



การพัฒนาเฟรมโดรนชีววัสดุจากคอมโพสิตผักตบชวาเชื่อมประสานด้วยไมซีเลียม
Development of Bio-Based Drone Frame from *Eichhornia crassipes* Fiber Composite
bonded with Fungal Mycelium

พงศ์ธร วิบุรพงษ์ อรรถนันทน์ ขมดี ภัทวาลัญญ์ อยู่ชูชัยมงคล

¹โรงเรียนวิทยาศาสตร์จุฬาราชวิทยาลัย ลำปาง อำเภอแม่ทะ จังหวัดลำปาง 52150

²113 อุทยานวิทยาศาสตร์ประเทศไทย ถนนพหลโยธิน ตำบลคลองหนึ่ง อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี 12120

Email: 00047Phakwalan@pcccr.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มุ่งพัฒนาและทดสอบโดรนที่ใช้เฟรมชีววัสดุคอมโพสิตจากซีเลื่อยไม้ (SD) และ ผักตบชวา (EC) โดยใช้ไมซีเลียมของ *Pleurotus ostreatus* เป็นตัวเชื่อมประสาน เพื่อใช้ทดแทนเฟรมโลหะหรือพลาสติกที่มีน้ำหนักและต้นทุนสูง ผู้วิจัยได้ศึกษาอัตราส่วนของ SD:EC ทั้งหมด 5 อัตราส่วนคือ 100:0, 70:30, 50:50, 30:70, 0:100 ต่อการเจริญเติบโตของไมซีเลียมจากผลการทดลองพบว่า อัตราส่วน SD:EC ที่ 50:50 ร่วมกับไมซีเลียมของ *P. ostreatus* ให้การยึดประสานสูงสุด จากนั้นนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 20 ชั่วโมง เพื่อให้เชื้อราไม่สามารถเจริญเติบโตได้ และนำมา ทดสอบด้วยเครื่อง Universal Testing Machine (UTM) จะได้แรงที่เฟรมโดรนสามารถรับแรงจากการทดสอบแรงดัดสามจุด เฉลี่ยได้ 99.71 N และจุดศูนย์กลางมวลเฉลี่ยได้ 92.56 N จากนั้นนำชิ้นส่วนที่ผ่านการอบมาประกอบร่วมกับระบบขับเคลื่อน และบอร์ดควบคุมการบินเพื่อทดสอบสมรรถนะการบินจริง จากการทดสอบบินจริงพบว่า โดรนชีววัสดุนี้สามารถยกตัวขึ้นบิน ลอยตัวนิ่ง

คำสำคัญ: วัสดุคอมโพสิต, ไมซีเลียม, เฟรมโดรน, ผักตบชวา

1. บทนำ

ในปัจจุบันเฟรมของโดรนเชิงพาณิชย์ทั่วไปทำจากโลหะหรือพอลิเมอร์สังเคราะห์ที่มีน้ำหนักมาก ต้นทุนสูง ซึ่งการสำรวจเชิงนิเวศในพื้นที่ เช่น อุทยานแห่งชาติ ป่าสงวน และแนวปะการัง จำเป็นต้องใช้อากาศยานไร้คนขับ (โดรน) เพื่อลดการรบกวนระบบนิเวศและลดความเสี่ยงต่อผู้ปฏิบัติงาน และหากเกิดอุบัติเหตุจะทิ้งเศษวัสดุที่ย่อยสลายยากไว้ในธรรมชาติ ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

โครงการนี้จึงมุ่งพัฒนา “เฟรมโดรนชีววัสดุ” ที่มีน้ำหนักเบา ต้นทุนเข้าถึงได้ และสามารถย่อยสลายได้เองตามธรรมชาติ โดยใช้ผักตบชวา (*Eichhornia crassipes*)

ที่เป็นวัชพืชน้ำที่พบมากในประเทศไทย ที่มีเซลลูโลส ความหนาแน่นต่ำ เหมาะต่อการพัฒนาเป็นวัสดุเสริมแรงเชิงชีวภาพ ร่วมกับซีเลื่อย และไมซีเลียมจากเห็ด เนื่องจากไมซีเลียมของเห็ดบางสกุลสามารถเจริญแทรกและยึดจับเส้นใยพืช ทำหน้าที่เป็นตัวประสานตามธรรมชาติ เกิดเป็นวัสดุคอมโพสิตเส้นใยจากพืชเชื่อมประสานไมซีเลียม ขึ้นรูปเป็นชิ้นงานได้

โครงการนี้จึงเสนอการใช้เส้นใยผักตบชวาเป็นวัสดุหลักและใช้ไมซีเลียมของ *Pleurotus ostreatus* เป็นตัวเชื่อมประสาน เพื่อสร้างคอมโพสิตที่เหมาะสมสำหรับส่วนประกอบเฟรมโดรน ผลลัพธ์ที่คาดหวัง คือ คอมโพสิตผักตบชวาเชื่อมประสานด้วยไมซีเลียม



ที่มีน้ำหนักเบา แข็งแรงเพียงพอสำหรับชิ้นส่วนเฟรม และสามารถย่อยสลายได้ ลดความเสี่ยงต่อระบบนิเวศ หากเกิดการแตกหักในสนามจริง พร้อมยกระดับวัสดุชีวภาพท้องถิ่นสู่การใช้งานที่มีมูลค่าเพิ่ม

2. วิธีดำเนินการ

2.1 ออกแบบเฟรมโครงชีวะวัสดุและเตรียมแม่พิมพ์เฟรมโครงชีวะวัสดุ

ออกแบบเฟรมโครงด้วยวิธีการร่างภาพบนกระดาษ A4 โดยมีความยาว 11 เซนติเมตร กว้าง 7.5 เซนติเมตร หน้า 1 เซนติเมตร

2.2 การผลิตเฟรมโครงชีวะวัสดุ

นำผักตบชวาปั่นในเครื่องปั่น และผสมซีลี้อยู่ตามอัตราส่วนผักตบชวาต่อซีลี้อยู่ 100:0 50:50 30:70 70:30 และ 0:100 เตรียมวัสดุคอมโพสิตโดยนำผักตบชวาผสมซีลี้อยู่ไปฆ่าเชื้อในเครื่องนึ่งฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 150°C เป็นระยะเวลา 2 ชั่วโมง แล้วนำมาผสมกับหัวเชื้อ *Pleurotus ostreatus* จากนั้นดูการอัตราการเจริญเติบโตของโคโลนีและการเดินเส้นใย เมื่อได้อัตราส่วนที่ดีที่สุดจึงนำวัสดุคอมโพสิตที่ได้ใส่ในพิมพ์เฟรมโครงเพื่อขึ้นรูปแล้วบ่มในกล่องปิดทึบที่มีปีกเกอร์ใส่น้ำที่ผ่านการนึ่งฆ่าเชื้อปริมาตร 100 mL เพื่อเพิ่มความชื้นเป็นระยะเวลา 7 - 14 วัน นำวัสดุคอมโพสิตที่ขึ้นรูปออกมาจากแม่พิมพ์และนำเฟรมโครงอบในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 80°C เป็นระยะเวลา 20 ชั่วโมง เพื่อให้เชื้อตายและไม่สามารถเจริญเติบโตได้

2.3 วัดอัตราการเจริญเติบโตโคโลนีของเชื้อ

นำวัสดุคอมโพสิตในอัตราส่วนที่แตกต่างกันมาเปรียบเทียบอัตราการเจริญเติบโตโคโลนี โดยวัดการกระจายตัวของไมซีเลียมบนผิวหน้าวัสดุคอมโพสิตในแนวราบเป็นระยะเวลา 7 วัน บันทึกผลเป็นหน่วยเซนติเมตรต่อวัน (cm/day)

2.4 ทดสอบคุณสมบัติเชิงกลของวัสดุ

นำวัสดุคอมโพสิตที่ได้หลังจากการอบลมร้อนมาทดสอบสมบัติเชิงกล คือ การทดสอบแรงดัดสามจุด เพื่อประเมินความสามารถในการรับแรงก่อนเกิด

การแตกหักหรือเสียรูปอย่างถาวร และการทดสอบจุดศูนย์กลางมวล เพื่อวิเคราะห์ความสมดุลและเสถียรภาพของวัสดุคอมโพสิต ทำให้ทราบจุดศูนย์กลางมวล ช่วยในการกระจายน้ำหนักเพื่อให้ควบคุมและสามารถขับเคลื่อนได้อย่างปลอดภัย โดยใช้เครื่อง Universal Testing Machine (UTM)

2.5 การทดสอบสมรรถนะการบิน

นำเฟรมโครงชีวะวัสดุคอมโพสิตผักตบชวาเชื่อมประสานด้วยไมซีเลียมที่ผ่านการปรับปรุงสภาพและการทดสอบเชิงกลแล้ว มาประกอบเข้ากับระบบขับเคลื่อนและระบบควบคุมการบิน โดยติดตั้งอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และส่วนประกอบหลัก ได้แก่ มอเตอร์ ใบพัด ชุดควบคุมการบิน ระบบจ่ายกำลังไฟฟ้า และระบบสื่อสารควบคุมไร้สาย เพื่อสำหรับการทดสอบสมรรถนะการบิน

3. ผลการทดลอง

3.1 การวัดอัตราการเจริญเติบโตโคโลนีของเชื้อ

จากการทดลองสามารถศึกษาอัตราการเจริญเติบโตโคโลนีของเชื้อ *Pleurotus ostreatus* ในอัตราส่วนผักตบชวาต่อซีลี้อยู่ 100:0 50:50 30:70 และ 70:30 พบว่าอัตราการเจริญเติบโตโคโลนีในอัตราส่วน 50:50 โดยเฉลี่ย มีการเจริญเติบโตมากที่สุดเท่ากับ 1.05 เซนติเมตรต่อวัน โดยคำนวณจากสูตร

$$R = \frac{D_{last} - D_{first}}{T}$$

R = อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ย

D_{last} = ขนาดโคโลนีในวันสุดท้าย

D_{first} = ขนาดโคโลนีในวันแรก

T = ระยะเวลาที่ใช้ในการเจริญเติบโตตั้งแต่วันที่

แรกถึงวันสุดท้าย



ตารางที่ 1 อัตราการเจริญเติบโตโคโลนีของเชื้อ

Pleurotus ostreatus

Material ratio SD : WH	Cumulative colony diameter each day (cm)							Average growth rate (cm/day)
	1	2	3	4	5	6	7	
100 : 0	0.22	0.67	0.98	1.55	2.13	3.24	4.38	0.69
70 : 30	0.36	1.10	2.14	2.68	3.76	4.12	5.63	0.88
50 : 50	0.54	1.26	2.51	3.13	4.58	5.24	6.82	1.05
30 : 70	0.28	0.93	1.21	1.78	2.56	3.70	4.72	0.74
0 : 100	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

3.2 การทดสอบคุณสมบัติของเฟรมโดน

โดยการทดสอบแรงดัดสามจุด

จากการทดลองสามารถทดสอบคุณสมบัติของเฟรมโดนชีวะวัสดุในอัตราส่วนต่างๆ โดยการทดสอบการดัดสามจุดด้วยเครื่อง Universal Testing Machine (UTM) พบว่า เฟรมโดนชีวะวัสดุในอัตราส่วน 50:50 สามารถรับแรงดัดเฉลี่ยได้สูงที่สุดเท่ากับ 99.71 N

ตารางที่ 2 การทดสอบคุณสมบัติของเฟรมโดน

โดยการทดสอบการดัดสามจุดของในอัตราส่วนต่างๆ

Material ratio WH : SD	Three-point flexural test (N)					
	1	2	3	4	5	เฉลี่ย
50 : 50	96.84	101.27	98.56	102.14	99.73	99.71

3.3 การทดสอบคุณสมบัติของเฟรมโดน

โดยการทดสอบจุดศูนย์กลางมวล

จากการทดลองสามารถทดสอบคุณสมบัติของเฟรมโดนชีวะวัสดุในอัตราส่วนต่างๆ โดยการทดสอบจุดศูนย์กลางมวลด้วยเครื่อง Universal Testing Machine (UTM) พบว่า เฟรมโดนชีวะวัสดุในอัตราส่วน 50:50 ให้ค่าแรงเฉลี่ยในการรักษามวลสูงที่สุดเท่ากับ 92.56 N

ตารางที่ 3 การทดสอบคุณสมบัติของเฟรมโดน

โดยการทดสอบจุดศูนย์กลางมวลของในอัตราส่วนต่างๆ

Material ratio WH : SD	Center of Mass test (N)					
	1	2	3	4	5	เฉลี่ย
50 : 50	89.63	93.47	91.82	95.16	92.74	92.56

4. สรุปและอภิปรายผล

4.1 อภิปรายผลการทดลอง

จากการศึกษาอัตราส่วนผักตบชวาต่อเชื้อเห็ดที่เหมาะสมในการพัฒนาเป็นเฟรมโดนชีวะวัสดุคอมโพสิต

พบว่าอัตราส่วน 50:50 เป็นอัตราส่วนที่เหมาะสมที่สุดโดยเส้นใยของเชื้อ *Pleurotus ostreatus* มีอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยสูงสุดอยู่ที่ 1.05 เซนติเมตรต่อวันเนื่องจากในอัตราส่วน 50:50 มีความสมดุลระหว่างแหล่งอาหารและโครงสร้างทางกายภาพ โดยเชื้อเห็ดทำหน้าที่เป็นแหล่งคาร์บอนและสารอาหารหลัก ขณะที่เส้นใยผักตบชวาช่วยเพิ่มช่องว่างในเนื้อวัสดุ ทำให้ออกซิเจนสามารถแพร่กระจายได้อย่างทั่วถึง ส่งผลให้กิจกรรมการสร้างเอนไซม์มาย่อยสลายสารอาหารของเส้นใยเห็ดเป็นไปได้ได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุดในทางกลับกันอัตราส่วน 100:0 ไม่มีการเจริญเติบโตของเส้นใยเนื่องจากผักตบชวาเพียงอย่างเดียวมีแหล่งคาร์บอนหรือสารอาหารหลักที่ไม่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตของเส้นใย และไม่มีแหล่งพลังงานในการกระตุ้นการสร้างเอนไซม์ของเส้นใย ส่งผลให้เชื้อไม่สามารถดูดซึมสารอาหารไปใช้ในการแบ่งเซลล์เพื่อเจริญเติบโตได้ ตารางผลการทดลองในอัตราส่วน 100:0 จึงมีค่าเป็น 0.00 เซนติเมตรต่อวัน

จากการทดสอบคุณสมบัติของเฟรมโดนโดยการทดสอบแรงดัดสามจุด พบว่าเฟรมโดนชีวะวัสดุอัตราส่วน 50:50 สามารถรับแรงดัดเฉลี่ยได้สูงที่สุดเท่ากับ 99.71 N เนื่องจากเส้นใยของผักตบชวาทำหน้าที่เป็นวัสดุเสริมแรงช่วยกระจายและรับแรงดึงจากการดัด ในขณะที่เส้นใยของเชื้อ *Pleurotus ostreatus* ทำหน้าที่เป็นตัวเชื่อมประสาน ส่งผลให้เกิดการแผ่ขยายของเส้นใยเข้ายึดเกาะกับเส้นใยผักตบชวาได้สมบูรณ์ที่สุด ทำให้โครงสร้างของวัสดุคอมโพสิตมีความแข็งแรงสูง สามารถต้านทานต่อการแตกหักและการดัดงอ

จากการทดสอบคุณสมบัติของเฟรมโดนโดยการทดสอบจุดศูนย์กลางมวล พบว่าเฟรมโดนชีวะวัสดุอัตราส่วน 50:50 ให้ค่าแรงเฉลี่ยในการรักษามวลสูงที่สุดเท่ากับ 92.56 N จากเนื้อภายในเฟรมโดนชีวะวัสดุมีความสม่ำเสมอ เนื่องจากอัตราการเจริญเติบโตและการกระจายตัวของเส้นใยมีความทั่วถึง ทำให้ไม่มีการเกิดโพรงอากาศหรือมีความหนาแน่นที่ต่างกันมากเกินไป ซึ่งคุณสมบัตินี้จำเป็นอย่างยิ่งในการนำไปประยุกต์ใช้สำหรับโครงสร้าง



ของโครงเพื่อช่วยลดการสิ้นเปลือง และเพิ่มความเสี่ยง
ขณะบิน

4.2 สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองพบว่า อัตราส่วนผักตบชวาต่อ
ซีลีเยอ 50:50 เป็นอัตราส่วนที่เหมาะสมและดีที่สุดในทุก
ด้าน โดยในด้านของการเจริญเติบโตโคโลนีของเชื้อ
Pleurotus ostreatus พบว่าค่าเฉลี่ยของอัตรา
การเจริญเติบโตสูงที่สุดเท่ากับ 1.05 เซนติเมตรต่อวัน
รองลงมาคืออัตราส่วน 70:30 และ 30:70 ซึ่งมีอัตรา
การเจริญเติบโตเฉลี่ยเท่ากับ 0.88 เซนติเมตรต่อวัน
และ 0.74 เซนติเมตรต่อวัน ตามลำดับ ในขณะที่ชุดควบคุม
ที่ใช้ซีลีเยอเพียงอย่างเดียวมีอัตราการเจริญเติบโต
อยู่ที่ 0.69 เซนติเมตรต่อวัน และอัตราส่วนที่ใช้ผักตบชวา
เพียงอย่างเดียวไม่ปรากฏการเจริญเติบโตของไมซีเลียม
เลยตลอดระยะเวลาการทดลอง ซึ่งสอดคล้องกับ
ผลการทดสอบสมบัติเชิงกลจากการทดสอบแรงดัดสามจุด
พบว่าอัตราส่วน 50:50 สามารถรับแรงดัดเฉลี่ยได้สูงสุด
เท่ากับ 99.71 N นอกจากนี้จากการทดสอบจุดศูนย์กลาง
มวลในอัตราส่วน 50:50 ให้ค่าแรงเฉลี่ยการรักษาสมดุล
สูงสุดเท่ากับ 92.56 N

จากการทดลองนี้จึงสรุปได้ว่า อัตราส่วน 50:50
เป็นสัดส่วนที่มีประสิทธิภาพสูงสุด ทั้งในการเจริญเติบโต
ของไมซีเลียม เพื่อทำหน้าที่เป็นตัวประสานชีวภาพ
การเพิ่มความแข็งแรงในการรับแรงดัด และการรักษา
สมดุลของมวล ซึ่งมีความเหมาะสมในการนำไปใช้ขึ้นรูป
เป็นโครงสร้างเฟรมโครงชีววัสดุคอมโพสิตที่เป็นมิตรต่อ
สิ่งแวดล้อม

ข้อเสนอแนะ

ควรทดสอบการใช้ผักตบชวาร่วมกับวัสดุเพาะ
ชนิดอื่นนอกเหนือจากซีลีเยอ และศึกษาเส้นใยจากรา
หลากหลายชนิด เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบการเชื่อม
ประสานเป็นวัสดุคอมโพสิต

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้ได้รับคำปรึกษาและชี้แนะ
ตลอดจนได้รับการเอื้อเฟื้ออุปกรณ์และสถานที่จาก
ห้องปฏิบัติการโรงเรียนวิทยาศาสตร์จุฬารามราชวิทยาลัย
เชียงราย และ ศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพ
แห่งชาติ (BIOTEC)

เอกสารอ้างอิง

- Chatchai Kohphaisansombat, Sayanh Somrithipol
& Nattawut Boonyuen. (2022). *Fabrication of
mycelium(oyster mushroom)-based
composites derived from spent coffee
grounds with pineapple fibre reinforcement.*
21(13):9-15.
- Kenneth Kanayo Alaneme Sodiql Abiodun
Kareem ,Justus Uchenna Anaele ,Michael
Adediran ,Tolulope Moyosore Oke ,
Oluwadamilola Abigael Ajibuwa ,Yvonne
Onyinye Anabaranze. (2023). *Mycelium based
composites: A review of their bio-fabrication
procedures, material properties and
potential for green building and construction
applications.* 12(15):234-250.
- Barta, D.-G., Simion, I., Tiuc, A. E., & Vasile, O.
(n.d.). (2024). *Mycelium-based composites as a
sustainable solution for waste management
and circular economy.* 17(8):3-14.
- Benchaphong, A., Phanthuwongpakdee, J.,
Kwantong, P., Nuankaew, S.,
Chuaseeharonnachai, C., Koedrith, P., Dueramae,
S., Thongraksa, A., Somrithipol, S., Hu, Y.,
Wattanavichean, N., & Boonyuen, N. (n.d.).
*Assessing mycelium-based blocks 14 utilizing
Pleurotus ostreatus versus Trichoderma
virens: Material characterization and*



substrate ratios of bamboo residues, spent
coffee grounds, and rice husks. 12(5):6–19.