

การศึกษาความเป็นไปได้ในการขึ้นรูปวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรด้วยเส้นใยจากเห็ด

Feasibility Study of Agricultural Wastes Forming by Mushroom Mycelium

เชษฐาบัณฑิต แก้วมณี¹⁾ ชาญณรงค์ อัสวาทศานุภาพ²⁾ และ มาลี สันติกุณาภรณ์^{1),*}

Chedsadabandit Kaewmanee¹⁾ Channarong Asavatesanupap²⁾ and Malee Santikunaporn^{1),*}

¹⁾สาขาเทคโนโลยีการจัดการพลังงานและสิ่งแวดล้อม ภาควิชาวิศวกรรมเคมี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ จังหวัดปทุมธานี 12120

²⁾ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ จังหวัดปทุมธานี 12120

บทคัดย่อ

แกลบและขุยมะพร้าวเป็นวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรที่มีจำนวนมากและพบเห็นได้ทั่วไป กากจีบั้งคือของเหลือทิ้งจากกระบวนการผลิตน้ำยางข้น ปัจจุบันมีการนำวัสดุเหลือทิ้งดังกล่าวกลับมาใช้ประโยชน์เพื่อลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม สำหรับงานวิจัยนี้ได้นำแกลบและขุยมะพร้าวมาขึ้นรูปด้วยเชื้อเห็ดนางฟ้า พร้อมทั้งเติมกากจีบั้งซึ่งมีสารอาหารพวกฟอสฟอรัส ไนโตรเจนและแมกนีเซียมเพื่อให้เหมาะกับการนำไปประยุกต์ใช้เป็นภาชนะเพาะปลูก ตัวแปรที่ศึกษาคือ อัตราส่วนโดยมวลของวัสดุหลักต่อกากจีบั้งต่อเชื้อเห็ดที่แตกต่างกัน 4 ค่า ซึ่งคือ 50:0:50 50:10:40 50:20:30 และ 50:30:20 ซึ่งงานที่ได้ถูกประเมินความชื้น ความสามารถในการอุ้มน้ำ และความคงทน นอกจากนี้ยังทำการประเมินผลในรูปแบบการนำไปใช้งาน เช่น ผลต่อการเติบโตของพืช และการเปลี่ยนแปลงของชิ้นงาน เมื่อทิ้งไว้ในสภาวะแวดล้อมตามธรรมชาติ ผลการศึกษาพบว่า ชิ้นงานที่เตรียมจากขุยมะพร้าวมีค่าความชื้นเฉลี่ย อยู่ในช่วง 45-57% ความสามารถในการอุ้มน้ำอยู่ในช่วง 85-221% และการคงรูปดีกว่าชิ้นงานที่เตรียมจากแกลบ เมื่อเพิ่มปริมาณเชื้อเห็ดส่งผลให้การคงรูปของชิ้นงานสูงขึ้น กากจีบั้งไม่มีผลต่อการเติบโตของถั่วงอก และไม่มีเชื้อราเกิดขึ้นเมื่อชิ้นงานถูกนำไปใช้งาน ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า การขึ้นรูปขุยมะพร้าวหรือแกลบด้วยเชื้อเห็ดสามารถนำมาใช้เป็นภาชนะเพาะปลูกได้ โดยวัสดุดังกล่าวสามารถย่อยสลายได้เองตามธรรมชาติ

Abstract

Rice husk and coconut coir fiber are agricultural wastes which are abundant in nature. Latex waste sludge are waste from the production of concentrated latex. Currently, these wastes are being recycled to reduce the adverse environmental impact. The aim of this study is to investigate the feasibility of using the mixture of rice husk or coconut coir fiber combined with mushroom mycelium as an alternative material to make agricultural products such as planting containers. The waste latex sludge containing nutrients of phosphorus, nitrogen and magnesium is added in the mixture to be suitable for application as planting containers. The specimens are made at 4 various ratios of the mass of the material to the latex waste sludge to the mushroom (50:0:50, 50:10:40, 50:20:30 and 50:30:20). The moisture content, water holding capacity, and stability of specimens are examined. In addition, the evaluation is conducted in the form

of implementation such as plant growth result and change in specimen when left in the natural environment. The study result found that the prepared specimen from coconut coir fiber has better average moisture content values ranging from 45-57%, water holding capacity values ranging from 85-221%, and shape formulation than specimen prepared from rice husk. When increasing the amount of mushroom resulted in higher specimen stability. Latex waste sludge does not affect bean sprouts growth, and no mold occurs when the specimen is used. In conclusion, the forming coconut coir fiber or rice husk by mushroom mycelium can be used as a planting container which such materials can decompose naturally.

Keyword: Agricultural materials, Mushroom, Waste latex sludge, Moisture Content

1. บทนำ

ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรมถึงอุตสาหกรรม มีอุตสาหกรรมแปรรูปต่างๆ เช่น การผลิตแอลกอฮอล์จากมันสำปะหลัง เครื่องเฟอร์นิเจอร์จากต้นยางพารา ทำให้เกิดอุตสาหกรรมต่อเนื่องหลายชนิด วัสดุเหลือทิ้งจากอุตสาหกรรมถูกแบ่งเป็น 2 ประเภท คือ 1) ของเหลือทิ้งที่เป็นวัสดุเกษตร เช่น ชังข้าวโพด ยอดอ้อย ฟางข้าว เปลือกผลไม้ เป็นต้น และ 2) ของเหลือทิ้งจากอุตสาหกรรม โรงงานในประเทศไทยเป็นโรงงานที่ใช้วัตถุดิบจากภาคการเกษตรในการผลิตเพื่อแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ เช่น โรงงานผลิตสุราและแอลกอฮอล์ โรงงานผลิตอาหาร เป็นต้น ดังนั้นจึงมีของเสียปล่อยทิ้งซึ่งอยู่ในรูปของแข็งและของเหลวจากวัตถุดิบเกษตร ของเสียเหล่านี้ยังมีปริมาณสารอินทรีย์อยู่มากและก่อให้เกิดปัญหาต่อสิ่งแวดล้อมตามมา [1] นอกจากนี้กรรมวิธีขี้วัวและคณะ [2] กล่าวว่าประเทศไทยส่งออกน้ำยางชั้นสู่ตลาดโลกเป็นอันดับ 1 กระบวนการผลิตน้ำยางชั้นต้องตกตะกอนแมกนีเซียมออกจากน้ำยางธรรมชาติ ทำให้เกิดของเหลือทิ้งเรียกว่า “กากขี้แปะง” ประมาณ 8 ล้านตันต่อปี กากขี้แปะงจึงเป็นของทิ้งจากกระบวนการผลิตน้ำยางชั้น ที่ก่อให้เกิดปัญหาเรื่องกลิ่น ปัญหามลพิษด้านต่างๆ ดังนั้น

หากไม่มีวิธีการจัดการของเสียจากอุตสาหกรรมเกษตรและวัสดุเหลือใช้จากการเกษตรที่ถูกต้องแล้วย่อมส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและสุขภาพของมนุษย์ อีกทั้งอาจจะมีปัญหาอื่นๆ ตามมาอีกมากมาย

เนื่องด้วยของเสียจากอุตสาหกรรมเกษตรและวัสดุเหลือใช้จากการเกษตรบางประเภทยังมีคุณค่าทางเศรษฐกิจอยู่ หากจะนำของเสียดังกล่าวกลับมาใช้ประโยชน์จำเป็นต้องพิจารณาอย่างเป็นระบบ มีวิธีการขั้นตอนการจัดการที่ถูกต้อง สุรพิชญ [3] พัฒนาสารที่มีชื่อว่า GRASS 3 โดยการแยกเอาเนื้อเยื่อออกจากกากขี้แปะงได้ 20-30% และแยกเอาสารอินทรีย์ได้ 60-70% โดยพบว่าสามารถลดมลพิษซึ่งเกิดจากตะกอนของกากขี้แปะงได้ ส่วนสารอินทรีย์ มีฟอสฟอรัส โพแทสเซียมและไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบสามารถนำไปใช้เป็นปุ๋ย และปรับปรุงเพื่อผลิตเป็นเซรามิกส์ ขณะที่คูลยาและคณะ [4] ศึกษาการพัฒนาผลิตภัณฑ์อิฐดินเผาหน้าหนักเบาจากกากขี้แปะงยางพาราเชิงพาณิชย์ พบว่าความหนาแน่นของอิฐดินเผาที่มีกากขี้แปะงเป็นส่วนผสมในอัตราส่วนที่เพิ่มขึ้นจะมีค่าลดลง และค่าการดูดซึมน้ำของอิฐเพิ่มขึ้น เมื่อปริมาณกากขี้แปะงเพิ่มขึ้น

การพัฒนาวัสดุทางการเกษตรเหลือใช้เพื่อเป็นฉนวนกันความร้อนยังเป็นประเด็นที่ได้รับความสนใจอย่างมาก ธนัญชัย และคณะ [5] นำแผ่นกันความร้อนที่ทำจากต้นมันสำปะหลังซึ่งมีความหนาแน่น 800 kg/m^3 หนา 10 mm มาใช้ทำผนังภายในอาคารแทนไม้อัด และพบว่าสามารถช่วยลดความร้อนเข้าสู่อาคารได้ดีกว่าไม้อัด 3.03 องศาเซลเซียส อีกทั้งยังมีต้นทุนถูกกว่า Xiao-yan Zhou และคณะ [6] ศึกษาวัสดุฉนวนกันความร้อนจากเส้นใยก้านฝ้ายซึ่งมีความหนาแน่นที่ $150\text{--}450 \text{ kg/m}^3$ และมีค่าการนำความร้อนอยู่ระหว่าง $0.0585\text{--}0.0815 \text{ W/m}\cdot\text{K}$ ซึ่งเทียบเท่ากับฉนวนกันความร้อนที่ได้จากวัสดุอื่น

จากผลกระทบที่เกิดต่อสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะภาคเกษตรกรรมซึ่งการปลูกต้นกล้า จำเป็นต้องใช้ถุงพลาสติกจำนวนมากเป็นภาชนะ ดังนั้นหากสามารถเปลี่ยนเป็นวัสดุทางธรรมชาติที่สามารถย่อยสลายได้เองจะช่วยลดปัญหาดังกล่าวได้

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงศึกษาการนำวัสดุเหลือทิ้งจากการเกษตรมาศึกษาคุณสมบัติต่างๆ เพื่อพัฒนาเป็นฉนวน (ภาชนะเพาะปลูก) ด้วยเส้นใยจากเห็ด แกลบและขุยมะพร้าวเป็นวัตถุดิบหลัก นอกจากนี้มีการนำกากขี้แป้งซึ่งยังมีแร่ธาตุที่เป็นประโยชน์ต่อการเพาะปลูกมาใช้ร่วมด้วย นอกจากภาชนะเพาะปลูกแล้ว ฉนวนดังกล่าวยังสามารถพัฒนาต่อยอดเพื่อใช้ทดแทนผลิตภัณฑ์อื่นได้โดยคุณสมบัติเด่นของฉนวนคือสามารถย่อยสลายได้เองตามธรรมชาติ

2. วัตถุดิบและวิธีการ

2.1 วัตถุดิบ

วัตถุดิบหลักที่ใช้คือ แกลบและขุยมะพร้าวซึ่งเป็นวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร กากขี้แป้งซึ่งเป็นของเหลือทิ้งจากโรงงานน้ำตาลพาราซัน จ.ยะลา โดยใช้เชื้อเห็ดคนางฟ้า (ชื่อสามัญ: Sarjor-caju Mushroom และชื่อวิทยาศาสตร์: *Pleurotus sajor-caju* (Fr.) Sing.) ซึ่งเป็นตัวประสานในการขึ้นรูปชิ้นงาน ดังแสดงในรูปที่ 1



(ก) แกลบ



(ข) ขุยมะพร้าว



(ค) กากขี้แป้ง



(ง) เชื้อเห็ด

รูปที่ 1 วัตถุดิบ

ตารางที่ 1 อัตราส่วน โดยมวลของวัตถุดิบในการเตรียมชิ้นงาน

อัตราส่วน ที่	แกลบ ขุยมะพร้าว	กากขี้แป้ง	เชื้อเห็ด
1	50	0	50
2	50	10	40
3	50	20	30
4	50	30	20

2.2 วิธีการ

2.2.1 การขึ้นรูปชิ้นงาน

แกลบ ขุยมะพร้าวและกากซีเมนต์ที่บดให้นำมาตากแดดให้แห้งก่อนนำไปใช้งาน หลังจากนั้นนำกากซีเมนต์มาบดด้วยเครื่องบดให้ละเอียดก่อนการผสมตามอัตราส่วนโดยมวลที่ต้องการ ดังแสดงในตารางที่ 1

นำส่วนผสมดังกล่าวไปมาเชื่อมด้วยเครื่องนึ่งความดันสูงที่ 121 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที จากนั้นนำมาเติมเชื้อเห็ดนางฟ้าตามอัตราส่วนโดยมวลที่แตกต่างกัน 4 ค่า แล้วนำไปขึ้นรูปในภาชนะรูปทรงต่างๆ โดยภาชนะดังกล่าวต้องผ่านการทำความสะอาดด้วยแอลกอฮอล์ความเข้มข้น 70 เปอร์เซ็นต์ จากนั้นปิดฝาชิ้นงานเพื่อป้องกันสิ่งแปลกปลอม เก็บชิ้นงานไว้ในที่มีอุณหภูมิ 2-4 องศาเซลเซียส จนกระทั่งชิ้นงานเปลี่ยนเป็นสีขาวทั้งหมดซึ่งแสดงว่าเชื้อเห็ดเจริญเติบโตจนสิ้นอายุประสาณกันดี หลังจากนั้นอบไล่ความชื้นในชิ้นงานด้วยตู้อบที่อุณหภูมิเฉลี่ยที่ 110 องศาเซลเซียส นาน 4 ชั่วโมง เพื่อหยุดการเจริญเติบโตของเชื้อ ดังแสดงในรูปที่ 2



รูปที่ 2 ขั้นตอนการขึ้นรูปชิ้นงาน

ชิ้นงานที่เตรียมได้ถูกนำไปศึกษาสมบัติต่างๆ รวมทั้งการประเมินผลเมื่อนำไปใช้งานเป็นภาชนะเพาะปลูก รูปที่ 3 แสดงตัวอย่างของชิ้นงานที่เตรียมจากแกลบและขุยมะพร้าวที่อัตราส่วน 50:0:50 และ 50:10:40



(ก) ชิ้นงานที่เตรียมจากแกลบ



(ข) ชิ้นงานที่เตรียมจากขุยมะพร้าว

รูปที่ 3 ตัวอย่างชิ้นงาน

2.2.2 การหาค่าความชื้นของชิ้นงาน

ชั่งน้ำหนักชิ้นงานก่อนและหลังการอบที่อุณหภูมิเฉลี่ย 110 องศาเซลเซียส นาน 4 ชั่วโมง และนำมาคำนวณค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้น ตามสมการที่ (1)

$$MC, \% = \frac{(m_1 - m_2)}{m_1} \times 100 \quad (1)$$

เมื่อ MC คือ ความชื้นในชิ้นงาน (เปอร์เซ็นต์)

m_1 คือ มวลก่อนการอบแห้ง (กรัม)

m_2 คือ มวลหลังการอบแห้ง (กรัม)

2.2.3 การอุ้มน้ำของชิ้นงาน

นำชิ้นงานมาแช่น้ำปริมาตร 800 มิลลิลิตร สังเกตการเปลี่ยนแปลงทุกๆ 15 นาที ครบ 1 ชั่วโมง นำชิ้นงานขึ้นมาเพื่อทดสอบประสิทธิภาพการอุ้มน้ำ โดยหาปริมาณน้ำที่ไหลออกจากชิ้นงานและชั่งน้ำหนักของชิ้นงานเมื่อผ่านไป 30 และ 90 นาที เพื่อเทียบกับน้ำหนักของชิ้นงานแห้ง

2.2.4 ทดสอบความแข็งแรงของชิ้นงาน

นำชิ้นงานมาปล่อยที่ความสูงแตกต่างกัน 4 ระดับ ซึ่งคือ 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 เมตร สังเกตการเปลี่ยนแปลงของชิ้นงานที่เกิดขึ้นเพื่อศึกษาถึงการทนต่อแรงกระแทก

2.2.5 การเปลี่ยนแปลงของชิ้นงานเมื่อทิ้งไว้ในสถานะแวดล้อมตามธรรมชาติ

นำชิ้นงานที่ชุบด้วยน้ำวางไว้บริเวณด้านนอกอาคาร สังเกตการเปลี่ยนแปลงของชิ้นงานเมื่อผ่านไป 45 วัน

2.2.6 ผลของกากซีเมนต์ต่ออัตราการเจริญเติบโตของถั่วงอก

การเพาะเมล็ดถั่วงอกใช้เป็นตัวอย่งในการศึกษาการเติบโตของพืช เนื่องจากถั่วงอกเจริญเติบโตเร็ว ระยะเวลาเก็บเกี่ยวสั้นไม่เกิน 10 วัน การศึกษาเริ่มจากการใส่เมล็ดถั่วงอกจำนวน 5 เม็ดลงในชิ้นงาน รดน้ำให้พอชุ่มวันละ 2 ครั้ง วัดความสูงเพื่อบันทึกการเจริญเติบโตของถั่วงอกเป็นเวลา 7 วัน

3. ผลการวิจัยและอภิปรายผล

3.1 สมบัติทางกายภาพของชิ้นงาน

จากการขึ้นรูปชิ้นงานที่อัตราส่วนโดยมวลของวัสดุหลัก:กากซีเมนต์:เชื้อเห็ดที่แตกต่างกัน 4 อัตราส่วน พบว่าเมื่อนำชิ้นงานแต่ละอัตราส่วนไปเก็บไว้ในที่มีคนาน 1 สัปดาห์ ชิ้นงานเริ่มมีเส้นใยเห็ดซึ่งเป็นสีขาวขึ้นปกคลุมชิ้นงานบางส่วน แต่เมื่อทิ้งไว้วันาน 3-4 สัปดาห์ ชิ้นงานเปลี่ยนเป็นสีขาวทั่วทั้งชิ้นงาน โดยเฉพาะชิ้นงานที่มีอัตราส่วน 50:0:50 มีเส้นใยเห็ดปกคลุมมากที่สุด ชิ้นงานที่เตรียมจากแกลบ ที่อัตราส่วน 50:30:20 และ 50:20:30 มีเส้นใยปกคลุม แต่ยังไม่ทนต่อแรงกระแทก ดังนั้นแสดงให้เห็นว่าปริมาณเชื้อเห็ดส่งผลต่อการขึ้นรูปของชิ้นงาน จากตารางที่ 2 เปอร์เซนต์ค่าความชื้นเฉลี่ยของชิ้นงานได้จากการคำนวณค่าความชื้นของชิ้นงานจำนวน 5 ชิ้นจากสมการที่ (1) แล้วหาค่าเฉลี่ยในแต่ละอัตราส่วน พบว่าเปอร์เซนต์ค่าความชื้นเฉลี่ยของชิ้นงานที่เตรียมจากขุยมะพร้าวมีค่าสูงกว่าความชื้นเฉลี่ยของชิ้นงานที่เตรียมจากแกลบในทุกอัตราส่วนโดยมวล ปริมาณความชื้นเฉลี่ยของชิ้นงานที่เตรียมจากแกลบมีค่าอยู่ในช่วง 24-37% ในขณะที่ปริมาณความชื้นเฉลี่ยของชิ้นงานที่เตรียมจากขุยมะพร้าวมีค่าอยู่ในช่วง 45-57% เนื่องจากแกลบเป็นวัสดุที่ไม่อุ้มน้ำ เมื่อเทียบกับขุยมะพร้าว นอกจากนี้ปริมาณกากซีเมนต์ไม่ส่งผลต่อต่อความชื้นของชิ้นงาน

ตารางที่ 2 เปอร์เซนต์ค่าความชื้นเฉลี่ยของชิ้นงาน

อัตราส่วน	วัสดุหลัก	
	แกลบ	ขุยมะพร้าว
50:0:50	34.58±0.01	51.11±0.01
50:10:40	36.50±0.01	56.83±0.07
50:20:30	31.60±0.01	45.99±0.02
50:30:20	24.47±0.02	50.67±0.10

ตารางที่ 3 การเปลี่ยนแปลงของชิ้นงานเมื่อถูกนำไปแช่น้ำและความสามารถในการอุ้มน้ำที่เวลาต่างๆ

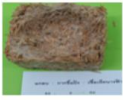

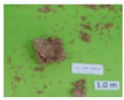





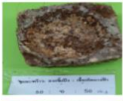











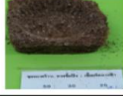


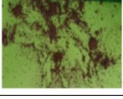
วัตถุประสงค์หลัก	อัตราส่วน	การเปลี่ยนแปลงของชิ้นงาน เมื่อแช่น้ำ				การอุ้มน้ำ; %	
		15 นาที	30 นาที	45 นาที	60 นาที	30 นาที	90 นาที
แกลบ	50:0:50	ไม่เปลี่ยนแปลง				44.73	32.50
	50:10:40	ไม่เปลี่ยนแปลง				46.36	41.24
	50:20:30	มีวัสดุหลุดออกเล็กน้อย แต่ยังคงรูปชิ้นงาน				240.28	205.66
	50:30:20	มีวัสดุหลุดออกมาก แต่ยังคงรูปชิ้นงาน		ไม่สามารถคงรูปได้		210.76	177.34
ขุยมะพร้าว	50:0:50	ไม่เปลี่ยนแปลง				106.69	98.92
	50:10:40	ไม่เปลี่ยนแปลง				94.06	85.60
	50:20:30	ไม่เปลี่ยนแปลง				122.53	117.63
	50:30:20	มีวัสดุหลุดออก ชิ้นงานยังคงรูป	มีวัสดุหลุดออกมากและ ไม่สามารถคงรูปได้		วัสดุหลุดออกหมด	220.17	218.74

จากตารางที่ 3 แสดงการเปลี่ยนแปลงของชิ้นงานที่ถูกนำมาแช่น้ำ 800 มิลลิลิตร นาน 1 ชั่วโมง ชิ้นงานที่เตรียมขึ้นจากขุยมะพร้าวมีความคงรูปได้ดีกว่าชิ้นงานที่เตรียมจากแกลบที่อัตราส่วนเดียวกัน ทั้งนี้เนื่องจากแกลบมีความแข็งและมีขนาดค่อนข้างใหญ่ ทำให้เมื่อเชื้อเห็ดเจริญเติบโตไม่สามารถแทรกเข้าไปภายในได้ นอกจากนี้ชิ้นงานที่มีส่วนผสมของเชื้อเห็ดที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้ความสามารถในการคงรูปของชิ้นงานดีขึ้น ซึ่งเห็นได้จากชิ้นงานไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงใดๆ เมื่อแช่น้ำครบ 1 ชั่วโมงของทั้งชิ้นงานที่เตรียมจากแกลบและขุยมะพร้าว ทั้งนี้เนื่องจากเมื่อเชื้อเห็ดมีปริมาณมากขึ้น เส้นใยที่ผลิตได้มากขึ้นกว่าชิ้นงานที่มีเชื้อเห็ดในปริมาณน้อยที่เวลาเท่ากัน เมื่อทดสอบความสามารถในการอุ้มน้ำของชิ้นงานเมื่อเวลาผ่านไป 30 และ 90 นาที พบว่า ชิ้นงานที่เตรียมจากแกลบมีความสามารถในการอุ้มน้ำได้ต่ำกว่าชิ้นงานที่

เตรียมจากขุยมะพร้าว นอกจากนี้เมื่อเพิ่มปริมาณกากชีเบียง ความสามารถในการอุ้มน้ำมีมากขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากกากชีเบียงสามารถอุ้มน้ำได้เป็นอย่างดี ซึ่งจะเห็นได้จากที่อัตราส่วน 50:0:50 ชิ้นงานที่เตรียมจากขุยมะพร้าวสามารถอุ้มน้ำได้ 106.69% และ 98.92% เมื่อเวลาผ่านไป 30 และ 90 นาที แต่ที่อัตราส่วน 50:30:20 ชิ้นงานสามารถอุ้มน้ำได้สูงถึง 220.17% และ 218.74% เมื่อเวลาผ่านไป 30 และ 90 นาที ตามลำดับ

จากการทดสอบปล่อยชิ้นงานจากความสูงที่แตกต่างกัน 4 ระดับ คือ 0.5 1.0 และ 2.0 เมตร ลักษณะของชิ้นงานที่เกิดขึ้นถูกแสดงในตารางที่ 4 เนื่องจากชิ้นงานที่เตรียมจากแกลบมีความแข็งแรงน้อยกว่าชิ้นงานที่เตรียมจากขุยมะพร้าว โดยเฉพาะที่อัตราส่วน 50:20:30 และ 50:30:20 ดังนั้นชิ้นงานดังกล่าวจึงไม่ถูกนำมาทดสอบ

ตารางที่ 4 ลักษณะของชิ้นงาน เมื่อปล่อยจากระดับความสูงต่างๆ

วัสดุดิบหลัก	อัตราส่วน วัสดุดิบหลัก:กากซีเมนต์:เชื้อเห็ด	ชิ้นงานก่อน ทดสอบ	การเปลี่ยนแปลงของชิ้นงาน เมื่อปล่อยจากที่สูง			สัดส่วนชิ้นงานที่ หลุดไป ที่ระยะ 2.0 เมตร
			0.5 เมตร	1.0 เมตร	2.0 เมตร	
แกลบ	50:0:50					70.29%
	50:10:40					70.36%
ขุยมะพร้าว	50:0:50					31.89%
	50:10:40					35.13%
	50:20:30					64.43%
	50:30:20					94.32%



(ก) ชิ้นงานที่ 1



(ข) ชิ้นงานที่ 2

รูปที่ 4 ลักษณะของชิ้นงาน เมื่อถูกนำไปวางด้านนอกอาคารนาน 45 วัน

เมื่อชิ้นงานถูกปล่อยให้ตกจากที่ระดับความสูงต่างๆ พบว่า ชิ้นงานที่เตรียมจากแกลบเกิดการแตกหักง่ายกว่าชิ้นงานที่เตรียมจากขุยมะพร้าวที่อัตราส่วนและระดับความสูงเดียวกัน ที่ความสูง 2.0 เมตร ชิ้นงานที่เตรียมจากแกลบในอัตราส่วน 50:0:50 และ 50:10:40 มีสัดส่วนของวัสดุที่หลุดออกไปคิดเป็นร้อยละ 70.29 และ 70.36 ตามลำดับ ในขณะที่ชิ้นงานที่เตรียมจากขุยมะพร้าวในอัตราส่วน 50:0:50 และ 50:10:40 มีสัดส่วนของชิ้นงานที่หลุดออกไปเพียงร้อยละ 31.89 และ 35.13 ตามลำดับ แต่ที่อัตราส่วน 50:20:30 และ 50:40:10 สัดส่วนของชิ้นงานที่หลุดไปมีค่าเพิ่มขึ้นซึ่งคิดเป็นร้อยละ 64.43 และ 94.32 ตามลำดับ ดังนั้นชิ้นงานที่เตรียมจากขุยมะพร้าวที่อัตราส่วนผสมของปริมาณเชื้อเห็ดเพิ่มมากขึ้นส่งผลให้ชิ้นงานสามารถคงรูปได้ดียิ่งขึ้น เนื่องจากลักษณะของชิ้นงานเกิดความเสียหายน้อยกว่า เมื่อนำชิ้นงานไปวางด้านนอกอาคาร เพื่อให้อยู่ในสภาพแวดล้อมตามธรรมชาติ ซึ่งเป็น

ตารางที่ 5 ความสูงเฉลี่ยของถั่วงอกที่ปลูกในชั้นงาน

วัตถุดิบหลัก	อัตราส่วน	ความสูงเฉลี่ยของถั่วงอก (เซนติเมตร)						
		วันที่ 1	วันที่ 2	วันที่ 3	วันที่ 4	วันที่ 5	วันที่ 6	วันที่ 7
แกลบ	50:0:50	0	0.2	0.5	0.9	2.3	3.9	5.7
	50:10:40	0	0.1	0.4	0.6	1.1	1.9	2.7
ขุยมะพร้าว	50:0:50	0	0.2	0.3	0.4	0.9	1.1	1.8
	50:10:40	0	0.3	0.5	1	2.3	3.9	6.5
	50:20:30	0	0.1	0.3	0.5	0.8	1.1	1.4
	50:30:20	0	0.1	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2

การจำลองสภาพการนำไปใช้งานจริงนาน 45 วัน ผลปรากฏว่าชั้นงานไม่เกิดเชื้อรา ดังแสดงในรูปที่ 4 จึงอาจยืนยันว่าชั้นงานไม่เป็นมลพิษต่อสิ่งแวดล้อมสามารถนำไปใช้งานได้

3.2 ผลของกากขี้เียงต่ออัตราการเจริญเติบโตของถั่วงอก

กากขี้เียงซึ่งเป็นของเสียที่กำจัดยาก แต่พบว่ากากขี้เียงยังมีธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโปแตสเซียม ซึ่งถือเป็นอาหารที่สำคัญของพืช [7] ดังนั้นกากขี้เียงจึงถูกนำมาใช้เป็นส่วนผสมในการขึ้นรูปเป็นภาชนะเพาะปลูก

ในการศึกษาผลของกากขี้เียงต่อการเติบโตของพืช โดยเลือกใช้ถั่วงอก เนื่องจากมีระยะเวลาเก็บเกี่ยวสั้น ประมาณ 10 วัน จากตารางที่ 5 แสดงข้อมูลความสูงของถั่วงอกที่เพาะในภาชนะที่เตรียมขึ้น พบว่าเมื่อชั้นงานที่มีส่วนผสมของกากขี้เียงเพิ่มขึ้น ความสูงเฉลี่ยของถั่วงอกเปลี่ยนแปลงแบบไม่มีนัยสำคัญ ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า กากขี้เียงไม่ส่งผลต่อการเติบโตของพืช ทั้งนี้เนื่องจากการเตรียมชั้นงาน ส่วนผสมต้องผ่าน

กระบวนการนึ่งฆ่าเชื้อภายใต้อุณหภูมิและความดัน จึงอาจส่งผลต่อการสลายตัวของแร่ธาตุได้

4. สรุปผลการทดลอง

เมื่อนำแกลบและขุยมะพร้าวซึ่งเป็นวัสดุเหลือทิ้งจากการเกษตรมาผสมกับกากขี้เียงซึ่งเป็นของเสียจากโรงงานและมีธาตุอาหารที่จำเป็นต่อพืชมาขึ้นรูปด้วยเส้นใยเห็ดนางฟ้าเพื่อนำมาใช้เป็นภาชนะเพาะปลูกจากการศึกษาสมบัติทางกายภาพต่างๆ พบว่าเส้นใยเห็ดสามารถนำมาใช้ในการขึ้นรูปแกลบและขุยมะพร้าวได้ โดยปริมาณความชื้น ความสามารถในการคงรูปและการอุ้มน้ำของชั้นงานที่เตรียมจากขุยมะพร้าวมีค่าสูงกว่าชั้นงานที่เตรียมจากแกลบ ปริมาณเชื้อเห็ดส่งผลโดยตรงต่อความสามารถในการคงรูปของชั้นงาน นอกจากนี้กากขี้เียงไม่ช่วยให้ถั่วงอกเติบโตเร็วขึ้น ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากกรรมวิธีในการขึ้นรูปชั้นงานที่อาจส่งผลให้กากขี้เียงเสื่อมสภาพได้ แต่ทั้งนี้พบว่าชั้นงานดังกล่าวสามารถนำมาใช้ทดแทนถุงพลาสติกที่ใช้ในการเพาะต้นกล้าได้ เนื่องจากเป็นวัสดุจากธรรมชาติที่สามารถย่อยสลายได้เองตามธรรมชาติ

5. ข้อเสนอแนะ

ผลการศึกษาสามารถใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการต่อยอดเพื่อศึกษาคุณสมบัติอื่นๆ เพิ่มเติม อีกทั้งนำไปประยุกต์ใช้ในการทำผลิตภัณฑ์ต่างๆ ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมและเพื่อลดต้นทุนการผลิตได้ในอนาคต

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณโรงงานผลิตน้ำยางชั้น จังหวัดยะลา ที่เอื้อเฟื้อกากจี้แป้งสำหรับการวิจัยในครั้งนี้

7. รายการอ้างอิง

- [1] บุญส่ง คงคาทิพย์, งามผ่อง คงคาทิพย์, ปิยนุช มงคลศรีพัฒนา, พรศักดิ์ คุณวุฒินโนธรรม, อุทัยสาชี, นิสาชล สาวสวนเจริญ. การนำของเหลือทิ้งจากอุตสาหกรรมกระดาษมาเปลี่ยนเป็นยาคุมกำเนิดและยาสเตอร์อยด์. วิทยานิพนธ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ในงานวันเกษตรแห่งชาติ ประจำปี 2540. 2540: 55-58.
- [2] ภิรมย์ขวัญ ชินวงศ์, เกริกชัย ธนรักษ์, อรวรรณ ศิริรัตน์พิริยะ. ผลของการใช้กากจี้แป้งเป็นแหล่งแมกนีเซียมเพื่อการเติบโตของปาล์มน้ำมันระยะอนุบาลหลัก. โครงการประชุมวิชาการเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา ครั้งที่ 15 มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 2557: 776-782.
- [3] สุรพิชญ ลอยกุลนันท์. นักวิจัยไทยแยกเนื้อเยื่อจากจี้แป้งสำเร็จรายแรกของโลก [อินเทอร์เน็ต]. 2555 [เข้าถึงเมื่อ 26 ก.พ.2560]. เข้าถึงได้จาก: <https://mgronline.com/science/detail/9550000088828>
- [4] คุณยา ศรีโยม, ชัยศรี สุขสาโรจน์. การพัฒนาผลิตภัณฑ์อิฐดินเผาหน้าหนักเบาจากกากจี้แป้งยางพาราเชิงพาณิชย์. วารสารมนุษยศาสตร์และ

สังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม. 2557; 6: 301-312.

- [5] ธัญชัย ปทุมวรกิจ, พันธดา พุฒิไพโรจน์, วรธรรม อุ๋นจิตติชัย, พรรณจิรา ทิศาวิภาต. ประสิทธิภาพการป้องกันความร้อนของฉนวนอาคารจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร. วารสารวิชาการคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมือง มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์. 2549;4: 3-13.
- [6] Zhou XY, Zheng F, Li HG, Lu CL. An environment-friendly thermal insulation material from cotton stalk fibers. Energy and Buildings J. 2010;42: 1070-1074.
- [7] พิศุทธิ์ ศิริพันธุ์, จิรศักดิ์ จินดาโรจน์, ทรงกลด จารุสมบัติ. กากจี้แป้งยางของเสียจากโรงงานผู้ผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมโดยการมีส่วนร่วมของชุมชน. วารสารการจัดการป่าไม้. 2557;16: 64-79.