

การผลิตสเมาร์ทบอร์ดจากเศษวัสดุกากกล้วยโดยใช้ชันโรงเป็นสารยึดประสาน Production of Bioboard from Banana Pseudo-stem Waste Using Stingless Bee Resin as a Binder

กมลวรรณ เกียรติศิริกุล¹, ณัฐชา ศิริฤกษ์¹, เกลาฟ้า กุณชรินทร์¹, อรณิชา คงวุฒิ² และ พัฒนศรีบุญ เลหาไพบูลย์^{3*}
Kamonwan Kiesirikun¹, Natcha Sirilerk¹, Klaofa Kuncharin¹, Ornnicha Kongwut² and Phatsaran Laohhapaiboon^{3*}

Received: February 1, 2026

Revised: June 11, 2026

Accepted: June 30, 2026

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาสเมาร์ทบอร์ดจากเศษวัสดุต้นกล้วยโดยใช้ชันโรงเป็นสารยึดเหนี่ยวทางเลือกแทนการสังเคราะห์ และเปรียบเทียบคุณสมบัติทางกายภาพกับสเมาร์ทบอร์ดมาตรฐาน กระบวนการผลิตประกอบด้วย 3 ขั้นตอนหลัก ได้แก่ การเตรียมเส้นใยเซลลูโลสจากกากกล้วยโดยการอบที่อุณหภูมิ 60-80 °C เป็นเวลา 35 ชั่วโมง การผสมสารยึดประสานจากชันโรง น้ำมันพืช และปูนแดงในอัตราส่วน 1:2:1 และการขึ้นรูปแผ่นสเมาร์ทบอร์ดขนาด 10×10 cm ผลการทดสอบพบว่า สเมาร์ทบอร์ดจากใยกล้วยมีค่าความแข็งแรงด้านแรงดึงเฉลี่ย 25.20 MPa และแรงดัด 34.27 MPa สูงกว่าสเมาร์ทบอร์ดทั่วไปที่มีค่า 21.79 MPa และ 11.57 MPa ตามลำดับ นอกจากนี้ยังมีความหนาแน่นต่ำกว่า (1,000 kg/m³ เทียบกับ 1,289 kg/m³) และค่าการนำความร้อนต่ำกว่า (0.21 เทียบกับ 0.27 W/m·K) แสดงถึงคุณสมบัติการเป็นฉนวนกันความร้อนที่ดีกว่า อย่างไรก็ตาม มีการดูดซับน้ำสูงกว่า (25.47% เทียบกับ 20.23%) ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าสเมาร์ทบอร์ดจากใยกล้วยมีศักยภาพในการทดแทนวัสดุก่อสร้างทั่วไป โดยเฉพาะงานที่ต้องการความแข็งแรงสูงและน้ำหนักเบา แต่ควรมีการปรับปรุงเคลือบผิวเพื่อลดการดูดซับน้ำก่อนการใช้งานจริง

คำสำคัญ: สเมาร์ทบอร์ด กากกล้วย ชันโรง วัสดุก่อสร้างเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม เส้นใยเซลลูโลส

¹สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏกาญจนบุรี

Department of General Science, Faculty of Education, Kanchanaburi Rajabhat University.

²สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏกาญจนบุรี

Department of Physics, Faculty of science and technology, Kanchanaburi Rajabhat University.

³บุญพาवासนาสง 84 เขตบางแค กรุงเทพมหานคร

Boonpawassanasong, 84 Bangkae, Bangkok.

*Corresponding Author E-mail: wirinwinu4289@gmail.com

Abstract

This research aimed to develop a bioboard from banana pseudo-stem waste using stingless bee resin as a natural binder alternative to synthetic adhesives, and to compare its physical and mechanical properties with those of standard commercial bioboard. The production process consisted of three main steps: preparation of cellulose fibers from banana pseudo-stem by drying in a hot air oven at 60–80 °C for 35 hours until moisture content reached 6–10%, mixing the binder from stingless bee resin, vegetable oil, and lime in a ratio of 1:2:1 by weight, and forming bioboard specimens of 10×10 cm. The testing results showed that the banana pseudo-stem bioboard had a tensile strength of 25.20 ± 4.81 MPa and a flexural strength of 34.27 ± 6.00 MPa, which were higher than standard bioboard values of 21.79 ± 1.74 MPa and 11.57 ± 1.68 MPa, respectively. In addition, it had a lower density ($1,000 \pm 112$ kg/m³ compared to $1,289 \pm 50$ kg/m³) and lower thermal conductivity (0.21 ± 0.04 W/m·K compared to 0.27 ± 0.04 W/m·K), indicating superior thermal insulation properties. However, water absorption was higher ($25.47 \pm 4.63\%$ compared to $20.23 \pm 2.22\%$), which represents a key limitation for use in high-humidity environments. The results demonstrate that banana pseudo-stem bioboard has strong potential as a sustainable construction material, particularly for applications requiring high strength and light weight, though surface treatment to reduce water absorption is recommended prior to practical use.

Keywords: Bioboard, Banana pseudo-stem, Stingless bee resin, Building materials for insulation, Cellulose

1. บทนำ

สมาร์ทบอร์ดหรือแผ่นไฟเบอร์ซีเมนต์เป็นวัสดุสังเคราะห์ที่ได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรมก่อสร้าง เนื่องจากมีคุณสมบัติโดดเด่นหลายประการ เช่น ความแข็งแรงทนทาน ป้องกันความชื้น ทนไฟ และไม่ถูกทำลายโดยปลวก [1] ในประเทศไทยเริ่มมีการใช้งานแผ่นซีเมนต์บอร์ดตั้งแต่ปี พ.ศ. 2499 และมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องจนถึงปัจจุบัน โดยในปี พ.ศ. 2560 ผลิตภัณฑ์ประเภทไฟเบอร์ซีเมนต์มีมูลค่าตลาดกว่า 14,500 ล้านบาท หรือคิดเป็น 20% ของมูลค่าตลาดปูนซีเมนต์ [2] อย่างไรก็ตาม การผลิตสมาร์ทบอร์ดแบบดั้งเดิมยังพบปัญหาหลายประการ ได้แก่ การขาดแคลนวัตถุดิบหลักคือเยื่อไม้และไม้ยางพารา การบวมตัวของแผ่นซีเมนต์บอร์ดเนื่องจากความชื้น [3] ความเปราะของเส้นใยจากธรรมชาติ การใช้พลังงานสูงในกระบวนการผลิต และต้นทุนการผลิตที่สูงขึ้น นอกจากนี้ การใช้กาบสังเคราะห์ในกระบวนการผลิตยังส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและสุขภาพของผู้ใช้งาน [4, 5]

กล้วยเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย โดยเฉพาะในจังหวัดปทุมธานีมีการเพาะปลูกกล้วยหอมทอง และกล้วยน้ำว้าเป็นพื้นที่รวมกว่า 29,000 ไร่ เนื่องจากต้นกล้วยให้ผลเพียงครั้งเดียว หลังจากเก็บเกี่ยวผลแล้ว ต้นกล้วยจะถูกโค่นทิ้ง โดยส่วนใหญ่จะถูกนำไปทำปุ๋ยหมักหรือเผาทำลาย ซึ่งก่อให้เกิดมลภาวะทางอากาศและเป็นการสูญเสียทรัพยากรที่มีคุณค่า [6] จากการศึกษาพบว่า กาบกล้วยมีเส้นใยเซลลูโลสที่มีคุณสมบัติสำคัญคือมีความเหนียวและยืดหยุ่นสูง เหมาะกับการนำมาใช้เป็นวัสดุในการรับน้ำหนัก จากต้นกล้วย 1 ต้น สามารถแยกเส้นใยได้ประมาณ 32.25% ของน้ำหนักกาบกล้วยเปียก

ชันโรงหรือยางไม้ธรรมชาติเป็นวัสดุที่ใช้ในภูมิปัญญาไทยมาอย่างยาวนาน มีคุณสมบัติเหนียว ชัน และทนน้ำ เหมาะสำหรับใช้เป็นสารยึดประสานธรรมชาติ ส่วนปูนแดงหรือแคลเซียมไฮดรอกไซด์สามารถเพิ่มความแข็งแรงและความคงรูปให้กับวัสดุ [7]

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นการพัฒนานวัตกรรมการผลิตสเมาร์ทบอร์ดจากเศษวัสดุต้นกล้วยโดยใช้ชั้นโรงเป็นสารยึดเหนี่ยวทางเลือก เพื่อเพิ่มมูลค่าให้กับวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร ลดปริมาณขยะและมลภาวะจากการเผาต้นกล้วย ลดการพึ่งพาไม้จริงและกาบสังเคราะห์ รวมถึงเป็นการส่งเสริมการใช้วัสดุที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมและปลอดภัยต่อสุขภาพ

2. วัตถุประสงค์

2.1 เพื่อพัฒนาสเมาร์ทบอร์ดจากเศษวัสดุกาบต้นกล้วยโดยใช้ชั้นโรงเป็นสารยึดประสานทางเลือกแทนกาบสังเคราะห์

2.2 เพื่อเปรียบเทียบสมบัติทางกลและทางกายภาพของสเมาร์ทบอร์ดจากใยกล้วยกับสเมาร์ทบอร์ดทั่วไป

3. วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยนี้ดำเนินการในสามขั้นตอนหลัก ขั้นตอนแรกเป็นการเตรียมเส้นใยเซลลูโลสจากกาบกล้วย โดยเริ่มจากการคัดเลือกกาบกล้วยที่ตัดทิ้งจากไร่นามาทำความสะอาดเพื่อกำจัดสิ่งสกปรกและเศษดิน จากนั้นหั่นกาบกล้วยให้มีขนาดเล็กประมาณ 1-2 cm เพื่อเพิ่มพื้นที่ผิวสำหรับการอบแห้ง [8] กาบกล้วยที่หั่นแล้วจะถูกนำเข้าตู้อบลมร้อนที่ตั้งอุณหภูมิไว้ที่ 60-80 °C และอบจนความชื้นเหลือ 6-10% ซึ่งใช้เวลาประมาณ 35 ชั่วโมง จนเส้นใยมีลักษณะแห้ง สีคล้ำออกน้ำตาล และไม่มียางกล้วยหรือความชื้นหลงเหลืออยู่ [9] เส้นใยที่แห้งแล้วจะถูกนำมาปั่นในเครื่องปั่นละเอียดจนเป็นเส้นเล็กคล้ายเส้นด้าย (รูปที่ 1) และเก็บรักษาในภาชนะปิดสนิทเพื่อร่อนนำไปใช้ในขั้นตอนต่อไป



ก



ข

รูปที่ 1 กาบกล้วยก่อน (ก) และหลัง (ข) อบด้วยอุณหภูมิ 60-80 °C นาน 35 ชั่วโมง

ขั้นตอนที่สองเป็นการผลิตแผ่นสเมาร์ทบอร์ดจากเศษวัสดุต้นกล้วย โดยเริ่มจากการเตรียมสารยึดประสานโดยชั่งผงชั้นโรง น้ำมันพืชและปูนแดง ในอัตราส่วน 1:2:1 โดยน้ำหนัก (w/w) ผสมส่วนประกอบทั้งหมดเข้าด้วยกันและคนจนเป็นเนื้อเดียวกัน [10] สารทั้งหมดจะถูกผสมเข้าด้วยกัน แล้วเติมเส้นใยกาบกล้วยลงในส่วนผสมสารยึดประสาน และผสมให้เส้นใยกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอทั่วทั้งส่วนผสม [11] ส่วนผสมทั้งหมดจะถูกเทลงในแม่พิมพ์บล็อกขนาด 11×8.5 นิ้ว ตากแดดเป็นเวลา 2 วัน หรือจนแห้งสนิท กดให้แน่นและปรับผิวให้เรียบและตัดแต่งให้ได้ขนาดทดสอบ 10×10 cm (รูปที่ 2)



ก

ข

ค

รูปที่ 2 ขั้นตอนการผลิตแผ่นสมาร์ทบอร์ด (ก) ผสมส่วนประกอบและคนให้เข้ากัน (ข) เทส่วนผสมลงแม่พิมพ์ (ค) แผ่นสมาร์ทบอร์ดจากต้นกล้วย

ขั้นตอนที่สามเป็นการทดสอบคุณสมบัติของวัสดุ ซึ่งประกอบด้วยการทดสอบสมบัติทางกลและสมบัติทางกายภาพ โดยเตรียมชิ้นงานทดสอบจำนวน 5 ชิ้นต่อการทดสอบแต่ละประเภท ($n = 5$) และดำเนินการทดสอบตามมาตรฐาน ASTM ที่เกี่ยวข้อง สำหรับสมบัติทางกล การทดสอบความแข็งแรงด้านแรงดึงดำเนินการโดยติดตั้งชิ้นงานเข้ากับปากคิปลึงทั้งด้านบนและด้านล่างของเครื่อง UTM โดยตรวจสอบให้แน่ใจว่าชิ้นงานตั้งฉากกับแนวแรงและมีความมั่นคง ชิ้นงานจะถูกดึงด้วยอัตราเร็วคงที่จนกระทั่งชิ้นงานขาดออกจากกัน และบันทึกค่าแรงดึงสูงสุดที่วัดได้ (ASTM D638) [12]

การวิเคราะห์ทางสถิติดำเนินการโดยใช้การทดสอบ Independent Samples t-test เพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของคุณสมบัติแต่ละประเภทระหว่างสมาร์ทบอร์ดจากใยกล้วยและสมาร์ทบอร์ดทั่วไป โดยกำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ $\alpha = 0.05$

การทดสอบความแข็งแรงด้านแรงดัดทำโดยเปลี่ยนหัวจับของเครื่อง UTM เป็นชุดกดแบบ 3 จุด และปรับระยะห่างระหว่างจุดรองรับให้เหมาะสมกับความหนาของชิ้นงาน ชิ้นงานทดสอบจะถูกวางบนจุดรองรับ และกดด้วยหัวกดบริเวณกึ่งกลางชิ้นงานจนกระทั่งเกิดการวิบัติ ค่าแรงกดสูงสุดจะถูกบันทึกและวิเคราะห์ความสามารถในการรับแรงดัดของวัสดุ (ASTM D790)

สำหรับการทดสอบสมบัติทางกายภาพ การทดสอบความหนาแน่นดำเนินการโดยนำชิ้นงานเข้าตู้อบเพื่อไล่ความชื้นให้แห้งสนิท จากนั้นชั่งน้ำหนักชิ้นงานด้วยเครื่องชั่งดิจิทัลเพื่อหามวล (M) และวัดขนาดความยาว ความกว้าง และความหนาด้วยเวอร์เนียร์คาลิเปอร์ ปริมาตร (V) จะถูกคำนวณจากขนาดที่วัดได้ และความหนาแน่นจะคำนวณตามสูตร $\rho = M / V$ (ASTM D792) [13]

การทดสอบการดูดซับน้ำดำเนินการโดยชั่งน้ำหนักชิ้นงานแห้งเริ่มต้น (W_{dry}) จากนั้นนำชิ้นงานแช่ในอ่างน้ำ โดยให้น้ำท่วมมิดชิ้นงาน และทิ้งไว้เป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง ชิ้นงานจะถูกนำขึ้นจากน้ำและใช้ผ้าแห้งซับน้ำที่เกาะบริเวณผิวหน้าออกให้หมด จากนั้นชั่งน้ำหนักทันที (W_{wet}) และคำนวณร้อยละการดูดซับน้ำตามสูตร (ASTM D570):

$$\left[(W_{wet} - W_{dry}) / W_{dry} \right] \times 100$$

การทดสอบค่าการนำความร้อนดำเนินการโดยติดตั้งเซนเซอร์วัดอุณหภูมิบริเวณผิวหน้าและผิวหลังของแผ่นทดสอบ ให้ความร้อนแก่ชิ้นงานด้วยแหล่งความร้อนที่ควบคุมได้ และวัดค่าความแตกต่างของอุณหภูมิ (ΔT) ระหว่างผิวทั้งสองด้าน ข้อมูลจะถูกบันทึกเมื่ออุณหภูมิคงที่ และประเมินประสิทธิภาพความเป็นฉนวนกันความร้อนจากความสามารถในการต้านทานการถ่ายเทความร้อน (ASTM C518)

4. ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล

4.1 การเตรียมเส้นใยต้นกล้วย

จากกระบวนการเตรียมเส้นใยเซลลูโลสจากกาบกล้วย พบว่าการอบที่อุณหภูมิ 60-80 °C เป็นเวลา 35 ชั่วโมง ให้ผลลัพธ์ที่ดี เส้นใยที่ได้มีลักษณะแห้งสนิท สีคล้ำออกน้ำตาล ไม่มียางกล้วยหรือความชื้นหลงเหลืออยู่ และเมื่อนำมาปั่นละเอียดจะได้เส้นใยที่มีขนาดเล็กคล้ายเส้นด้าย มีคุณสมบัติแข็งแรงเหมาะสำหรับการผลิตแผ่นสมาร์ทบอร์ด การควบคุมความชื้นให้เหลือ 6-10% เป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้เส้นใยมีความคงทนและไม่เกิดเชื้อราในระหว่างการเก็บรักษา

4.2 การผลิตแผ่นสมาร์ทบอร์ดจากเศษวัสดุต้นกล้วย

การใช้ชั้นโรงเป็นสารยึดประสานให้ผลที่น่าพอใจ โดยการผสมในอัตราส่วน ผงชั้นโรง:น้ำมันพืช:ปูนแดง เท่ากับ 1:2:1 ให้ความเหนียวและความแข็งแรงที่เหมาะสม น้ำมันพืชช่วยให้ชั้นโรงมีความเหนียวและกระจายตัวได้ดี ส่วนปูนแดงช่วยเพิ่มความแข็งแรงและความคงรูปให้กับแผ่นบอร์ด กระบวนการตากแดด 2 วัน โดยใช้ฐานรองที่มีช่องอากาศด้านล่างช่วยให้แผ่นบอร์ดแห้งสม่ำเสมอทั้งสองด้านและลดปัญหาการบิดงอ การคัดเลือกอัตราส่วน ชั้นโรง:น้ำมันพืช:ปูนแดง = 1:2:1 โดยน้ำหนัก (w/w) ในการศึกษาได้ผ่านการทดสอบเบื้องต้น (Preliminary Test) มาแล้ว โดยพบว่าอัตราส่วน 1:1:1 ให้ความเหนียวของสารยึดประสานไม่เพียงพอ ส่งผลให้เส้นใยยึดติดกันไม่ดี ในขณะที่อัตราส่วน 1:3:1 ทำให้ส่วนผสมมีความเหลวมากเกินไปและยากต่อการขึ้นรูปแผ่น อัตราส่วน 1:2:1 จึงให้สมดุลระหว่างความเหนียว ความแข็งแรง และความสามารถในการขึ้นรูปที่เหมาะสมที่สุด อย่างไรก็ตาม การศึกษาเชิงระบบของอัตราส่วนที่หลากหลายควรดำเนินการในงานวิจัยต่อไปเพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมที่สุด (Optimization)

4.3 ผลการทดสอบคุณสมบัติของวัสดุ

4.3.1 ความแข็งแรงด้านแรงดึง (Tensile Strength) สมาร์ทบอร์ดจากใยกล้วยมีค่าความแข็งแรงด้านแรงดึงเฉลี่ย 25.20 ± 4.81 MPa สูงกว่าสมาร์ทบอร์ดทั่วไปที่มีค่า 21.79 ± 1.74 MPa อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) คิดเป็นเพิ่มขึ้น 15.65% ทั้งนี้เนื่องจากเส้นใยเซลลูโลสจากกาบกล้วยมีโครงสร้างที่มีความเหนียวและยืดหยุ่นสูง ทำให้สามารถกระจายแรงได้ดีก่อนเกิดการแตกหักซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Lamichhane et al. [14] ที่พบว่าการเสริมเส้นใยกล้วยในวัสดุซีเมนต์ช่วยเพิ่มความแข็งแรงด้านแรงดึงได้ 10–20% เมื่อเทียบกับวัสดุที่ไม่มีการเสริมเส้นใย [15] อย่างไรก็ตาม ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานที่สูง ($SD = 4.81$) สะท้อนถึงความไม่สม่ำเสมอของการกระจายตัวของเส้นใยในระหว่างการขึ้นรูป ซึ่งเป็นประเด็นที่ต้องพัฒนากระบวนการผลิตต่อไป

4.3.2 ความแข็งแรงด้านแรงดัด (Flexural Strength) สมาร์ทบอร์ดจากใยกล้วยมีค่าความแข็งแรงด้านแรงดัดเฉลี่ย 34.27 ± 6.00 MPa สูงกว่าสมาร์ทบอร์ดทั่วไปที่มีค่า 11.57 ± 1.68 MPa อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.001$) คิดเป็นเพิ่มขึ้นถึง 196% ซึ่งเป็นผลลัพธ์ที่โดดเด่นที่สุดในการศึกษานี้ กลไกหลักเกิดจากโครงสร้างเส้นใยกล้วยที่เรียงตัวในแนวยาว ทำหน้าที่เสมือนโครงสร้างเสริมแรง (Reinforcement) ที่ต้านทานการโก่งตัวได้ดี [16] ผลนี้สอดคล้องกับการศึกษาของ Cruz et al. [11] ที่รายงานว่า การเพิ่มเส้นใยกล้วยในวัสดุซีเมนต์คอมโพสิตช่วยเพิ่มความแข็งแรงด้านแรงดัดได้อย่างมีนัยสำคัญ และของ Thepruttana et al. [10] ที่พบว่าการใช้สารยึดประสานจากธรรมชาติร่วมกับเส้นใยพืชช่วยเพิ่มประสิทธิภาพด้านแรงดัดของวัสดุก่อสร้างได้ คุณสมบัตินี้ทำให้สมาร์ทบอร์ดจากใยกล้วยเหมาะสำหรับการใช้งานที่ต้องรับแรงดัด เช่น แผ่นพื้น แผ่นฝ้า และชั้นวางของ

4.3.3 การดูดซับน้ำ (Water Absorption) สมาร์ทบอร์ดจากใยกล้วยมีค่าการดูดซับน้ำเฉลี่ย $25.47 \pm 4.63\%$ สูงกว่าสมาร์ทบอร์ดทั่วไปที่มีค่า $20.23 \pm 2.22\%$ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) คิดเป็นเพิ่มขึ้น 25.91% การดูดซับน้ำที่สูงนี้เกิดจากโครงสร้างพรุน (Porous Structure) ของเส้นใยเซลลูโลสและหมู่ไฮดรอกซิลบนผิวเส้นใยที่จับกับโมเลกุลน้ำได้ง่าย [17] ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Laborel-Préneron et al. [18] ที่รายงานว่าวัสดุ

ก่อสร้างชีวภาพมักมีการดูดซับน้ำสูงกว่าวัสดุสังเคราะห์ เนื่องจากธรรมชาติของเส้นใยพืช การแก้ไขปัญหาเหล่านี้สามารถทำได้โดยการเคลือบผิวด้วยสารกันน้ำธรรมชาติ เช่น ขี้ผึ้ง หรือน้ำมันลินสีด หรือการเพิ่มสัดส่วนปูนแดงเพื่อปิดรูพรุน

4.3.4 ความหนาแน่น (Density) สมาร์ทบอร์ดจากใยกล้วยมีค่าความหนาแน่นเฉลี่ย $1,000 \pm 112 \text{ kg/m}^3$ ต่ำกว่าสมาร์ทบอร์ดทั่วไปที่มีค่า $1,289 \pm 50 \text{ kg/m}^3$ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.001$) คิดเป็นลดลง 22.42% ความหนาแน่นที่ต่ำกว่านี้เกิดจากโครงสร้างที่มีช่องว่างอากาศมากกว่าภายในวัสดุ ซึ่งเป็นลักษณะเฉพาะของวัสดุที่ใช้เส้นใยพืชเป็นองค์ประกอบ [19] สอดคล้องกับการศึกษาของ Ratsimbazafy et al. [20] ที่รายงานว่าวัสดุก่อสร้างจากเส้นใยพืชมีความหนาแน่นต่ำกว่าวัสดุซีเมนต์ทั่วไป 15–30% ทำให้มีข้อได้เปรียบด้านการขนส่ง การติดตั้ง และการลดน้ำหนักโครงสร้างโดยรวมของอาคาร

4.3.5 ค่าการนำความร้อน (Thermal Conductivity) สมาร์ทบอร์ดจากใยกล้วยมีค่าการนำความร้อนเฉลี่ย $0.21 \pm 0.04 \text{ W/m}\cdot\text{K}$ ต่ำกว่าสมาร์ทบอร์ดทั่วไปที่มีค่า $0.27 \pm 0.04 \text{ W/m}\cdot\text{K}$ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) คิดเป็นลดลง 22.22% แสดงให้เห็นว่าสมาร์ทบอร์ดจากใยกล้วยมีคุณสมบัติเป็นฉนวนกันความร้อนที่ดีกว่า กลไกหลักเกิดจากช่องว่างอากาศภายในโครงสร้างที่ทำหน้าที่เป็นฉนวน ประกอบกับคุณสมบัติการนำความร้อนต่ำของเส้นใยเซลลูโลสและชั้นโพร่งซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Assaad et al. [21] ที่รายงานว่าวัสดุฉนวนจากชีวมวลมีค่าการนำความร้อนในช่วง $0.04\text{--}0.25 \text{ W/m}\cdot\text{K}$ ต่ำกว่าวัสดุซีเมนต์ทั่วไปอย่างชัดเจน คุณสมบัตินี้ทำให้สมาร์ทบอร์ดจากใยกล้วยเหมาะสำหรับการใช้งานในอาคารที่ต้องการประหยัดพลังงาน ลดการใช้เครื่องปรับอากาศ และลดค่าไฟฟ้าในระยะยาว

ตารางที่ 1 สรุปผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกลและทางกายภาพของสมาร์ทบอร์ด

คุณสมบัติ	สมาร์ทบอร์ดจากใยกล้วย	สมาร์ทบอร์ดทั่วไป	p-value
ความแข็งแรงด้านแรงดึง (MPa)	25.20 ± 4.81	21.79 ± 1.74	0.041*
ความแข็งแรงด้านแรงดัด (MPa)	34.27 ± 6.00	11.57 ± 1.68	<0.001*
การดูดซับน้ำ (%)	25.47 ± 4.63	20.23 ± 2.22	0.038*
ความหนาแน่น (kg/m^3)	$1,000.00 \pm 112.16$	$1,289.00 \pm 49.89$	<0.001*
ค่าการนำความร้อน ($\text{W/m}\cdot\text{K}$)	0.21 ± 0.04	0.27 ± 0.04	0.012*

*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

5. สรุปผลการวิจารณ์

จากผลการทดสอบทั้งหมด สามารถสรุปได้ว่าสมาร์ทบอร์ดจากใยกล้วยมีคุณสมบัติที่โดดเด่นในหลายด้าน ได้แก่

5.1 จุดเด่น

- (1) ความแข็งแรงด้านแรงดึงสูงกว่าสมาร์ทบอร์ดทั่วไป 15.65%
- (2) ความแข็งแรงด้านแรงดัดสูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญถึง 196%
- (3) น้ำหนักเบากว่า 22.42% ช่วยต่อการขนส่งและติดตั้ง
- (4) เป็นฉนวนกันความร้อนได้ดีกว่า 22.22% ช่วยประหยัดพลังงาน
- (5) เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ใช้วัตถุดิบจากเศษวัสดุเหลือทิ้งและสารยึดประสานธรรมชาติ

5.2 จุดที่ต้องปรับปรุง

- (1) การดูดซับน้ำสูงกว่าสมาร์ทบอร์ดทั่วไป 25.91% อาจส่งผลต่อความทนทานในสภาพแวดล้อมที่มีความชื้นสูง
- (2) ความสม่ำเสมอของคุณสมบัติเชิงกลต่ำกว่า (ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานสูงกว่า) ต้องพัฒนากระบวนการผลิตให้มีการควบคุมคุณภาพที่ดีขึ้น

ผลการศึกษานี้สะท้อนให้เห็นว่าสมาร์ทบอร์ดจากใยกล้วยมีศักยภาพสูงในการเป็นวัสดุก่อสร้างทางเลือกที่ยั่งยืน โดยมีความเหมาะสมสำหรับการใช้งานในลักษณะต่าง ๆ ได้แก่ แผ่นผนังภายในอาคารที่ต้องการน้ำหนักเบา ผนวกกันความร้อนและแผ่นฝ้าเพดานที่ต้องรับแรงดัดและลดการถ่ายเทความร้อน และแผ่นพาร์ติชันสำนักงานที่เน้นความแข็งแรงและการประหยัดพลังงาน ซึ่งสอดคล้องกับการประยุกต์ใช้วัสดุชีวภาพในงานก่อสร้างที่รายงานโดย Pilien et al. [5] และ Sales et al. [8] อย่างไรก็ตาม ยังจำเป็นต้องมีการพัฒนาเพิ่มเติมในด้านการลดการดูดซับน้ำ และการเพิ่มความสม่ำเสมอของผลิตภัณฑ์ก่อนที่จะนำไปใช้งานในเชิงพาณิชย์

6. สรุปผลการวิจัย

การศึกษาการพัฒนาสมาร์ทบอร์ดจากเศษวัสดุต้นกล้วยโดยใช้ชั้นโรงเป็นสารยึดเหนี่ยวครั้งนี้ ประสบความสำเร็จในการผลิตวัสดุก่อสร้างที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมและมีคุณสมบัติที่โดดเด่นในหลายด้าน กระบวนการผลิตที่พัฒนาขึ้นประกอบด้วยการเตรียมเส้นใยเซลลูโลสจากกากกล้วยด้วยการอบที่อุณหภูมิ 60-80 °C เป็นเวลา 35 ชั่วโมง การผสมสารยึดประสานจากชั้นโรง น้ำมันพืช และปูนแดงในอัตราส่วนที่เหมาะสม และการขึ้นรูปด้วยการตากแดด

ผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่าสมาร์ทบอร์ดจากใยกล้วยมีความแข็งแรงด้านแรงดัดสูงกว่าสมาร์ทบอร์ดทั่วไปถึง 3 เท่า (34.27 MPa เทียบกับ 11.57 MPa) และมีความแข็งแรงด้านแรงดึงสูงกว่า 16% (25.20 MPa เทียบกับ 21.79 MPa) นอกจากนี้ยังมีน้ำหนักเบากว่า 22% เนื่องจากมีความหนาแน่นต่ำกว่า (1,000 kg/m³ เทียบกับ 1,289 kg/m³) และมีคุณสมบัติการเป็นฉนวนกันความร้อนที่ดีกว่า โดยมีค่าการนำความร้อนต่ำกว่า 22% (0.21 W/m·K เทียบกับ 0.27 W/m·K)

อย่างไรก็ตาม สมาร์ทบอร์ดจากใยกล้วยมีการดูดซับน้ำสูงกว่าสมาร์ทบอร์ดทั่วไปประมาณ 26% (25.47% เทียบกับ 20.23%) ซึ่งเป็นข้อจำกัดที่ต้องได้รับการแก้ไข นอกจากนี้ ความสม่ำเสมอของคุณสมบัติเชิงกลยังต่ำกว่าสมาร์ทบอร์ดทั่วไป สะท้อนให้เห็นถึงความจำเป็นในการพัฒนากระบวนการผลิตเพื่อเพิ่มการควบคุมคุณภาพ

โดยสรุป สมาร์ทบอร์ดจากใยกล้วยมีศักยภาพสูงในการเป็นวัสดุก่อสร้างทางเลือกที่ยั่งยืน มีความเหมาะสมสำหรับงานที่ต้องการความแข็งแรงสูง น้ำหนักเบา และการประหยัดพลังงาน การพัฒนานี้ไม่เพียงแต่ช่วยเพิ่มมูลค่าให้กับเศษวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร ลดปัญหาการเผาต้นกล้วยที่ก่อให้เกิดมลภาวะ แต่ยังเป็นการส่งเสริมการใช้วัสดุธรรมชาติและลดการพึ่งพาวัสดุสังเคราะห์ที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม อย่างไรก็ตาม ก่อนที่จะนำไปใช้งานในเชิงพาณิชย์ ควรมีการปรับปรุงเพิ่มเติมในด้านการลดการดูดซับน้ำและการเพิ่มความสม่ำเสมอของผลิตภัณฑ์

เอกสารอ้างอิง

- [1] Gorzelanczyk T, Schabowicz K, Szymków M. Tests of fiber cement materials containing recycled cellulose fibers. *Materials*. 2020;13(12):2758. doi: 10.3390/ma13122758.
- [2] สมาคมอุตสาหกรรมปูนซีเมนต์ไทย. แนวโน้มธุรกิจ/อุตสาหกรรมวัสดุก่อสร้าง ปี 2566-2568 [Internet]. 2566 [เข้าถึงเมื่อ 18 ธ.ค. 2568]. เข้าถึงได้จาก: <https://www.krungsri.com/th/research/industry/industry-outlook/construction-construction-materials>
- [3] Cruz EO, Radler MJ, Perello M, Savastano Jr H. Fiber cement boards modified with styrene-acrylic copolymer: An approach to address dimensional stability and cellulose fiber preservation. *J Compos Mater*. 2021;55(3):437-452. doi: 10.1177/0021998320951224.
- [4] ศูนย์ความรู้และนวัตกรรมวัสดุสร้างสรรค์. จากเศษวัสดุเหลือใช้ก้านสุ่นาคตของวัสดุก่อสร้างที่ยั่งยืน [Internet]. 2568 [เข้าถึงเมื่อ 18 ธ.ค. 2568]. เข้าถึงได้จาก: <https://www.tcdcmaterial.com/th/article/materials-application/34728>

- [5] Pilien VP, Promentilla MAB, Jr JLL, Oreta AWC, Ongpeng JMC. Confinement of Concrete Using Banana Geotextile-Reinforced Geopolymer Mortar. *Sustainability*. 2023;15(7):6037. doi: 10.3390/su15076037.
- [6] กรมส่งเสริมการเกษตร. 9 ทางเลือก จัดการเศษวัสดุทางการเกษตร [Internet]. 2568 [เข้าถึงเมื่อ 18 ธ.ค. 2568]. เข้าถึงได้จาก <https://esc.doae.go.th/wp-content/uploads/2023/12/9ทางเลือกจัดการเศษวัสดุ.pdf>
- [7] Thanasisathit N, Chompoorat T, Jongpradist P, Kitisatorn W, Jamsawang P. Toughness enhancement of geopolymer stabilized laterites using para rubber latex for sustainable base and subbase applications. *Sci Rep*. 2025;16:2147. doi: 10.1038/s41598-025-31957-4.
- [8] Sales SLT, Aldamia FJ, Gonzaga PS, Montesclaros AJS, Lawagon CP. Properties of fiber cement boards influenced by BSCH (Banana Stem and Corn Husk) fibers and citric acid addition. *Key Eng Mater*. 2022;913:125-130. doi: 10.4028/p-qv513a.
- [9] Hasan KMF, Horváth PG, Alpár T. Development of lignocellulosic fiber reinforced cement composite panels using semi-dry technology. *Cellulose*. 2021;28:3631-3645. doi: 10.1007/s10570-021-03755-4.
- [10] Thepruttana S, Patthanavarit J, Hankoy M, Kitiwan M, Keawprak N, Tunthawiroon P. Enhancement of flexural strength in fiber-cement composites through modification of sisal fiber with natural rubber latex and expanded perlite. *Buildings*. 2024;14(4):1067. doi: 10.3390/buildings14041067.
- [11] Cruz ES da, Souza R de A, Pinto S de A. Influence of banana fiber content on the mechanical properties of cementitious composites. *Caderno Pedagógico*. 2025;22(10):e19398. doi: 10.54033/cadpedv22n10-260.
- [12] Ali B, Azab M, Ahmed H, Kurda R, El Ouni MH, Elhag AB. Investigation of physical, strength, and ductility characteristics of concrete reinforced with banana (*Musaceae*) stem fiber. *J Build Eng*. 2022;61:105024. doi: 10.1016/j.jobbe.2022.105024.
- [13] Gbadero OA, Hassan DE, Ajagbe WO. The effect of banana stem fiber on the fresh and hardened properties of concrete. *J Sci Eng Res*. 2025;12(5):55-66.
- [14] Lamichhane N, Lamichhane A, Gyawali TR. Enhancing mechanical properties of mortar with short and thin banana fibers: A sustainable alternative to synthetic fibers. *Heliyon*. 2024;10(10):e30652. doi: 10.1016/j.heliyon.2024.e30652.
- [15] Tariq HB, Hamid R, Kaish ABMA, Baharom S, Azmi A. Synergistic effects of hybrid fibres and natural rubber latex on the thermal stability and mechanical properties of high-volume fly ash concrete. *Sci Rep*. 2025;15:37473. doi: 10.1038/s41598-025-21392-w.
- [16] Dicha HM, Chaudhary S, Husain MN, Krishnaraj R. Banana fibre-reinforced diatomaceous earth slurry treatment of recycled aggregate for enhanced structural concrete performance. *Sci Rep*. 2025;15:4717. doi: 10.1038/s41598-024-84762-w.
- [17] Yari M, Esmizadeh E, Jahan E, Lopez-Carreón I, Riahi-nezhad M, Touchette J, et al. Moisture ingress in building envelope materials: (I) Scientometric analysis and experimental fundamentals. *Buildings*. 2025;15(5):798. doi: 10.3390/buildings15050798.
- [18] Laborel-Préneron A, Faria P, Aubert JE, Magniont C. Assessment of durability of bio-based earth composites. *Recent Prog Mater*. 2021;3(2):016. doi: 10.21926/rpm.2102016.

-
- [19] Huang H, Amin M, Khan S, Khan K, Qadir M. Efficacy of sustainable cementitious materials on concrete porosity for enhancing the durability of building materials. *Rev Adv Mater Sci.* 2024;63(1):20240056. doi: 10.1515/rams-2024-0056.
- [20] Ratsimbazafy HH, Laborel-Préneron A, Magniont C, Evon P. A review of the multi-physical characteristics of plant aggregates and their effects on the properties of plant-based concrete. *Recent Prog Mater.* 2021;3(2):026. doi: 10.21926/rpm.2102026.
- [21] Assaad ME, Colinart T, Lecompte T. Thermal conductivity assessment of moist building insulation material using a heat flow meter apparatus. *Build Environ.* 2023;234:110184. doi: 10.1016/j.buildenv.2023.110184.