสำหรับงานวิจัยในครั้งนี้

ที่มา : ชนิดา หิรัญรัตนากร. ถ่ายเมื่อวันที่ 07/02/53

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนที่ 4 การตัดชิ้นแผ่นประกอบทดแทนไม้เพื่อใช้ในการทดสอบ

การตัดตัวอย่างเพื่อใช้ในการทดสอบหาคุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกล ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นชิ้นไม้อัดชนิดอัดราบ (มอก. 876-2547) รวมถึงการทดสอบการนำความร้อน เพื่อหาคุณสมบัติเชิงความร้อนของวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้จากกากกาแฟผสมชานอ้อย ตามมาตรฐาน ASTM C177 กำหนดขนาดเป็นมิลลิเมตร ดังนี้

การทดสอบส่วนที่ 1 การทดสอบความหนาแน่น(Density) : ตัดชิ้นทดสอบขนาด 50x50 มิลลิเมตร จำนวน 3 แผ่น

การทดสอบส่วนที่ 2 การทดสอบความชื้น(Moisture Content) : ตัดชิ้นทดสอบขนาด 50x50 มิลลิเมตร จำนวน 3 แผ่น

การทดสอบส่วนที่ 3 การทดสอบการดูดซึมน้ำและการขยายตัวทางความหนา (Water Absorption and Thickness Swelling) : ตัดชิ้นทดสอบขนาด 50x50 มิลลิเมตร จำนวน 3 แผ่น

การทดสอบส่วนที่ 4 การทดสอบความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหนัง (Tension Perpendicular to Surface) : ตัดชิ้นทดสอบขนาด 50x20 มิลลิเมตร จำนวน 3 แผ่น

การทดสอบส่วนที่ 5 การทดสอบความต้านแรงดัดและมอดูลัสยืดหยุ่น (Bending Strength and Modulus of Elasticity) : ตัดชิ้นทดสอบขนาด 50x20 มิลลิเมตร จำนวน 3 แผ่น

การทดสอบส่วนที่ 6 การทดสอบคุณสมบัติเชิงความร้อน : ตัดชิ้นทดสอบขนาด 300x300 มิลลิเมตร จำนวน 2 แผ่น

ขั้นตอนการทดสอบหาคุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกลของแผ่นวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้จากกากกาแฟผสมชานอ้อย ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นชิ้นไม้อัดชนิดอัดราบ (มอก. 876-2547)

การทดสอบส่วนที่ 1 การทดสอบความหนาแน่น (Density) เป็นการทดสอบเพื่อหาความหนาแน่นของชิ้นทดสอบด้วยวิธีการดังต่อไปนี้

1.1 นำวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้ที่ได้จากการอัด มาตัดให้ได้ ขนาด 50x50 มิลลิเมตร

1.2 นำแผ่นที่ตัดเรียบร้อยแล้วมาชั่งน้ำหนักแล้วทำการวัดหาขนาดความกว้างและความยาวของชิ้นที่ใช้ทดสอบ จากนั้นนำมาวัดความหนาทั้ง 4 ตำแหน่งดังภาพที่ แล้วจึงนำค่าที่ได้มาหาค่าเฉลี่ย

1.3 นำข้อมูลที่ได้จากการทดสอบหาค่าความหนาแน่นจากสูตร

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

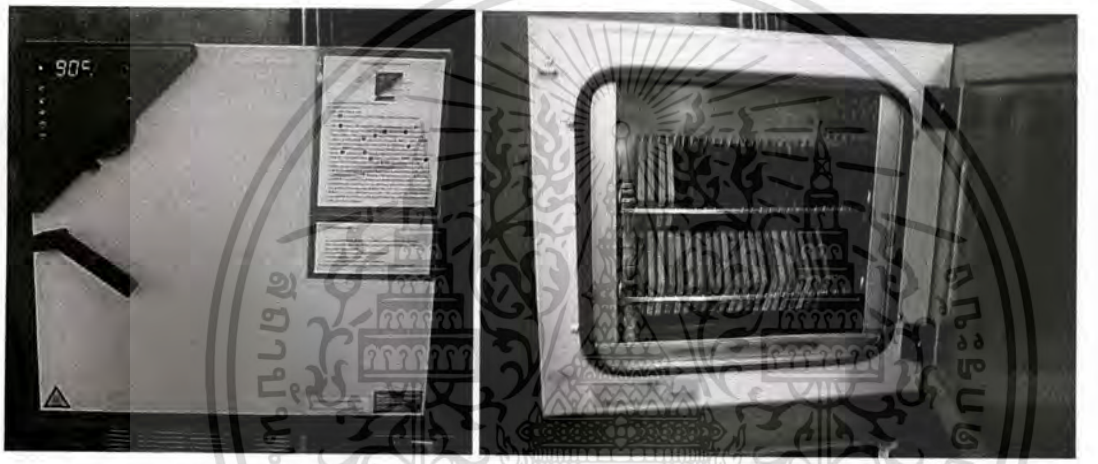
การทดสอบส่วนที่ 2 การทดสอบความชื้น (Moisture Content) เป็นการทดสอบเพื่อหาความชื้นของชิ้นทดสอบด้วยวิธีการ ดังต่อไปนี้

2.1 นำแผ่นประกอบทดแทนไม้ที่ได้จากการอัด มาตัดให้ได้ ขนาด 50x50 มิลลิเมตร

2.2 นำแผ่นที่ตัดเรียบร้อยแล้วมาชั่งน้ำหนักแล้วนำมาเข้าตู้อบ ที่อุณหภูมิที่ 103±2 องศาเซลเซียส จากนั้นนำใส่เดซิกเคเตอร์ เพื่อทำให้เย็นดังภาพที่ ค.10 จากนั้นนาชั่งน้ำหนักอีกครั้งเพื่อหามวลที่อบแห้ง

2.3 นำข้อมูลที่ได้จากการทดสอบมาหาค่าความชื้นจากสูตร

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



รูปที่ ค.10 เครื่องอบสำหรับหาค่าความชื้น

ที่มา : ชนิดา หิรัญรัตนากร. ถ่ายเมื่อวันที่ 03/11/52

การทดสอบส่วนที่ 3 การทดสอบการดูดซึมน้ำและการขยายตัวทางความหนา (Water Absorption and Thickness Swelling) เป็นการทดสอบเพื่อหาค่าการดูดซึมน้ำและการขยายตัวตามความหนา ของชิ้นทดสอบด้วยวิธีการดังต่อไปนี้

3.1 นำวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้จากการอัด มาตัดให้ได้ขนาด 100x100 มิลลิเมตร

3.2 นำแผ่นที่ได้แล้วมาชั่งน้ำหนักและวัดความหนาด้วยเครื่องทดอบ

3.3 แช่ชิ้นทดสอบในภาชนะที่บรรจุน้ำนิ่งและสะอาด โดยจัดชิ้นทดสอบให้อยู่ใต้ระดับผิวหน้า 20 มิลลิเมตรวางชิ้นทดสอบแต่ละชิ้นให้ห่างกัน

3.4 แช่ชิ้นทดสอบครบ 24 ชั่วโมง แล้วนำมาวางไว้บนผ้าหรือกระดาษซับ ทิ้งไว้ 30 วินาที แล้วนำชิ้นทดสอบออกจากผ้าซับ

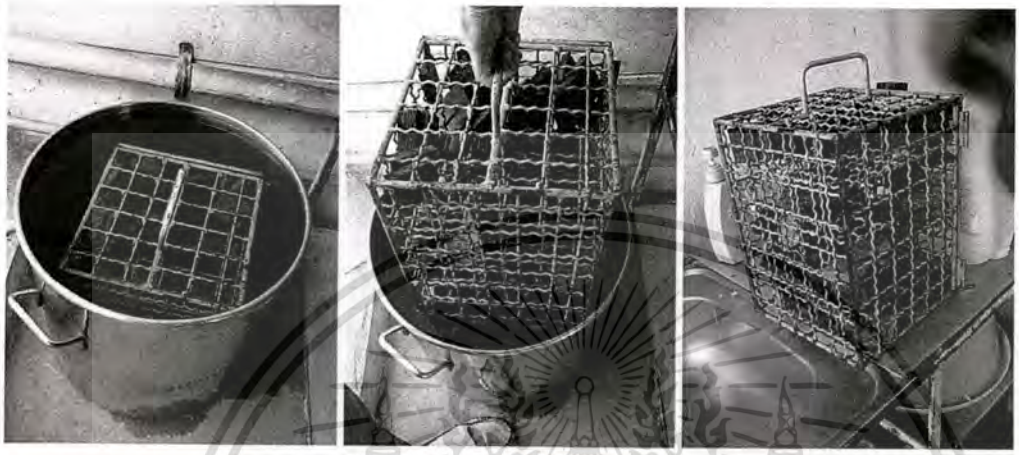
3.5 นำชิ้นทดสอบมาชั่งและวัดความหนา หลังจากแช่น้ำแล้ว

3.6 นำข้อมูลที่ได้จากการทดสอบมาหาค่าการดูดซึมน้ำและการขยายตัวทางความหนาจากสูตร

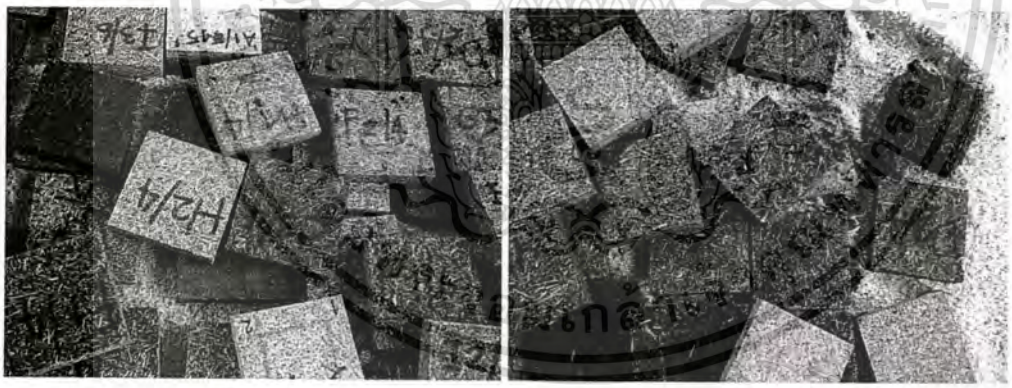
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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



รูปที่ ค.11 ขั้นตอนการแช่แผ่นประกอบวัสดุทดแทนไม้
เพื่อทดสอบการดูดซึมน้ำและการขยายตัวตามความหนา
ที่มา : ชนิดา หิรัญรัตนากร. ถ่ายเมื่อวันที่ 28/10/52



หลังแช่น้ำ 1 ชั่วโมง หลังแช่น้ำ 24 ชั่วโมง

รูปที่ ค.12 การนำชิ้นทดสอบไปแช่น้ำ 1 ชั่วโมง และ 24 ชั่วโมง
เพื่อทดสอบการดูดซึมน้ำและการขยายตัวตามความหนา
ที่มา : ชนิดา หิรัญรัตนากร. ถ่ายเมื่อวันที่ 28/10/52

<u>การทดสอบส่วนที่ 4</u> การทดสอบความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า (Tension Perpendicular to Surface) เป็นการทดสอบเพื่อหาค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าของชิ้นทดสอบด้วยวิธีการดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1 นำแผ่นประกอบทดแทนไม้ที่ได้จากการอัดมาตัดให้ได้ขนาด 50x50 มิลลิเมตร

4.2 นำชิ้นทดสอบที่ตัดแล้วมาติดกับชิ้นอุปกรณ์เหล็กดึงทั้ง 2 ด้าน เพื่อจะทดสอบกับแรงดึงด้วยกาวสังเคราะห์ที่มีแรงยึดมากกว่าแรงยึดในตัวชิ้นทดอบ

4.3 นำชิ้นทดสอบที่เตรียมแล้วไปเข้าเครื่องดึง ดึงด้วยแรงดึงที่สม่ำเสมอจนกว่าชิ้นทดสอบจะแยกออกขากกัน

4.4 นำข้อมูลที่ได้จากการทดสอบมาหาค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าจากสูตร

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

รูปที่ ค.13 ขั้นตอนการเตรียมอุปกรณ์สำหรับทดสอบการรับแรงดึงของผิวหน้า
ที่มา : ชนิดา หิรัญรัตนากร. ถ่ายเมื่อวันที่ 07/11/52

รูปที่ ค.14 การทดสอบการรับแรงดึงกับผิวหน้า
ที่มา : ชนิดา หิรัญรัตนากร. ถ่ายเมื่อวันที่ 13/11/52

การทดสอบส่วนที่ 5 การทดสอบความต้านแรงดัดและมอดูลัสยืดหยุ่น (Bending Strength and Modulus of Elasticity) เป็นการทดสอบเพื่อหาค่ามดุลัสแตกร้าวของชิ้นทดสอบด้วยวิธีดังต่อไปนี้

5.1 นำแผ่นประกอบทดแทนไม้ที่ได้จากการอัด มาตัดให้ได้ขนาด 75 x 290 มิลลิเมตร

5.2 นำชิ้นทดสอบที่ทำการตัดแล้วมาวัดจุดที่ต้องการดัด จากนั้นนำมาวางไว้บนแท่นรองรับที่มีระยะห่าง 240 มิลลิเมตร

ลิขสิทธิ์สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3 กดจุดกึ่งกลางของชิ้นทดสอบโดยมีอัตราแรงกดที่สม่ำเสมอจนกระทั่งชิ้นทดสอบหัก

5.4 นำข้อมูลที่ได้จากการทดสอบมาหาค่ามอดูลัสแตกร้าวจากสูตร

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

R คือ มอดูลัสแตกร้าว เป็นเมกะพาสคัล

P คือ แรงกดสูงสุดที่ชิ้นทดสอบรับได้ เป็นนิวตัน

ℓ คือ ระยะห่างของแท่นรองรับ เป็นมิลลิเมตร

b คือ ความกว้างของชิ้นทดสอบเป็นมิลลิเมตร

d คือ ความหนาเฉลี่ยของชิ้นทดสอบ

เครื่องทดสอบความต้านแรงดัด ขณะทดสอบชิ้นงาน

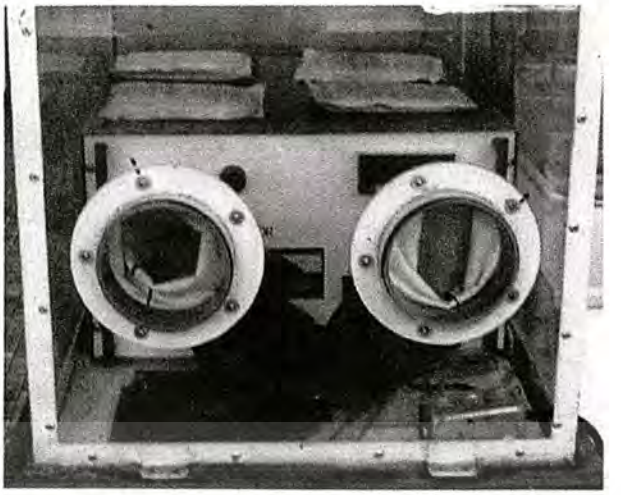
รูปที่ ค.15 ขั้นตอนการทดสอบความต้านแรงดัด

ที่มา : ชนิดา หิรัญรัตนากร. ถ่ายเมื่อวันที่ 07/11/52

<u>การทดสอบส่วนที่ 6</u> การทดสอบหาค่าการนำความร้อน : ตัดชิ้นทดสอบขนาด 300x300 มิลลิเมตร จำนวน 2 แผ่น

ในการวิจัยครั้งนี้ได้มีการทดสอบหาค่าการนำความร้อน(Thermal Conductivity) ด้วย โดยยึดตามมาตรฐาน ASTM C177 ซึ่งใช้ Hot Plate และ Cold Plate ทำจากทองแดงมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 นิ้ว หนา 0.125 นิ้ว ให้อุณภูมิของ Hot Plate เท่ากับ 37.7 °C และให้อุณภูมิของ Cold Plate เท่ากับ 10.0 °C โดยอุณหภูมิในห้องทดสอบขณะทำการทดสอบเท่ากับ 28.5 °C ใช้ชิ้นงานทดสอบที่มีขนาดกว้าง 300 x 300 มิลลิเมตร และหนา 10 มิลลิเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ค.16 เครื่องทดสอบหาค่าการนำความร้อน (Thermal Conductivity)

ที่มา : วรธรรม อุ่นจิตติชัย และคณะ. 2549 , หน้า 241

ในการทดสอบหาค่าการนำความร้อนนั้นจะมีประโยชน์ในด้านการทดสอบกับวัสดุจำพวก ฝ้า ผนัง ฯลฯ เพื่อใช้เป็นฉนวนในการลดความร้อนภายในบ้านได้ โดยฉนวนกันความร้อนที่ดีต้องมีค่าความต้านทางความร้อนสูง สัมประสิทธิ์ของการนำความร้อนต่ำ นั้นหมายถึงค่าการนำความร้อนต่ำ จะสามารถทำให้การไหลผ่านฉนวนได้ยาก

*หมายเหตุ: ในการทดสอบหาค่าการนำความร้อนในครั้งนี้ ได้ส่งตัวอย่างวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้ จากกากกาแฟผสมชานอ้อยนี้ให้กับทางกรมวิทยาศาสตร์บริการ กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ดำเนินการทดสอบหาค่าการนำความร้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง.

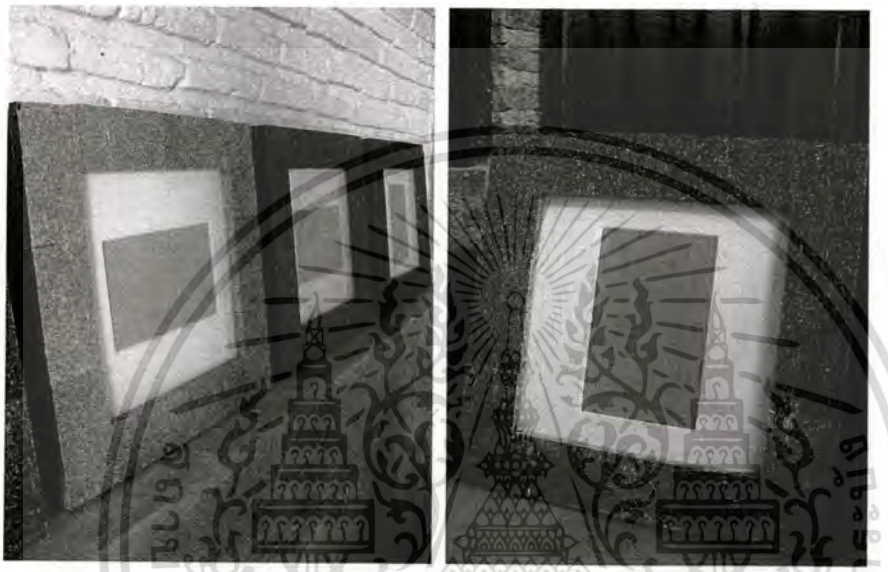
ตัวอย่างแนวทางผลิตภัณฑ์งานด้านเครื่องเรือน หรืองานด้านตกแต่งภายใน ด้วยวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้ จากกากกาแฟผสมชานอ้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างแนวทางผลิตภัณฑ์งานด้านเครื่องเรือน หรืองานด้านตกแต่งภายใน ด้วยวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้ จากกากกาแฟผสมชานอ้อย

เพื่อใช้เป็นแนวทางในการนำวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้ จากกากกาแฟผสมชานอ้อยไปใช้งาน โดยผู้วิจัยได้นำเสนอผลิตภัณฑ์บางตัวเพื่อประกอบเป็นแนวทางในการนำไปใช้งานได้ต่อไป

1. กรอบรูป



รูปที่ ง.1 แสดงตัวอย่างกรอบรูปที่ประกอบด้วยวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้จากกากกาแฟผสมชานอ้อย

ที่มา : ชนิดา หิรัญรัตนากร. ถ่ายเมื่อวันที่ 02/03/53

<u>วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้</u>

1. วัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้ จากกากกาแฟผสมชานอ้อย หนา 10 มม. ขนาด 300x300 มม. จำนวน 1 แผ่น ส่วนตรงกลางของกรอบด้านหน้าให้เจาะเป็นกรอบสี่เหลี่ยม โดยวัดจากขอบนอกเข้ามาด้านละ 50 มม. ในทุกๆ ด้าน และปลายตัด 45 องศา สำหรับใช้เป็นกรอบด้านหน้า

2. วัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้ จากกากกาแฟผสมชานอ้อย หนา 10 มม. ขนาด 300x300 มม. จำนวน 1 แผ่น ส่วนตรงกลางของกรอบด้านหลังให้เจาะเป็นกรอบสี่เหลี่ยม โดยวัดจากขอบนอกเข้ามาด้านละ 30 มม. ในทุกๆ ด้าน และปลายตัด 45 องศา สำหรับใช้เป็นกรอบด้านหลัง

3. กาวลาเทค, กาวยาง หรือวัสดุทาประสานที่ไว้สำหรับยึดระหว่างวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้ด้านหน้าและด้านหลัง

4. สีน้ำพลาสติกสีดำ

5. ตะปู

6. แลคเกอร์ (แบบด้าน)

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. แผ่นอะลูมิเนียมสีดำ สำหรับเป็นอุปกรณ์เปิด-ปิด แผ่นไม้หลังกรอบรูป จำนวน 4 ตัว

8. กระดาษแข็ง(สีครีม) สำหรับเม้าท์ทำเป็นกรอบรูปภายใน ขนาด 25x25 ซม. ส่วนตรงกลางของกรอบด้านหน้าให้เจาะเป็นกรอบสี่เหลี่ยม ขนาด 90x90 ซม.

9. กระจกใส หนา 3 มม. ขนาด 25x25 ซม.

10. อุปกรณ์สำหรับแขวน หรือขาตั้งที่กรอบรูป (แล้วแต่ความต้องการของผู้ใช้งาน)

<u>วิธีการประกอบ</u>

1. นำวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้ จากกากกาแฟผสมชานอ้อย ที่ตัดเป็นกรอบทั้งกรอบด้านหน้าและกรอบด้านหลังมาประกอบติดกันด้วยกาว และตรงกลางระหว่างกรอบด้านหน้าและกรอบด้านหลังนั้นให้นำแผ่นอะลูมีเนียมสีดำที่เตรียมไว้มาวางเพื่อเป็นการยึดติดแผ่นอะลูมิเนียมไปพร้อมกับการยึดติดกรอบด้านหน้าและด้านหลังด้วย เสร็จแล้วให้ทิ้งระยะไว้เพื่อให้กาวแห้งประมาณ 1 ชั่วโมง

2. จากนั้นให้ตอกตะปูจากทางด้านหลังของกรอบ เพื่อให้เกิดความแน่นหนาระหว่างกรอบด้านหน้าและกรอบด้านหลังมากขึ้น

3. นำกรอบที่ประกอบกรอบด้านหน้าและกรอบด้านหลังแล้ว ให้ทาสีน้ำพลาสติกสีดำตรงส่วนของกรอบด้านหลังทั้งหมด เพื่อความสวยงามและทำให้สามารถปิดรอยงานที่ไม่เรียบร้อยได้

4. คว่ำหน้ากรอบรูปแล้วนำกระจกใสมาเตรียมไว้มาวางตรงช่องกลาง จากนั้นนำแผ่นเมาส์รูปที่เตรียมไว้มาวางทับอีกชั้น ต่อมาก็นำรูปที่ชอบมาใส่ให้ตรงกับช่องกลางของเมาส์ และสุดท้ายปิดทับด้านหลังด้วยแผ่นไม่อัดแบบบาง ซึ่งแผ่นไม้อัดนี้ก็ได้ทาด้วยสีน้ำพลาสติกสีดำด้วยเช่นกัน เพื่อให้ด้านหลังทั้งหมดดูกลมกลืนกัน จากนั้นก็ทำการพ่นแลคเกอร์ทับทั้งหมดเพื่อไม่ให้เกิดฝุ่นจากวัสดุทดแทนไม้ได้

5. สุดท้ายนำอุปกรณ์สำหรับแขวน หรือขาตั้งที่กรอบมาติดตรงกรอบด้านหลังของกรอบรูปนี้เป็นอันเสร็จสมบูรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

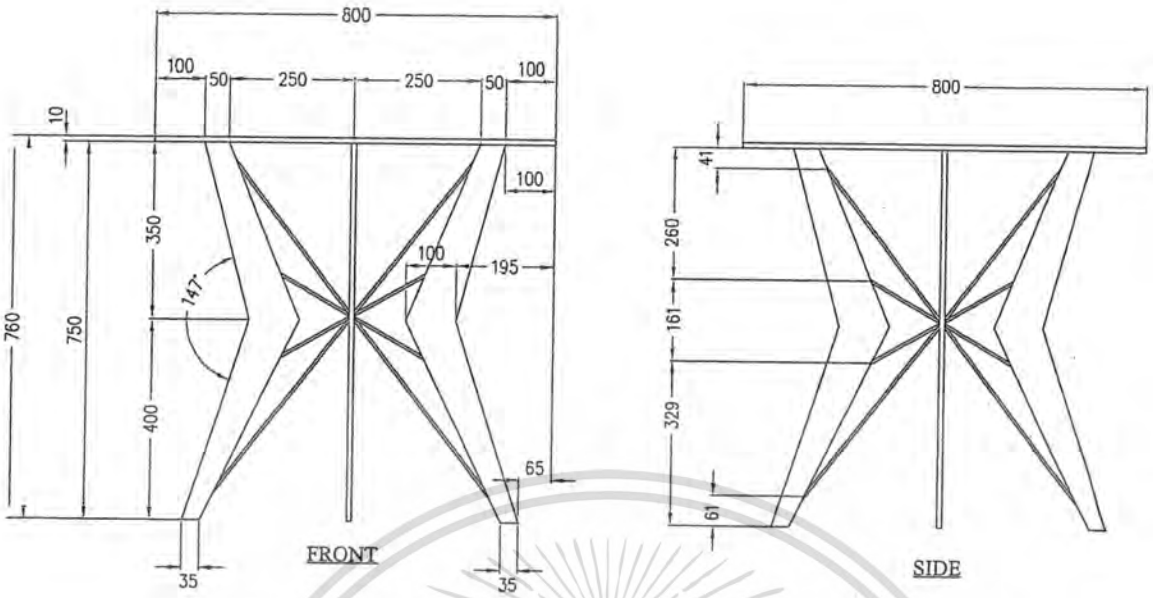
2. โต๊ะกาแฟแบบสูง 76 ซม.

รูปที่ ง.2 แสดงตัวอย่างโต๊ะกาแฟแบบสูง 76 ซม.
ที่ประกอบด้วยวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้ จากกากกาแฟผสมชานอ้อย
ที่มา : ชนิดา หิรัญรัตนากร. ถ่ายเมื่อวันที่ 19/03/53

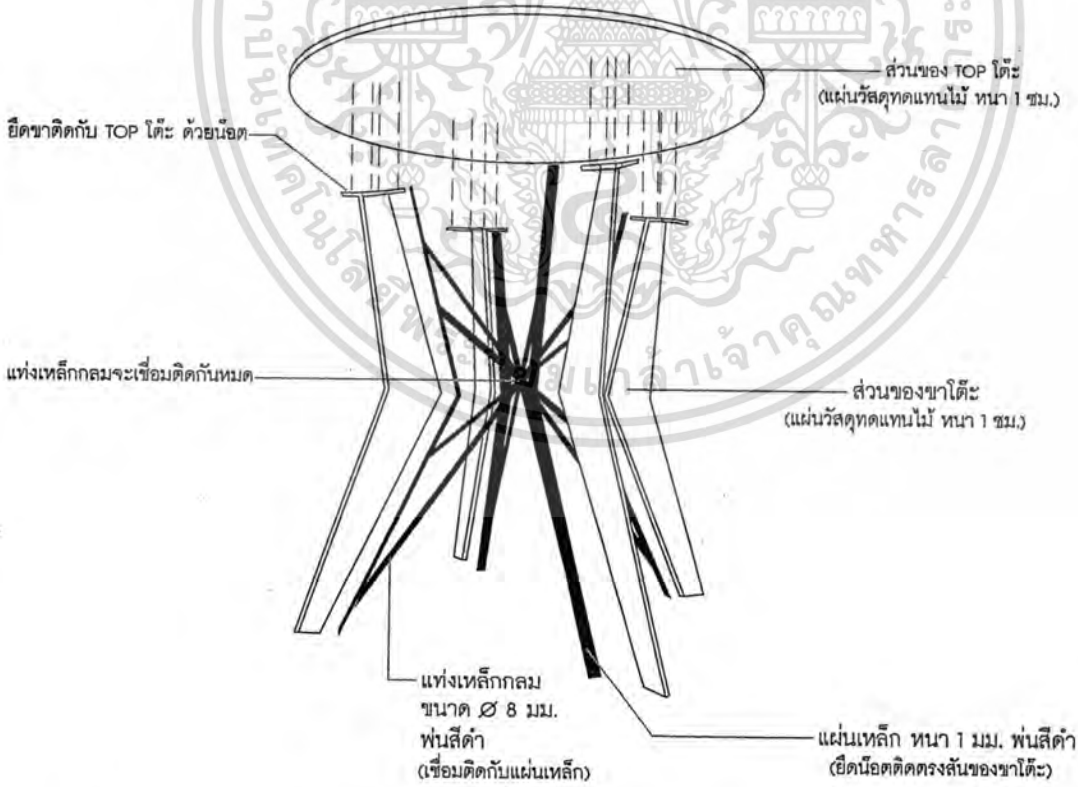
<u>วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้</u>

1. วัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้ จากกากกาแฟผสมชานอ้อย หนา 10 มม. ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 800 มม. จำนวน 1 แผ่น สำหรับใช้เป็น Top ของโต๊ะ
2. วัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้ จากกากกาแฟผสมชานอ้อย หนา 10 มม. ขนาดดูตามแบบจากรูปที่ ง.3 จำนวน 8 แผ่น สำหรับใช้เป็นขาของโต๊ะ
3. แผ่นเหล็ก หนา 1 มม. ขนาดหน้ากว้าง 20 มม. ส่วนขนาดด้านอื่นๆให้ดูแบบจากรูปที่ ง.3
4. แท่งเหล็กกลม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 มม. ขนาดดูตามแบบจากรูปที่ ง.3
5. กาวลาเทค, กาวยาง หรือวัสดุทาประสานที่ไว้สำหรับยึดระหว่างวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้ด้านหน้าและด้านหลัง
6. สีสำหรับพ่นกันสนิมที่เหล็ก
7. สีสำหรับพ่นบนเหล็กสีดำ
8. น๊อต
9. แลคเกอร์ (แบบด้าน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ง.3 แสดงแบบตัวอย่างโต๊ะกาแฟแบบสูง 760 มิลลิเมตร
ที่ประกอบด้วยวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้ จากกากกาแฟผสมชานอ้อย
ที่มา : ชนิดา หิรัญรัตนากร. จัดทำเมื่อวันที่ 10/03/53



รูปที่ ง.4 แสดงแบบที่ถอดประกอบของตัวอย่างโต๊ะกาแฟแบบสูง 760 มิลลิเมตร
ที่ประกอบด้วยวัสดุแผ่นประกอบทดแทนไม้ จากกากกาแฟผสมชานอ้อย
ที่มา : ชนิดา หิรัญรัตนากร. จัดทำเมื่อวันที่ 10/03/53

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล	นางสาวชนิดา หิรัญรัตนากร
วัน เดือน ปีเกิด	18 มีนาคม 2524 ที่จังหวัดกรุงเทพมหานคร
ที่อยู่	25/251 ซอยรามคำแหง 124 แขวงสะพานสูง เขตสะพานสูง กรุงเทพมหานคร
ประวัติการศึกษา	2546 สำเร็จการศึกษาวิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม สถาบันราชภัฏสวนดุสิต
ความสามารถเฉพาะด้าน	1.) ออกแบบและเขียนแบบงานออกแบบผลิตภัณฑ์ 2.) ออกแบบกราฟิก
การทำงานและผลงานที่เกี่ยวข้อง	โปรดักส์ ดีไซเนอร์ บริษัท ONER INDUSTRIAL DESIGN CO.,LTD. กราฟิก ดีไซเนอร์ บริษัท ไฮควอน มัลติมีเดีย จำกัด โปรดักส์ ดีไซเนอร์ บริษัท ซี พี ออลย์ จำกัด (มหาชน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้