

การผลิตวัสดุทดแทนไม้อัดจากธูปฤาษีผสมวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร

ธนากร เมียงอารมณ^{1*} ธิติมา เกตุแก้ว²

Received : September 7, 2023

Revised : January 28, 2024

Accepted : February 27, 2024

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของธูปฤาษี และวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรในการผลิตวัสดุทดแทนไม้อัด 2) ศึกษาคุณสมบัติของวัสดุทดแทนไม้อัดจากธูปฤาษีและวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร และ 3) ประดิษฐ์ผลิตภัณฑ์จากวัสดุทดแทนไม้อัดจากธูปฤาษีผสมวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร โดยศึกษาอัตราส่วนของธูปฤาษีและวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรในการผลิตวัสดุทดแทนไม้อัด 5 อัตราส่วน ได้แก่ 1) ธูปฤาษี 90 กรัม : กาวพีวีเอ 100 กรัม 2) ธูปฤาษี 50 กรัม : ฟางข้าว 30 กรัม : กาวพีวีเอ 100 กรัม 3) ธูปฤาษี 50 กรัม : ฟางข้าว 30 กรัม : แกลบ 10 กรัม : กาวพีวีเอ 100 กรัม 4) ธูปฤาษี 70 กรัม : ฟางข้าว 20 กรัม : กาวพีวีเอ 100 กรัม และ 5) ธูปฤาษี 70 กรัม : ฟางข้าว 20 กรัม : แกลบ 10 กรัม : กาวพีวีเอ 100 กรัม ผลการวิจัย พบว่า วัสดุทดแทนไม้อัดจากธูปฤาษีผสมวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร ทั้ง 5 อัตราส่วน มีลักษณะสีตาลอ่อนถึงเข้ม ผิวสัมผัสเรียบ มีการยึดติดแน่น ไม่มีเศษวัสดุหลุดออกมา ซึ่งอัตราส่วนที่เหมาะสมที่สุด คือ อัตราส่วนที่ 3 มีความหนาแน่น 605.21 มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เมตร ค่าความชื้นร้อยละ 12.78 การพองตัวตามความหนาร้อยละ 18.05 ผ่านมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 966-2547 ส่วนความต้านทานแรงดึงต่งฉากกับผิวหน้ามีค่ามากที่สุดที่ 0.37 เมกะปาสคาล และนำวัสดุทดแทนไม้อัดจากธูปฤาษีและวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรมาประดิษฐ์ผลิตภัณฑ์ต้นแบบได้แก่ ที่วางโทรศัพท์มือถือ กล่องใส่ของของเนกประสงค์ ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม และเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับธูปฤาษีและวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร

คำสำคัญ: ธูปฤาษี ไม้อัด วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร

¹ อาจารย์ประจำหลักสูตร สาขาวิชาเทคโนโลยีการจัดการอุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏธนบุรี อีเมล: thanakorn.m@dru.ac.th

² อาจารย์ประจำหลักสูตร สาขาวิชาการจัดการสิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏธนบุรี อีเมล: thitima.k@dru.ac.th

* ผู้นิพนธ์หลัก อีเมล: thanakorn.m@dru.ac.th

PRODUCTION OF WOOD-SUBSTITUTED PARTICLE BOARD FROM CATTAIL AND AGRICULTURAL WASTES

Thanakorn Miengarrom^{1*} Thitima Ketkaew²

Abstract

The objectives of this research were to 1) study the optimum ratios of cattail and agricultural wastes in the production of wood-substituted particle board, 2) study the properties of wood-substituted particle board derived from cattail and agricultural wastes, and 3) develop wood-substituted particle board products by examining five ratios of cattail and agricultural wastes in the production process: 1) cattail 90 g : PVA glue 100 g, 2) cattail 50 g : rice straw 30 g : PVA glue 100 g, 3) cattail 50 g : rice straw 30 g : husk 10 g : PVA glue 100 g, 4) cattail 70 g : rice straw 20 g : husk 10g : PVA glue 100 g, and 5) cattail 70 g : rice straw 20 g : PVA glue 100 g. The results showed that wood-substituted particle board from cattail and agricultural waste in all five ratios possesses a light to dark brown appearance, smooth texture, strong adhesion, and no material fall-off. The best ratio was the third one, in which the properties of the particle boards were as follows: a density of 605.21 mg/m³, a moisture content of 12.78% , and a thickness swelling of 18.05% . These three properties meet the requirements of the Thai Industrial Standard (TIS. 966-2547). The internal bonding was found to be the highest at 0.37 MPa. The particle boards from cattail and agricultural wastes could be used as raw materials to produce prototype products including mobile phone holders and multipurpose boxes which are environmentally friendly and add value to cattail and agricultural wastes.

Keywords: Cattail, Particle board, Agriculture wastes

¹ Lecturer of Industrial Management Technology Program, Faculty of Science and Technology, Dhonburi Rajabhat University, e-mail: thanakorn.m@dru.ac.th

² Lecturer of Environmental Management Program, Faculty of Science and Technology, Dhonburi Rajabhat University, e-mail: thitima.k@dru.ac.th

* Corresponding author, e-mail: thanakorn.m@dru.ac.th

บทนำ

ปัจจุบันการผลิตไม้อัดหรือไม้บาง มีความต้องการในอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์อย่างมาก โดยมีการผลิตควบคู่กันกับไม้จริงเพื่อใช้งานทั้งในประเทศและการส่งออก โดยอุตสาหกรรมการผลิตเฟอร์นิเจอร์จะใช้ไม้จริงเป็นวัตถุดิบหลัก ได้แก่ ไม้สัก ไม้ยาง ไม้ชิงชัน ไม้ประดู่ ไม้ทองจิง ไม้จำปา ไม้สัก และไม้กะบาก (สำนักวิจัยการจัดการป่าไม้และผลผลิตป่าไม้, 2548) ซึ่งส่งผลให้ทรัพยากรป่าไม้ที่มีอยู่อย่างจำกัดถูกทำลายลงอย่างรวดเร็ว ทั้งยังมีแนวโน้มความต้องการบริโภคไม้เพิ่มมากขึ้นอย่างต่อเนื่องเพื่อตอบสนองความต้องการ แม้ว่าไม้จะเป็นแหล่งทรัพยากรธรรมชาติที่สามารถปลูกเพิ่มและฟื้นฟูได้ แต่ต้องใช้ระยะเวลานานในการเจริญเติบโต ซึ่งจากการค้นคว้าผลงานทางวิชาการพบว่า มีนักวิจัยหลายท่านพยายามนำวัสดุชนิดอื่นมาใช้ทดแทนไม้ เช่น ขยะประเภทกระดาษและพลาสติก วัชพืช และวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรมาผลิตเป็นแผ่นไม้อัด (ณัชกรภรณ์ จรรย์การพัฒน์ และสาธิตี อาจารย์, 2561) เพื่อเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับวัตถุดิบ และใช้ทรัพยากรทางธรรมชาติอย่างคุ้มค่า ช่วยลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมภายใต้แนวคิดเศรษฐกิจสีเขียว (Green economy) ซึ่งเป็นกลไกสำคัญในการขับเคลื่อนเศรษฐกิจของประเทศไทย โดยการพัฒนาเศรษฐกิจแบบองค์รวมด้วยโมเดลเศรษฐกิจสู่การพัฒนาที่ยั่งยืน (Bio-Circular-Green (BCG) Economy)

รูปถ่ายหรือที่เรียกว่าหญ้าปรีอ (ภาคกลาง), หญ้าสลาบลวง หญ้าสะลาบลวง (ภาคเหนือ), ปรีอ (ภาคใต้) พบในเขตร้อนและเขตอบอุ่น ในประเทศไทยพบได้ในทุกภาค ขึ้นตามหนองน้ำหรือทะเลสาบ และขึ้นหนาแน่นตามหนองน้ำที่เปิดโล่ง (สำนักงานหอพรรณไม้, 2559) โดยรูปถ่ายมีข้อดี คือ ระบบรากที่ดีช่วยป้องกันการพังทลายของดินชายน้ำ สามารถนำมาใช้เป็นวัสดุคลุมผิวดินในไม้ยืนต้น เพื่อลดการสูญเสียน้ำออกจากผิวดินหรือลดการชะล้างหน้าดินจากน้ำฝนได้ ใบเหนียวนิ่มใช้มุงหลังคา ใช้ทำเครื่องจักสาน แต่เนื่องจากรูปถ่ายมีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว ทำให้ในปัจจุบันมีการแพร่กระจายทั่วประเทศไทย จึงเป็นวัชพืชที่ก่อให้เกิดผลกระทบในด้านนิเวศวิทยา ด้านเศรษฐกิจ และสิ่งแวดล้อม ซึ่งต้องหาวิธีการกำจัดรูปถ่ายเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดผลกระทบสิ่งแวดล้อมต่อชุมชน ซึ่งจากข้อดีของรูปถ่าย จึงได้มีการนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ รวมไปถึงการนำมาพัฒนาเป็นแผ่นอัด (ทศพร โพธิ์เนียม, 2559)

เนื่องจากประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม นิยมเพาะปลูก ข้าว อ้อย ข้าวโพด เป็นต้น ซึ่งเป็นพืชเศรษฐกิจสำคัญของประเทศ ซึ่งมีมูลค่า 7.63 แสนล้านบาท (กองวิจัยและพัฒนาางส่งเสริมการเกษตร, 2563) โดยในกระบวนการเพาะปลูกและเก็บเกี่ยวจะมีเศษเหลือทิ้งหรือเศษเหลือใช้ทางการเกษตร อาทิเช่น เศษไม้ ยางพารา ทะลาย กะลาปาล์มน้ำมัน กะลามะพร้าว แกลบ ฟางข้าว กากอ้อย ชังข้าวโพด และเห้งมันสำปะหลัง จึงได้มีการคิดค้นและพัฒนาเพื่อนำวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรมาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ (สุภภัทร ศรีสังข์, 2560) จากการศึกษาการผลิตไม้อัดจากตะไคร้และฟางข้าว พบว่า แผ่นขึ้นไม้อัดที่ได้ไม่มีกลิ่นและสีของการไหม้ ผิวแผ่นเนียนเรียบ ไม่มีการกระจุกตัวของวัสดุ ไม่มีการโก่งตัวหรือบิดงอ ผลการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและสมบัติ

ทางกลของแผ่นเทียบกับมาตรฐานมีค่าผ่านเกณฑ์ที่มาตรฐาน มอก.876-2547 (จารุณี เข้มพิลา และคณะ, 2562) จากเหตุผลดังกล่าวผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการผลิตวัสดุทดแทนไม้อัดจากธูปธูปยี่สิบสามวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร และศึกษาคุณสมบัติของวัสดุทดแทนไม้มาใช้ให้เกิดประโยชน์ เป็นการเพิ่มมูลค่ารวมทั้งช่วยลดการเกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของธูปธูปยี่สิบสาม และวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรในการผลิตวัสดุทดแทนไม้อัด
2. เพื่อศึกษาคุณสมบัติของวัสดุทดแทนไม้อัดจากธูปธูปยี่สิบสามและวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร
3. เพื่อประดิษฐ์ผลิตภัณฑ์จากวัสดุทดแทนไม้อัดจากธูปธูปยี่สิบสามวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร

วิธีดำเนินการวิจัย

1. แผนการวิจัย

1.1 จัดเตรียมวัสดุทดลอง ได้แก่ ต้นธูปธูปยี่สิบสาม ฟางข้าว แกลบ และกาวโพลิไวนิลแอลกอฮอล์ (Poly vinyl alcohol หรือ PVA)

1.2 เตรียมเครื่องมือและอุปกรณ์ ประกอบด้วย เครื่องอัดขึ้นรูปร้อน แม่พิมพ์สำหรับอัดขึ้นรูปเครื่องชั่งละเอียด แบบดิจิตอล เตาให้ความร้อน ตู้อบลมร้อน ตู้ดูดความชื้น เครื่องสับย่อย เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ ไมโครมิเตอร์ อุปกรณ์เครื่องแก้ว ได้แก่ บีเกอร์ แท่งแก้ว กระจกบด และอุปกรณ์สำหรับเตรียมวัตถุดิบ

1.3 ออกแบบและทดลองโดยกำหนดอัตราส่วนการผลิตวัสดุทดแทนไม้อัดจากธูปธูปยี่สิบสามวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรในการผลิตวัสดุทดแทนไม้อัดจำนวน 5 อัตราส่วน ซึ่งแต่ละอัตราส่วนทำการทดลองซ้ำ

1.4 ทดสอบคุณสมบัติวัสดุทดแทนไม้อัดจากธูปธูปยี่สิบสามและวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร ได้แก่ ความหนาแน่น ความชื้น การพองตัวตามความหนา และความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า ซึ่งชุดข้อมูลที่ได้ถูกนำไปวิเคราะห์ทางสถิติ รวมทั้งเปรียบเทียบกับมาตรฐาน มอก. 966-2547

2. การดำเนินการวิจัย

2.1 ศึกษาลักษณะทั่วไปของต้นธูปธูปยี่สิบสาม ทำการเลือกต้นธูปธูปยี่สิบสามที่โตเต็มที่จะมีลักษณะต้นสีเขียวเข้มสดโดยใช้เฉพาะส่วนก้านของต้นธูปธูปยี่สิบสาม

2.2 ทดลองอัตราส่วนการผลิตวัสดุทดแทนไม้อัดจากธูปธูปยี่สิบสามวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรโดยการกำหนดอัตราส่วนผสมของต้นธูปธูปยี่สิบสาม แล้วทำการแปรผันปริมาณธูปธูปยี่สิบสาม ฟางข้าว และแกลบ (ทศพร โพธิ์เนียม, 2559) ในการทดลองใช้กาวโพลิไวนิลแอลกอฮอล์ (Poly vinyl alcohol) เป็นตัวประสาน

เนื่องจากหาซื้อได้ง่าย มีคุณสมบัติการเกิดฟลัม มีความสามารถในการป้องกันการซึมผ่านของน้ำ ความชื้นต่ำ และทนการกัดกร่อนได้ดีกว่ากาวลาเท็กซ์ (Polyvinyl acetate) (Ramaraj, 2007)

2.3 การเตรียมต้นรูปภาชี ฟางข้าว และแกลบ มีขั้นตอนการเตรียมวัสดุจากธรรมชาติดังนี้ ตัดต้นรูปภาชีให้มีความยาว 2 นิ้ว ตัดฟางข้าวยาว 5 นิ้ว และแกลบ ใส่เครื่องสับย่อยจากนั้นนำวัสดุทั้ง 3 ชนิด จากนั้นนำไปเข้าตูบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง แล้วนำใส่ถุงซิปล็อคไว้ในตู้ดูดความชื้น ดังแสดงในภาพที่ 1

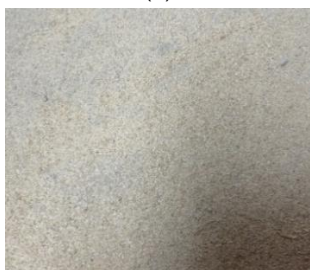
2.4 การเตรียมกาวโพลิไวนิลแอลกอฮอล์ (Poly vinyl alcohol หรือ PVA) ซึ่งมีลักษณะเป็นผงสีขาว ไม่มีสารพิษ ไม่มีกลิ่น สามารถละลายน้ำได้หลากหลาย และมีประสิทธิภาพในการยึดเกาะ โดยทำการชั่งสารโพลิไวนิลแอลกอฮอล์ 20 กรัม ผสมกับน้ำ 80 มิลลิลิตร จากนั้นกวนสารโพลิไวนิลแอลกอฮอล์กับน้ำบนเตาให้ความร้อนจนได้ของเหลวที่มีลักษณะเหมือนกาว



(1)



(2)



(3)



(4)

ภาพที่ 1 วัสดุจากเกษตรกรรมต้นรูปภาชี ฟางข้าว แกลบ และกาวโพลิไวนิลแอลกอฮอล์

2.5 การผลิตวัสดุทดแทนไม้อัดจากรูปภาชีผสมวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร ทำการชั่งต้นรูปภาชี ฟางข้าว แกลบ และกาวโพลิไวนิลแอลกอฮอล์ ผสมวัตถุดิบในอ่างผสมจนเป็นเนื้อเดียวกัน จากนั้นนำแผ่นรองอัดขึ้นรูปมารองด้วยแผ่นพลาสติกทนร้อน เทส่วนผสมลงแผ่นเตรียมอัดขึ้นรูปขนาด 20x20 เซนติเมตร เกลี่ยส่วนผสมให้กระจายเต็มแผ่น วางแผ่นพลาสติกทนความร้อน และแผ่นรองอัดปิดด้านบนบนแผ่นเพื่อเตรียมอัดขึ้นรูป นำแผ่นเตรียมอัดขึ้นรูปเข้าเครื่องอัดร้อนที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง แล้วนำแผ่นเตรียมอัดออกมาวางที่อุณหภูมิห้อง ทำการแกะแผ่นไม้อัดจากส่วนผสมของต้นรูปภาชี ฟางข้าว และแกลบ จากนั้นเก็บ

แผ่นขึ้นไม้อัดที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 7 วัน เพื่อปรับสถานะแผ่นไม้อัดก่อนนำไปทดสอบคุณสมบัติ ได้แก่ ลักษณะทั่วไป ความหนาแน่น ปริมาณความชื้น การพองตัวตามความหนา และความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า

2.6 การทดสอบคุณสมบัติ โดยทำการทดสอบคุณสมบัติของวัสดุทดแทนไม้อัดจากธูปฤาษีและวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรตามมาตรฐานอุตสาหกรรมแผ่นไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง มอก.966-2547 ดังนี้

2.6.1 ความหนาแน่น (Density)

- 1) ชั่งขึ้นทดสอบให้ได้มวลที่แน่นอนถึง 0.01 กรัม
- 2) วัดความหนาตรงจุดกึ่งกลางของขึ้นทดสอบด้วยไมโครมิเตอร์ตามภาพที่ 3
- 3) วัดความกว้างและความยาวของขึ้นทดสอบด้วยเวอร์เนียคาลิเปอร์ โดยวางเครื่องมือให้ทำมุมกับแนวระนาบของขึ้นทดสอบประมาณ 45 องศา ดังแสดงภาพที่ 3

- 4) คำนวณหาค่าความหนาแน่นจากสมการที่ (1)

$$\text{ความหนาแน่น (mg/m}^3\text{)} = \left(\frac{m}{v} \right) \times 10^{-3} \quad (1)$$

เมื่อ m คือ มวลของขึ้นทดสอบ (กรัม)

v คือ ปริมาตรของขึ้นทดสอบ (ลูกบาศก์มิลลิเมตร)

2.6.2 ความชื้น (Moisture Content)

- 1) ชั่งขึ้นทดสอบซึ่งผ่านการทดสอบความหนาแน่นแล้วให้ได้มวลที่แน่นอน ถึง 0.01 กรัม เป็นมวลของขึ้นทดสอบก่อนอบ

- 2) อบขึ้นทดสอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 103 ± 2 องศาเซลเซียส จนได้มวลคงที่ คือ มวลของขึ้นทดสอบเมื่อชั่ง 2 ครั้งทีละห่างกัน 6 ชั่วโมง ต้องไม่แตกต่างกันเกินร้อยละ 0.1 ของมวลของขึ้นทดสอบ

- 3) นำแผ่นไม้อัดมาใส่ในตู้อบความชื้นปล่อยให้เย็น

- 4) นำขึ้นทดสอบซึ่งนำหนักมวลหลังอบแห้งเพื่อคำนวณหาปริมาณความชื้น

- 5) คำนวณหาค่าปริมาณความชื้นจากสมการที่ (2)

$$\text{ปริมาณความชื้น (\%)} = \left(\frac{m_1 - m_2}{m_1} \right) \times 100 \quad (2)$$

เมื่อ m_1 คือ มวลของขึ้นทดสอบก่อนอบ (กรัม)

m_2 คือ มวลของขึ้นทดสอบหลังอบ (กรัม)

2.6.3 การพองตัวตามความหนา (Thickness Swelling)

- 1) ทำเครื่องหมายตำแหน่งที่วัดความหนาตามภาพที่ 3 วัดความหนาของขึ้นทดสอบก่อนแช่น้ำสะอาด

2) แซ่ขึ้นทดสอบในน้ำสะอาดที่อุณหภูมิ 20 ± 2 องศาเซลเซียส โดยตั้งขึ้นทดสอบให้ได้ฉากกับระดับผิวน้ำให้ขอบบนอยู่ใต้ระดับผิวน้ำ ประมาณ 25 มิลลิเมตร แต่ละชิ้นต้องห่างจากกัน และต้องห่างจากผนังและก้นภาชนะที่ใส่น้ำไม่น้อยกว่า 10 มิลลิเมตร

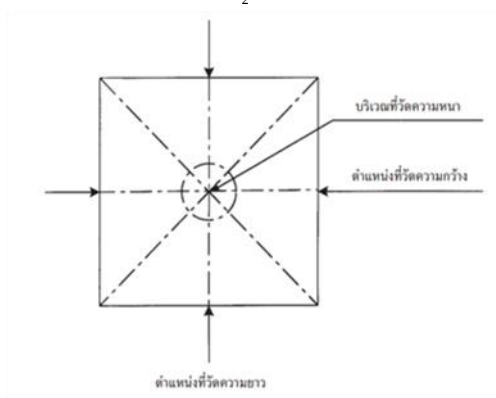
3) แซ่ขึ้นทดสอบเป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วนำขึ้นทดสอบขึ้นมาซับน้ำที่ผิวออกด้วยผ้าหมาด จากนั้นวัดความหนาตามตำแหน่งเดิมเป็นความหนาหลังแช่น้ำ

4) คำนวณหาค่าการพองตัวตามความหนาจากสมการที่ (3)

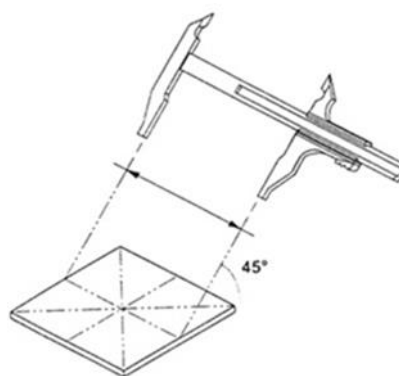
$$\text{การพองตัวตามความหนา (\%)} = \left(\frac{t_1 - t_2}{t_1} \right) \times 100 \quad (3)$$

เมื่อ t_1 คือ ความหนาของขึ้นทดสอบก่อนแช่น้ำ (มิลลิเมตร)

t_2 คือ ความหนาของขึ้นทดสอบหลังแช่น้ำ (มิลลิเมตร)



(1)



(2)

ภาพที่ 3 ตำแหน่งที่วัดความกว้าง ความยาว และความหนาของขึ้นทดสอบ
(สำนักมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2547)

2.6.4 ความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวน้ำ (Tensile strength perpendicular to internal bonding)

1) ตัดผิวน้ำทั้งสองของขึ้นทดสอบกับแผ่นดึง โดยใช้กาวสังเคราะห์ที่ให้แรงยึดระหว่างขึ้นทดสอบกับแผ่นดึงได้มากกว่าแรงยึดตัวในขึ้นทดสอบ

2) นำขึ้นทดสอบที่เตรียมได้แล้วนี้ไปเข้าเครื่องดึง ดึงให้ขึ้นทดสอบแยกออกจากกันอัตราการเพิ่มแรงดึงต้องเป็นไปอย่างสม่ำเสมอเวลาที่ใช้ตั้งแต่เริ่มดึงจนกระทั่งขึ้นทดสอบแยกออกจากกันต้องไม่น้อยกว่า 90 วินาที แต่ไม่มากกว่า 180 วินาที ด้วยความเร็วในการดึง 2 มิลลิเมตรต่อนาที

3) วิธีคำนวณหาความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวน้ำจากสมการที่ (4)

$$\text{ความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า (MPa)} = \frac{F}{W \times L} \quad (4)$$

เมื่อ F คือ แรงดึงสูงสุด (นิวตัน)

W คือ ความกว้างของชิ้นทดสอบ (มิลลิเมตร)

L คือ ความยาวของชิ้นทดสอบ (มิลลิเมตร)

2.7 การประดิษฐ์ผลิตภัณฑ์จากวัสดุทดแทนไม้อัดจากธูปฤาษีผสมวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร

2.7.1 การประดิษฐ์ที่วางของโทรศัพท์มือถือ ทำการตัดแผ่นชิ้นวัสดุทดแทนไม้อัดเป็นแผ่นวางตามแบบขนาด 15.3×8.0 เซนติเมตร จำนวน 1 แผ่น และเป็นฐานของที่วางขนาด 9.3×7.8 เซนติเมตร จำนวน 1 แผ่น แล้วนำทั้ง 2 แผ่น มาประกอบกัน

2.7.2 การประดิษฐ์กล่องใส่ของอเนกประสงค์ ตัดแผ่นชิ้นวัสดุทดแทนไม้อัด เป็นฐานตามแบบขนาด 8.0×8.0 เซนติเมตร จำนวน 1 แผ่น และเป็นด้านข้างของกล่องขนาด 4.5×8.0 เซนติเมตร จำนวน 4 แผ่น แล้วนำมาประกอบกัน

3. การวิเคราะห์และสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

การทดสอบคุณสมบัติของวัสดุทดแทนไม้อัดจากธูปฤาษีผสมวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร ได้แก่ ลักษณะทั่วไป ความหนาแน่น ปริมาณความชื้น การพองตัวตามความหนา และความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า มาเทียบกับตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง มอก. 966-2547 และวิเคราะห์ข้อมูลค่าความแตกต่างทางสถิติโดยทำการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance: ANOVA) ของค่าความหนาแน่น ค่าความชื้น ค่าการพองตัวตามความหนา โดยมีค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) และสำหรับค่าความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า มีค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

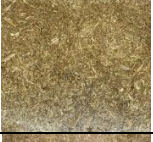
ผลการวิจัยและอภิปรายผล

การวิจัยเรื่องการผลิตวัสดุทดแทนไม้อัดจากธูปฤาษีผสมวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร โดยมีกระบวนการในการศึกษาข้อมูลจากงานวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องมาประกอบ โดยแบ่งออกเป็น 3 ส่วน ดังต่อไปนี้

1. ผลศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของธูปฤาษีและวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรในการผลิตวัสดุทดแทนไม้อัด

จากการศึกษาอัตราส่วนผสมของธูปฤาษีและวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรในการผลิตวัสดุทดแทนไม้อัดทั้ง 5 อัตราส่วนของปริมาณผสมวัสดุจากธรรมชาติ ซึ่งประกอบด้วยอัตราส่วนของวัสดุธรรมชาติแต่ละชนิด ลักษณะทางกายภาพของแผ่นไม้อัด และภาพประกอบ ดังแสดงในตารางที่ 1

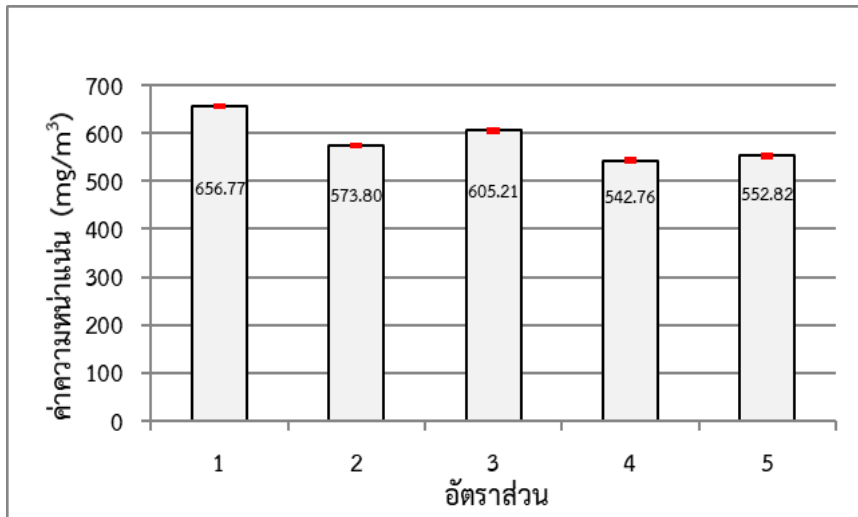
ตารางที่ 1 อัตราส่วนและลักษณะของวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรในการผลิตไม้อัด

อัตราส่วน	ปริมาณผสมวัสดุจากธรรมชาติ (กรัม)				ลักษณะทางกายภาพ	ภาพแผ่นไม้อัด
	รูปถั่วลิสง	ฟางข้าว	แกลบ	กาวพีวีเอ		
1	90	-	-	100	สีน้ำตาลเข้ม ผิวสัมผัสเรียบ มีการยึดติดแน่น ไม่มีเศษวัสดุหลุดออกมา	
2	50	30	-	100	น้ำตาล ผิวสัมผัสเรียบ มีการยึดติดแน่น ไม่มีเศษวัสดุหลุดออกมา	
3	50	30	10	100	สีน้ำตาลเข้ม ผิวสัมผัสเรียบ มีการยึดติดแน่น ไม่มีเศษวัสดุหลุดออกมา	
4	70	20	-	100	สีน้ำตาลเข้ม ผิวสัมผัสเรียบ มีการยึดติดแน่น ไม่มีเศษวัสดุหลุดออกมา	
5	70	20	10	100	สีน้ำตาล ผิวสัมผัสเรียบ มีการยึดติดแน่น ไม่มีเศษวัสดุหลุดออกมา	

2. ผลการทดสอบคุณสมบัติของวัสดุทดแทนไม้อัดจากรูปถั่วลิสงผสมวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร

2.1 ค่าความหนาแน่น

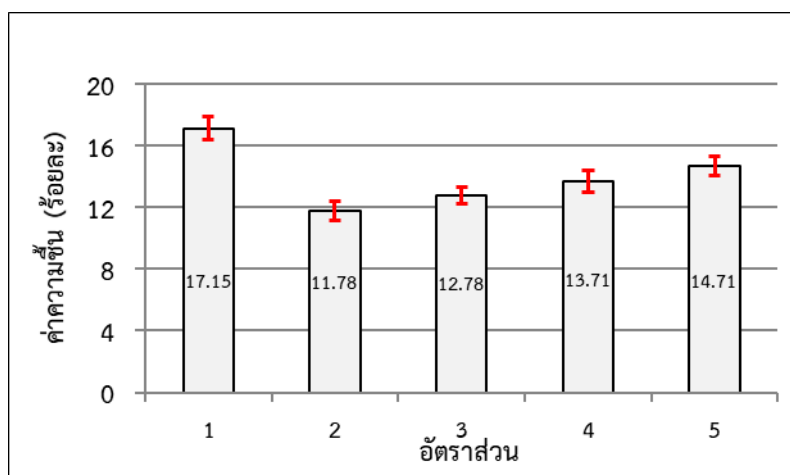
จากการนำวัสดุทดแทนไม้อัดจากรูปถั่วลิสงผสมวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร ทั้ง 5 อัตราส่วน โดยมีความหนาของแผ่นวัสดุทดแทนไม้อัดจากรูปถั่วลิสงผสมวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร ที่ขนาด 6 มิลลิเมตรมาทดสอบคุณสมบัติ (สมคณ เกียรติกิจ และคณะ, 2565) แล้วเปรียบเทียบกับมาตรฐานอุตสาหกรรมแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง มอก.966-2547 มีผลการทดสอบดังแสดงในภาพที่ 4 พบว่า วัสดุทดแทนไม้อัดจากรูปถั่วลิสงผสมวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร อัตราส่วนที่ 1 มีค่าความหนาแน่นเฉลี่ยมากที่สุดรองลงมาอัตราส่วนที่ 3 ซึ่งมีค่าความหนาแน่นเฉลี่ย 656.77 มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เมตร 605.21 มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ อัตราส่วนที่ 4 มีค่าความหนาแน่นเฉลี่ยน้อยที่สุด 542.76 มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เมตร เนื่องจากเป็นอัตราส่วนที่มีปริมาณเส้นใยมากแต่ปริมาณกาวน้อยเกินไปทำให้การจับตัวของเส้นใยไม่ดี แต่ในอัตราส่วนที่ 5 เมื่อเพิ่มแกลบที่มีความละเอียดทำให้เกิดการจับตัวกันได้ดีขึ้น จากการทดสอบค่าความหนาแน่นของวัสดุพบว่าอัตราส่วนทั้ง 5 อัตราส่วน เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานมอก. 966-2547 ที่กำหนดเกณฑ์มาตรฐานความหนาแน่น 400–800 มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เมตร



ภาพที่ 4 ค่าความหนาแน่นของวัสดุทดแทนไม้อัดจากธูปฤาษีผสมวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร

2.2 ค่าความชื้น

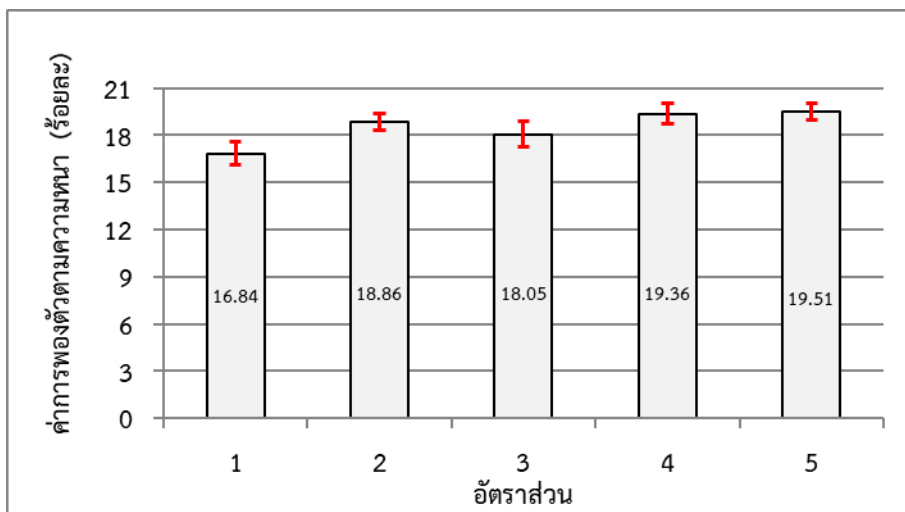
จากการทดสอบหาค่าความชื้น พบว่า วัสดุทดแทนไม้อัดอัตราส่วนที่ 1 มีความชื้นเฉลี่ยมากที่สุด ร้อยละ 17.15 รองมา คือ อัตราส่วนที่ 5 มีความชื้นเฉลี่ยร้อยละ 14.71 ส่วนอัตราส่วนที่ 2 มีความชื้นเฉลี่ยน้อยที่สุด ร้อยละ 11.78 ตามลำดับ ดังแสดงในภาพที่ 5 เมื่อนำผลการทดสอบค่าความชื้นของวัสดุทดแทนไม้อัดเทียบกับมาตรฐาน มอก. 966-2547 (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2547) พบว่า อัตราส่วนที่ 2 และ 3 เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานซึ่งกำหนดค่าความชื้นอยู่ที่ร้อยละ 4-13 สำหรับอัตราส่วนที่ 1 4 และ 5 ไม่เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด



ภาพที่ 5 ค่าความชื้นของวัสดุทดแทนไม้อัดจากธูปฤาษีผสมวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร

2.3 ค่าการพองตัวตามความหนา

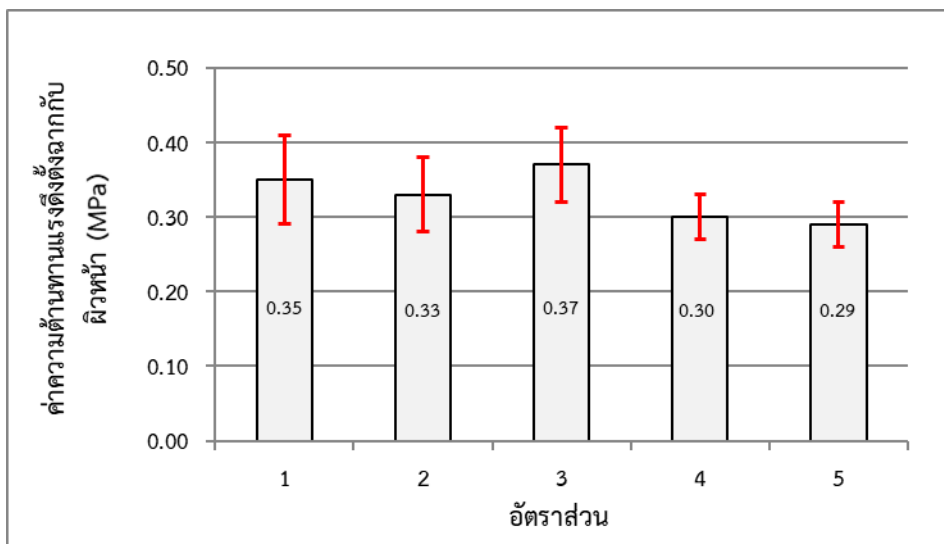
จากการทดสอบหาค่าการพองตัวตามความหนาของวัสดุ พบว่า วัสดุทดแทนไม้อัดจากธูปฤาษีผสมวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรอัตราส่วนที่ 5 มีค่าการพองตัวตามความหนาเฉลี่ยมากที่สุด ร้อยละ 19.51 รองลงมา คือ อัตราส่วนที่ 4 มีค่าการพองตัวตามความหนาเฉลี่ยร้อยละ 19.36 ส่วนอัตราส่วนที่ 1 มีค่าการพองตัวตามความหนาเฉลี่ยน้อยที่สุดร้อยละ 16.84 ดังแสดงในภาพที่ 6 ซึ่งค่าการพองตัวตามความหนาของไม้อัดมีแนวโน้มสูงขึ้นเมื่อปริมาณของอัตราส่วนธูปฤาษีผสมวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรมากขึ้น เมื่อนำผลการทดสอบค่าการพองตัวตามความหนาของวัสดุทดแทนไม้อัดเทียบกับมาตรฐานตามเกณฑ์มาตรฐานมอก. 966-2547 พบว่า อัตราส่วนวัสดุทดแทนไม้อัดทั้ง 5 อัตราส่วนเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้ที่ความหนาแผ่นตัวอย่างไม่เกินร้อยละ 30 เนื่องจากส่วนผสมจากกาวยาโพลิไวนิลแอลกอฮอล์มีคุณสมบัติการเกิดฟิล์มในการป้องกันการซึมผ่านของน้ำทำให้มีค่าการพองตัวตามความหนาที่ต่ำ



ภาพที่ 6 ค่าการพองตัวตามความหนาของวัสดุทดแทนไม้อัดจากธูปฤาษีผสมวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร

2.4 ค่าความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า

จากการทดสอบหาค่าความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า พบว่า วัสดุทดแทนไม้อัดจากธูปฤาษีผสมวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรอัตราส่วนที่ 3 มีค่าความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าเฉลี่ยมากที่สุด 0.37 เมกะปาสคาล (MPa) รองลงมา คือ อัตราส่วนที่ 1 มีค่าความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าเฉลี่ย 0.35 MPa ส่วนอัตราส่วนที่ 5 มีค่าความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าเฉลี่ยน้อยที่สุด 0.29 MPa ดังแสดงในภาพที่ 7 เมื่อนำผลการทดสอบค่าความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าของวัสดุทดแทนไม้อัดเทียบกับมาตรฐานตามเกณฑ์มาตรฐานมอก. 966-2547 พบว่า ไม้อัดทั้ง 5 อัตราส่วนผสมไม่เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้ไม่น้อยกว่า 0.65 MPa เมื่อทดสอบการดึงมีการหลุดของแผ่นไม้อัดบริเวณชั้นผิวหน้า เนื่องจากแผ่นไม้อัดมีลักษณะผิวหน้าหยาบทำให้การยึดติดได้ไม่ดี



ภาพที่ 7 ค่าความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าของวัสดุทดแทนไม้อัดจากหญ้าฉิมพลีผสมวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร

การอัดขึ้นรูปแผ่นวัสดุทดแทนไม้อัดจากหญ้าฉิมพลีผสมวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร ทั้ง 5 อัตราส่วน พบว่า อัตราส่วนที่ 3 หญ้า 50 กรัม ฟางข้าว 30 กรัม แกลบ 10 กรัม และกาวพีวีเอ 100 กรัม มีอัตราส่วนที่เหมาะสมที่สุด ซึ่งมีค่าความหนาแน่น ค่าความชื้น และค่าการพองตัวตามความหนา ผ่านมาตรฐาน ทำให้แผ่นวัสดุทดแทนไม้อัด มีความแข็งแรง และทนความชื้น ส่วนความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้ามีค่ามากที่สุด ดังแสดงผลในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 คุณลักษณะของวัสดุทดแทนไม้อัดจากหญ้าฉิมพลีผสมวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร

อัตราส่วน	ความหนาแน่น (mg/m^3)	ความชื้น (%)	การพองตัวตาม ความหนา (%)	ความต้านทานแรง ดึงตั้งฉากกับผิวหน้า (MPa)
มอก. 966-2547	400 - 800	4.00 - 13.00	ไม่เกิน 30	ไม่น้อยกว่า 0.65
อัตราส่วนที่ 1	656.77	17.15	16.84	0.35
อัตราส่วนที่ 2	573.80	11.78	18.86	0.33
อัตราส่วนที่ 3	605.21	12.78	18.05	0.37
อัตราส่วนที่ 4	542.76	13.71	19.36	0.30
อัตราส่วนที่ 5	552.82	14.71	19.51	0.29

จากการนำผลทดสอบคุณสมบัติของวัสดุทดแทนไม้อัดจากธูปฤาษีผสมวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร ทั้ง 5 อัตราส่วนมาวิเคราะห์ข้อมูลค่าความแตกต่างทางสถิติโดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One-Way Analysis of Variance: One-Way ANOVA) ด้วยโปรแกรม Statistical Package for the Social Sciences : SPSS พบว่า ค่าความหนาแน่น ค่าความชื้น ค่าการพองตัวตามความหนา ค่าเฉลี่ยทางสถิติ $p < 0.05$ สำหรับค่าความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า ค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ $p > 0.05$ ดังแสดงผลในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 การวิเคราะห์ค่าความแตกต่างทางสถิติโดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว

การทดสอบ	แหล่งความแปรปรวน	ผลรวมกำลังสอง (SS)	องศาอิสระ (df)	ผลรวมกำลังสองเฉลี่ย (MS)	ค่าตัวสถิติ (F)	Sig.
ค่าความหนาแน่น	ระหว่างกลุ่ม	25,492.150	4	6,373.038	6,863.799	0.000
	ภายในกลุ่ม	9.285	10	0.928		
	ผลรวม	25,501.435	14			
ค่าความชื้น	ระหว่างกลุ่ม	50.902	4	12.726	29.214	0.000
	ภายในกลุ่ม	4.356	10	0.436		
	ผลรวม	55.259	14			
ค่าการพองตัวตามความหนา	ระหว่างกลุ่ม	14.551	4	3.638	8.661	0.003
	ภายในกลุ่ม	4.200	10	0.420		
	ผลรวม	18.751	14			
ค่าความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า	ระหว่างกลุ่ม	0.012	4	0.003	1.397	0.303
	ภายในกลุ่ม	0.022	10	0.002		
	ผลรวม	0.034	14			

3. การประดิษฐ์ผลิตภัณฑ์จากวัสดุทดแทนไม้อัดจากธูปฤาษีผสมวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร

จากการนำวัสดุทดแทนไม้อัดจากธูปฤาษีผสมวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรอัตราส่วนที่ 3 ซึ่งมีผิวสัมผัสเรียบ สีสนธรรมชาติ มีการยึดติดแน่น ไม่มีเศษวัสดุหลุดออกมา และมีคุณสมบัติของวัสดุที่เหมาะสมเพื่อนำมาประดิษฐ์ผลิตภัณฑ์ต้นแบบ ได้แก่ ที่วางโทรศัพท์มือถือและกล่องใส่ของอเนกประสงค์ ดังแสดงในภาพที่ 8



ภาพที่ 8 ผลิตภัณฑ์จากวัสดุทดแทนไม้อัดจากธูปฤาษี

สรุป

การวิจัยเรื่องการผลิตวัสดุทดแทนไม้อัดจากธูปฤาษีผสมวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร วัสดุทดแทนไม้อัดจากธูปฤาษีผสมวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรทั้ง 5 อัตราส่วน มีลักษณะทางกายภาพ คือ สีน้ำตาลอ่อนถึงเข้ม ผิวสัมผัสเรียบ มีการยึดติดแน่นไม่มีเศษวัสดุหลุดออกมา และเมื่อทำการทดสอบคุณสมบัติของวัสดุทดแทนไม้อัดตามมาตรฐานอุตสาหกรรมแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางตามมาตรฐาน มอก.966-2547 มีค่าความหนาแน่นเฉลี่ย 542.76–656.77 มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เมตร โดยวัสดุทดแทนไม้อัดที่มีความหนาแน่นสูงเป็นผลมาจากการผสมของธูปฤาษีกับกาวพีวีเอในปริมาณที่เหมาะสม สอดคล้องกับงานวิจัยของไมมูน อินตัน และคณะ (2560) ที่ว่าการใช้อัตราส่วนผสมที่มีปริมาณเส้นใยและกาวที่เหมาะสมจะทำให้สามารถขึ้นรูปเป็นแผ่นใยอัดที่มีความหนาแน่นสูง ค่าความชื้นมีค่าเฉลี่ยร้อยละ 11.78–17.15 ซึ่งอัตราส่วนที่ 2 และ 3 เป็นไปตามมาตรฐานเนื่องจากมีส่วนผสมของฟางข้าวที่มีคุณสมบัติการดูดซับน้ำทำให้มีค่าความชื้นต่ำ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ทศพร โพธิ์เนียม (2559) พบว่าการเติมสารพาราฟินอิมัลชันซึ่งเป็นสารประกอบที่ละลายน้ำได้เกิดจากปฏิกิริยาของพาราฟินและสารลดแรงตึงผิวโพลิเมอร์ มีคุณสมบัติในการละลายน้ำได้ดีและเป็นสารเคลือบผิวกันซึมช่วยลดการดูดซึมของน้ำซึ่งมีคุณสมบัติเหมือนกับกาวพีวีเอที่ใช้ในการอัดขึ้นรูปแผ่นไม้อัด ค่าการพองตัวตามความหนาแน่นเฉลี่ยร้อยละ 16.84–19.36 เป็นไปตามมาตรฐาน เนื่องจากอัตราส่วนทั้ง 5 มีส่วนผสมของธูปฤาษีที่มีเนื้อเยื่อกลางลำต้นผสมทำให้อนุภาคน้ำเข้าไปแทรกในเส้นใยทำให้เกิดการพองตัวได้มาก สอดคล้องกับงานวิจัยของจารุณี เข้มพิลลา (2562) ที่ว่าต้นข้าวเป็นพืชที่มีเนื้อเยื่อกลางลำต้น ดังนั้นเมื่อมีฟางข้าวเป็นส่วนผสมในปริมาณที่มากขึ้นส่งผลให้อนุภาคของน้ำเข้าไปแทรกในเส้นใยและสามารถพองตัวได้มาก และค่าความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าของอัตราส่วนทั้ง 5 เฉลี่ย 0.29–0.37 MPa ไม่เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานเนื่องจากความหยาบของวัสดุทำให้การยึดติดกันของแผ่นไม้อัดของขึ้นทดสอบไม่ดี เมื่อทำการดึงขึ้นทดสอบมีการหลุดบริเวณชั้นผิวหน้าขึ้นทดสอบเป็นผลจากความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าต่ำ เมื่อส่วนผสมของแกลบและฟางข้าวลดลงทำให้การยึดเกาะกันของวัสดุในโครงสร้างน้อยลง เป็นสาเหตุให้แผ่นไม้อัดที่มีความแข็งแรงดิ่งน้อยกว่าหรือมีความสามารถต้านทานแรงดึงที่ต่ำกว่าได้น้อย

ดังนั้นสำหรับอัตราส่วนที่เหมาะสมที่สุด คือ อัตราส่วนที่ 3 มีอัตราส่วนผสมของธูปฤาษี 50 กรัม ฟางข้าว 30 กรัม แกลบ 10 กรัม และกาวพีวีเอ 100 กรัม ซึ่งมีค่าความหนาแน่น ค่าความชื้น และการพองตัวตามความหนาแน่น ผ่านมาตรฐานอุตสาหกรรมแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง มอก.966-2547 และมีค่าความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้ามีค่ามากที่สุด มาประดิษฐ์ผลิตภัณฑ์ต้นแบบ ได้แก่ ที่วางโทรศัพท์มือถือและกล่องใส่ของอเนกประสงค์ ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม และเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับธูปฤาษีและวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร

ข้อเสนอแนะ

การวิจัยเรื่องการผลิตวัสดุทดแทนไม้อัดจากธูปฤาษีผสมวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรควรทำการศึกษาแผ่นไม้อัดจากธูปฤาษีจากวัสดุเหลือใช้ทางธรรมชาติประเภทอื่น ๆ และปรับปรุงคุณสมบัติด้านค่าความต้านทาน

แรงดึงดูดจากกับผิวหน้าให้มีค่าสูงขึ้นตามเกณฑ์มาตรฐาน มอก.966-2547 รวมถึงทำการศึกษาอัตราส่วนผสมของวัตถุดิบในอัตราส่วนอื่น ๆ เพื่อให้ได้ข้อมูลของอัตราส่วนผสมของรูปถาชี ฟางข้าว และแกลบ ที่ช่วยให้คุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ดีขึ้น ในการประดิษฐ์ผลิตภัณฑ์ต้นแบบจากอัตราส่วนที่เหมาะสมของงานวิจัยเป็นผลิตภัณฑ์ขนาดเล็ก ดังนั้นในการศึกษาขั้นต่อไปควรทดลองประดิษฐ์ผลิตภัณฑ์เฟอร์นิเจอร์ขนาดใหญ่

กิตติกรรมประกาศ

ทุนสนับสนุนงานวิจัยเรื่องการผลิตวัสดุทดแทนไม้อัดจากรูปถาชีผสมวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏธนบุรี สัญญาเลขที่ 38/2564

เอกสารอ้างอิง

กองวิจัยและพัฒนางานส่งเสริมการเกษตร. (2563). สรุปผลการดำเนินงานโครงการรวมพลังสร้างมูลค่าจากไร่นาสู่สิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืน กิจกรรมเฉลิมพระเกียรติ เนื่องในโอกาสมหามงคลพระราชพิธีบรมราชาภิเษก กรมส่งเสริมการเกษตร. กรมส่งเสริมการเกษตร.

จารุณี เข้มพิลา, ชญานิศ นามไพร, และอลิษา แก้วใส. (2562). การผลิตไม้อัดจากตระไคร้และฟางข้าว.

วารสารวิชาการปทุมวัน, 9(24), 1-15.

ณัชชกรณณ์ จรรย์จารพัฒน์, และสาลินี อาจารีย์. (2561). การผลิตแผ่นขึ้นไม้อัดจากเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร. วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 28(2), 469-476.

ทศพร โพธิ์เนียม. (2559). การผลิตแผ่นขึ้นไม้อัดจากต้นรูปถาชีและการประยุกต์ใช้สำหรับงานประดิษฐ์. วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.

ไมมูน อินตัน, มัรณิ เล็ง, อาฟิซา คามิ, อุดุลย์สมาน สุขแก้ว, และดาริกา จาเอาะ. (2560). อัตราส่วนที่เหมาะสมในการผลิตแผ่นฟางอัดจากเส้นใยฟางข้าว. การประชุมราชภัฏวิชาการ 2560: รายงานการนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติด้านวิทยาศาสตร์ และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช (น. 383-387), นครศรีธรรมราช: มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช.

สุวัชร ศรีสังข์. (2560). ศูนย์เรียนรู้วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร. วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยศรีปทุม.

สมคน เกียรติทอง, ศุภลักษณ์ ใจเรือง, วิวัฒน์ คลังวิจิตร. (2565). การศึกษาคุณสมบัติเชิงกลของแผ่นซีเมนต์บอร์ดผสมเส้นใยพืชเพื่อใช้เป็นวัสดุก่อสร้างผนังอาคาร. วารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์, 17(3), 113-125.

สำนักวิจัยการจัดการป่าไม้และผลผลิตป่าไม้. (2548). ไม้เนื้อแข็งของประเทศไทย. กรมป่าไม้.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. (2547). แผ่นใยอัดความหนาแน่นปานกลาง มอก.966-2547. ประกาศในราชกิจจานุเบกษา ฉบับประกาศทั่วไป. เล่มที่ 121 ตอนที่ 63ง, วันที่ 5 สิงหาคม 2547.

สำนักงานหอพรรณไม้. (2559). รูปถาชี. สืบค้นจาก <https://www.dnp.go.th/Botany/detail.aspx?words=group>.

Ramaraj, B. (2007). Crosslinked poly (vinyl alcohol) and starch composite films: physicochemical, thermal properties and swelling studies. *Journal of Polymer Science*, 103, 909-916.