

การศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการผลิตกระถางต้นไม้ชีวภาพจากเศษเหง้ามันสำปะหลังและขาน้อย

Study of the optimal ratio of biodegradable plant pot from cassava rhizome and bagasse

กานต์ วิรุณพันธ์¹, เกียรติชัย แซ่เท้า¹, ศุภวิชญ์ กวินจรณชัย¹, พวงทอง ทาเอื้อ¹ และ สุรัสวดี ปลิโพธ^{2*}
Kant Wirunphan¹, Kiattichai Saetow¹, Suphawit Kawiinjaronchai¹,
Puangthonng Taauea¹ and Surassawadee Paliphot^{2*}

Received: 29 January 2024 ; Revised: 17 April 2024 ; Accepted: 7 May 2024

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอัตราส่วนผสมของเศษเหง้ามันสำปะหลังผสมขาน้อยต่อสมบัติทางกลและทางกายภาพของผลิตภัณฑ์กระถางต้นไม้ โดยนำเศษเหง้ามันสำปะหลังและขาน้อยมาบดให้ละเอียดและแยกด้วยตะแกรงเบอร์ 80 เมช จากนั้นนำมาผสมกันที่อัตราส่วน 90:10, 80:20, 70:30, 60:40, 50:50, 40:60, 30:70, 20:80 และ 10:90 โดยน้ำหนัก โดยใช้แป้งเปียกเป็นตัวประสาน นำส่วนผสมที่ได้ไปอัดขึ้นรูปด้วยเครื่องอัดไฮดรอลิกแรงอัด 10 ตัน เป็นเวลา 5 นาที นำไปอบที่ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง และนำกระถางที่ได้ไปทดสอบค่าความเค้นแรงกด อัตราการขยายตัวเมื่อสัมผัสความชื้น และการเสียรูปทรงจากการใช้งานจริง ผลการทดลองพบว่าเศษเหง้ามันสำปะหลังและขาน้อยสามารถนำมาขึ้นรูปเป็นกระถางต้นไม้ได้ และอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมระหว่างเศษเหง้ามันสำปะหลังและขาน้อยที่ส่งผลต่อสมบัติทางกลและกายภาพที่ดีที่สุดคือ อัตราส่วนผสมที่ 10:90 โดยน้ำหนัก ซึ่งมีค่าความเค้นแรงกด 0.19 ± 2.27 นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร มีอัตราการขยายตัวเมื่อสัมผัสความชื้นร้อยละ 7.97 และการเสียรูปทรงในการใช้งานที่ระยะเวลา 14 วัน น้อยที่สุด เนื่องจากคุณสมบัติของขาน้อยมีเส้นใยเหนียวจึงช่วยในการยึดเกาะโครงสร้างของกระถางต้นไม้ได้ดี

คำสำคัญ: เศษเหง้ามันสำปะหลัง, ขาน้อย, กระถางต้นไม้ชีวภาพ

Abstract

This research aimed to study the effect of different mixing ratios of cassava rhizome waste and bagasse on the mechanical and physical properties of plant pot products. The cassava rhizome waste and bagasse were crushed into powder and sieved using a No. 80 mesh sieve. The powders were then mixed at ratios of 90:10, 80:20, 70:30, 60:40, 50:50, 40:60, 30:70, 20:80, and 10:90 (cassava rhizome waste: bagasse) by weight, with wet starch used as the binder. The mixtures were processed under a compression force of 10 tons for 5 minutes. The resulting plant pots were dried at 60°C for 6 hours and then tested for mechanical and physical properties, including compressive stress, expansion rate when exposed to moisture, and deformation under actual usage conditions. The study found that a mixture of cassava rhizome waste and bagasse could effectively form plant pot products. The optimal mixing ratio for achieving the best mechanical and physical properties was 10:90 by weight. This ratio exhibited a compressive stress of 0.19 ± 2.27 N/mm², an expansion rate of 7.97% when exposed to moisture, and minimal deformation over a 14-day period of actual use. The presence of sticky fibers in bagasse contributed to better structural integrity and reduced deformation in the plant pots. These findings highlight the potential of using cassava rhizome waste and bagasse as sustainable materials for developing plant pot products with desirable mechanical and physical properties.

Keywords: Cassava rhizome residue, Bagasse, Biodegradable plant pot

¹ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ตาก อ.เมืองตาก จ.ตาก 63000

² คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ตาก อ.เมืองตาก จ.ตาก 63000

¹ Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Lanna, Muang Tak, Tak, 63000, Thailand.

² Faculty of Science and Agricultural Technology, Rajamangala University of Technology Lanna, Muang Tak, Tak, 63000, Thailand.

* Corresponding author: Email: scisur@rmu.ac.th

บทนำ

จังหวัดตากมีพื้นที่ทางการเกษตรกรรมเป็นส่วนใหญ่ โดยคิดเป็นพื้นที่เพาะปลูกพืชไร่ 845,494.45 ไร่ (สนง.เศรษฐกิจการเกษตร, 2566) พืชเศรษฐกิจที่สำคัญได้แก่ ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ มันสำปะหลัง ข้าวนาปี และลำไย มีเนื้อที่ในการเพาะปลูก 594,550 ไร่ 207,091 ไร่ 382,364 ไร่ และ 29,991 ไร่ ตามลำดับ ปัจจุบันประเทศไทยประสบปัญหาการจัดการเศษวัสดุทางการเกษตรเป็นอย่างมาก ซึ่งเศษเหลือทางการเกษตรจากพืชไม่ว่าจะเป็นข้าว อ้อย มันสำปะหลัง และข้าวโพดเลี้ยงสัตว์มีปริมาณที่สูงมาก และมีมูลค่าทางเศรษฐกิจที่สูงมากเช่นกัน การจัดการเศษเหลือทางการเกษตรของเกษตรกรไทยในปัจจุบันมีทั้งหมด 3 วิธีด้วยกัน 1) การใช้เป็นอาหารปศุสัตว์ ซึ่งนิยมใช้ฟางข้าว และเปลือกข้าวโพด 2) การย่อยสลายทางธรรมชาติ ซึ่งวิธีนี้เป็นที่นิยม แต่ใช้ระยะเวลาในการสลายค่อนข้างนานทำให้เสียเวลาที่จะเพาะปลูกในรอบต่อไป 3) การเผาวิธีนี้เป็นที่นิยมในเกษตรเป็นจำนวนมาก แต่จะทำให้เกิดมลพิษทางอากาศที่เรียกว่าฝุ่นละอองขนาดเล็ก (pm 2.5) ทำให้ภาครัฐมีมาตรการที่เข้มงวดเพิ่มมากขึ้นทำให้เกษตรกรไม่สามารถเผาเศษเหลือทางการเกษตรได้ ปัจจุบันได้มีอุตสาหกรรมเข้ามารองรับการจัดการเศษเหลือทางการเกษตรพวกนี้เช่นอุตสาหกรรมอาหารปศุสัตว์ อุตสาหกรรมน้ำตาล และอุตสาหกรรมการผลิตไฟฟ้า ชีวมวล ซึ่งในพื้นที่จังหวัดตากยังไม่มีการทำโรงงานอุตสาหกรรมจำพวกนี้ และแต่ละอุตสาหกรรมมีข้อจำกัดในการใช้วัสดุทางการเกษตรเป็นปัจจัยการผลิตที่แตกต่างกันไป (อุกฤษ, 2565) ฟางข้าว ชานอ้อย และมันสำปะหลังมีองค์ประกอบทางเคมีหลักๆ คือ เซลลูโลส ร้อยละ 37-45 (นิพนธ์ และคณะ, 2565) ซึ่งเซลลูโลสเป็นพอลิเมอร์ทางธรรมชาติที่ประกอบอยู่ในพืชที่สามารถนำมาผลิตเป็นบรรจุภัณฑ์ที่สามารถย่อยสลายได้ด้วยการต้มในเบส และมีการใช้ตัวประสานในการเพิ่มความเหนียวและความแข็งแรงของบรรจุภัณฑ์ (จันทิมา และคณะ, 2565) จากการสืบค้นงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการนำวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรมาใช้ให้เกิดประโยชน์ และก่อให้เกิดมูลค่าในรูปแบบต่าง ๆ เช่นการนำกากตะกอนโรงงานยางพารา วัสดุเหลือทิ้งจากก้อนเชื้อเห็ด และทะลายปาล์มมาผลิตกระถางต้นไม้ทดแทนผลิตภัณฑ์จากพลาสติก โดยศึกษาอัตราส่วนผสมกากตะกอนโรงงานยางต่อวัสดุเหลือทิ้งจากก้อนเชื้อเห็ด 0:100, 20:80, 40:60, 60:40, 80:20 และ 100:0 โดยน้ำหนัก และทะลายปาล์ม 25 กรัม ใช้กาบแปงเปียกเป็นตัวประสาน นำไปขึ้นรูปเป็นกระถาง พบว่า อัตราส่วน 0:100 มีน้ำหนักเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 246.67 กรัม สามารถขึ้นรูปเป็นกระถางได้ดี มีความแข็งแรง และมีผิวเรียบเนียน มีคุณสมบัติที่เหมาะสมต่อการประยุกต์ใช้งานจริง มีค่าการดูดซับน้ำร้อยละ 99.18 ค่าการพองตัวร้อยละ 81.93 และมีการเสื่อมสภาพของกระถางต้นไม้ช้าที่สุด (Kaewmanee, 2021) จากการพัฒนา

กระถางต้นไม้ย่อยสลายได้จากเส้นใยทะลายปาล์มและซีลี้อยในอัตราส่วน 30:70, 50:50, 70:30 และ 100:0 โดยกำหนดให้มีความหนา 2, 5 และ 6 มิลลิเมตร อัดด้วยเครื่องอัดระบบไฮดรอลิกที่อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส ความดัน 1,800 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เป็นเวลา 10, 15 และ 20 นาที พบว่าสามารถขึ้นรูปกระถางได้เพียง 3 สูตรได้แก่ 50:50, 70:30 และ 100:0 ความหนา 5 มิลลิเมตร เวลาในการขึ้นรูป 20 นาที อัตราส่วน 70:30 มีการดูดซับน้ำได้ดีที่สุด จากการทดสอบการย่อยสลายในสภาวะแห้ง สภาวะรดน้ำทุก 7 วัน และสภาวะรดน้ำทุกวัน พบว่าอัตราส่วน 70:30 มีการย่อยสลายมากที่สุด (Thammachot *et al.*, 2019) เมื่อศึกษาความเป็นไปได้ของวัสดุปลูกจากชานอ้อย ซีลี้อยและเปลือกไข่ จำนวน 4 อัตราส่วน คือ 75:75:0, 75:75:15, 75:75:30 และ 75:75:45 โดยน้ำหนัก มีกาบแปงเปียกเป็นวัสดุประสาน พบว่าทุกอัตราส่วนสามารถขึ้นรูปเป็นวัสดุปลูกได้ และอัตราส่วน 75:75:30 มีความเหมาะสมที่สุด คือมีลักษณะพื้นผิวค่อนข้างเรียบ และมีการยึดเกาะของวัสดุได้ดี ค่าการดูดซับน้ำเฉลี่ยร้อยละ 38.92 ค่าการสลายตัวเฉลี่ยร้อยละ 2.77 มีค่าความเป็นกรด ด่าง (pH) 6.02 และค่าการนำไฟฟ้า (EC) 3.58 dS/m แสดงให้เห็นถึงความเค็มของวัสดุปลูกที่อาจส่งผลกระทบต่อพืชที่อ่อนไหวต่อความเค็มได้ นอกจากนี้การเพิ่มปริมาณเปลือกไข่ส่งผลให้การดูดซับน้ำและค่าการนำไฟฟ้าเพิ่มสูงขึ้นด้วย (Nunkong & Saeui, 2020) วัสดุที่ใช้เป็นตัวประสานมีหลายชนิด ได้แก่ น้ำแป้งเปียก ดินเหนียว กากน้ำตาล ผักตบชวา มูลสัตว์ ยางไม้ น้ำมันดิบ และผลิตภัณฑ์จากปิโตรเลียม แป้งเปียกเกิดจากน้ำแป้ง เมื่อดูดด้วยกล้องจุลทรรศน์ ประกอบด้วยเม็ดแป้งตั้งแต่ 2-8 เม็ดรวมกัน แต่ละเม็ดยาว 5-35 μm ที่เกิดการดูดซับน้ำของเม็ดแป้งที่ละลายในน้ำเย็นจะเกิดปฏิกิริยาของหมู่ไฮดรอกซิลระหว่างโมเลกุลแป้งในบริเวณอสัณฐานกับโมเลกุลของน้ำ เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นประมาณ 58..5-70 องศาเซลเซียส พันธะไฮโดรเจนที่ยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลจะอ่อนตัวลง ทำให้เม็ดแป้งสามารถดูดน้ำและพองตัวเพิ่มขึ้น น้ำแป้งจะเปลี่ยนเป็นแป้งเปียกที่มีลักษณะเหนียวหนืดมากขึ้น นิพนธ์ และคณะ, 2565 เปรียบเทียบตัวประสานจากแป้งมันสำปะหลังและกากมันสำปะหลังในการทำกระถางชีวภาพจากผักตบชวา อัตราส่วนผักตบชวาต่อตัวประสาน 0:1, 1:9, 2:8, 3:7, 4:6, 5:5, 6:4, 7:3, 8:2 9:1 และ 1:0 โดยน้ำหนัก พบว่ากระถางชีวภาพจากผักตบชวาโดยประสานทั้ง 2 ชนิดที่อัตราส่วน 5:5 มีความเหมาะสมต่อการขึ้นรูป เมื่อทดสอบการรับแรงอัดพบว่าตัวประสานจากแป้งมันสำปะหลัง และกากมันสำปะหลังมีค่ารับแรงอัดที่ 0.81 และ 0.41 เมกะปาสกาลตามลำดับ เมื่อทดสอบการเสื่อมสภาพด้วยการปลูกผักซีเป็นเวลา 12 สัปดาห์ พบร่องรอยการเสื่อมสภาพตั้งแต่สัปดาห์ที่ 3 เป็นต้นไป จากการศึกษางานวิจัยที่ผ่านมาจะเห็นว่าเศษเหลือใช้ทางการเกษตรเช่นชานอ้อยสามารถ

นำมาเป็นวัสดุปลูกได้ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความสามารถในการขึ้นรูปของกระถางปลูกต้นไม้จากเศษเหง้ามันสำปะหลังและขาน้อยและอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมระหว่างเศษเหง้ามันสำปะหลังและขาน้อยที่ส่งผลต่อคุณสมบัติทางกลและทางกายภาพของผลิตภัณฑ์กระถางต้นไม้

การทดลอง

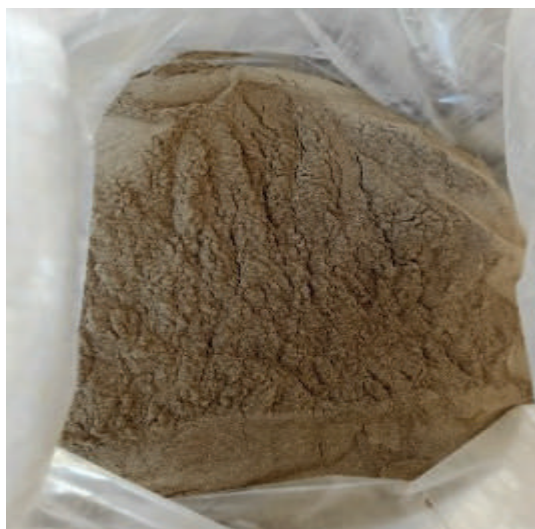
ออกแบบชุดแม่พิมพ์กระถาง

การจัดทำแม่พิมพ์กระถางปลูกต้นไม้มีแนวคิดที่จะทำกระถางปลูกต้นไม้ที่มีลักษณะเป็นรูปทรงถาด เนื่องจากมีรูปร่างที่สวยงาม เป็นที่นิยมในการนำไปใช้งานและสามารถปลูกอยู่ได้ดินได้หรือสามารถแขวนปลูกก็ได้ ส่วนสำคัญที่จะ

ต้องพิจารณาคือวัสดุที่ใช้ในการขึ้นรูปกระถางสามารถรับแรงกดอัดจากเครื่องอัดไฮดรอลิกขนาด 10 ตัน โดยพิจารณาเลือกระหว่างโลหะอะลูมิเนียมเกรด 6xxx และ เหล็กหล่อ SUS 431

การเตรียมวัตถุดิบ

นำเหง้ามันสำปะหลังสายพันธุ์ระยอง 5 และขาน้อยสายพันธุ์อุทอง 11 ไปตากแดดเป็นเวลา 6 ชั่วโมงและตีย่อยจากนั้นนำไปร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 80 เมช ตามมาตรฐาน ASTM E11 เพื่อคัดเอาเหง้ามันสำปะหลังและขาน้อยหลังที่มีขนาดเล็กกว่า 0.177 มิลลิเมตร ในส่วนที่ไม่ผ่านตะแกรงนำมาบดแล้วร่อนอีกครั้ง วัดความชื้นให้มีค่าความชื้นไม่เกิน 8 เปอร์เซ็นต์ก่อนเก็บรักษาวัสดุเอาไว้ในถุงปราศจากความชื้นเพื่อเตรียมขึ้นรูปกระถางต่อไปดัง Figure 1



(a) Cassava rhizome powder



(b) Bagasse powder

Figure 1 Cassava rhizome and bagasse powder that has been sorted by sieve number 80

การวางแผนการทดลอง

การวางแผนการทดลองเป็นแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ (completely randomize design, CRD) โดยแบ่งชุดการทดลองออกเป็น 9 ชุดการทดลอง คือ อัตราส่วนโดยน้ำหนักเศษเหง้ามันสำปะหลังต่อขาน้อยที่ 90:10, 80:20, 70:30, 60:40, 50:50, 40:60, 30:70, 20:80 และ 10:90 ตามลำดับ ชุดการทดลองละ 5 ซ้ำ การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ ทำโดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว (One-way Analysis of Variance, ANOVA) วิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's new multiple range test (DMRT) และกำหนดความเชื่อมั่นทางสถิติที่ร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$) ด้วยโปรแกรมสถิติ SPSS version 16

การเตรียมชิ้นงานกระถาง

ทำการผสมเศษเหง้ามันสำปะหลังและขาน้อยที่อัตราส่วนโดยน้ำหนัก 90:10, 80:20, 70:30, 60:40, 50:50, 40:60, 30:70, 20:80 และ 10:90 ตามลำดับ โดยเทียบน้ำหนัก 1,000 กรัม ใช้กาวแบ่งเปือกเป็นตัวประสานปริมาณ 400 กรัม การเตรียมตัวประสานโดยนำแป้งมันสำปะหลัง 100 กรัม ต่อน้ำ 1,000 มิลลิลิตร มาละลายในหม้อโดยใช้ไฟอ่อน จนแบ่งเปือกมีลักษณะเหนียวใส ทิ้งให้เย็นที่อุณหภูมิห้องก่อนนำมาเป็นส่วนผสม (Piyang & Chaichan, 2018) ผสมเศษเหง้ามันสำปะหลัง ขาน้อย และตัวประสานด้วยเครื่องผสมมอร์ตาร์ (T-11005 Mortar Mixer, TEQ) นำวัสดุที่ผ่านการผสมมาอัดขึ้นรูปด้วยแม่พิมพ์ให้ชิ้นงานมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 200 มิลลิเมตร สูง 90 มิลลิเมตร ผนังหนา 10 ± 1 มิลลิเมตร

ตามแบบอัดขึ้นรูปโดยแรงกดอัดจากเครื่องอัดไฮดรอลิก 10 ตัน กดแชเป็นเวลา 5 นาที แล้วปล่อยทิ้งไว้เป็นเวลา 15 นาที จากนั้นนำออกมาตั้งให้แห้งที่อุณหภูมิห้อง และนำไปอบด้วยเครื่องอบลมร้อน Horizontal Flow Oven รุ่น WOF-105 ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 6 ชั่วโมง (Wisetsin, 2010) แล้วนำชิ้นงานกระถางไปทดสอบคุณสมบัติทางกลและทางกายภาพต่อไป

การทดสอบคุณสมบัติของชิ้นงาน

การทดสอบคุณสมบัติทางกลโดยหาค่าความเค้นแรงกดในหน้าชิ้นงานจริงด้วยเครื่องทดสอบ ความต้านทานต่อแรงกดอัดของวัสดุ (Compressive Test) ยี่ห้อ Hounsfield รุ่น H50K มีความสามารถในการกดมากที่สุด 2,000 KN ระยะกดมากที่สุด 200 mm. บันทึกข้อมูลทุก 0.004 mm. ศึกษาลักษณะการเสียรูปหรือแตกหักของชิ้นงาน โดยการกดเริ่มจากเพิ่มแรงกดอย่างช้า ๆ และสม่ำเสมอจนกระทั่งชิ้นงานเสียรูป

ทดสอบสมบัติทางกายภาพโดย 1) หาค่าการดูดซับน้ำตามมาตรฐาน มอก. 876 - 2547 ทำการตัดตัวอย่างทดสอบขนาดกว้าง 50 มิลลิเมตร ยาว 50 มิลลิเมตร ตัดจากด้านบนของกระถางต้นไม้ วัดน้ำหนักชิ้นทดสอบด้วยเครื่องชั่งแบบละเอียดก่อนแช่ชิ้นงานตัวอย่างในน้ำสะอาดที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นนำชิ้นตัวอย่างขึ้นมาชั่งน้ำหนักที่ผิวออกให้หมดด้วยผ้าหมาด แล้วปล่อยไว้ที่อุณหภูมิห้อง โดยวางขอบด้านใดด้านหนึ่งอยู่บนแผ่นวัสดุที่ไม่ดูดซึมน้ำ ปล่อยชิ้นทดสอบไว้อีก 24 ชั่วโมง จากนั้นนำชิ้นตัวอย่างขึ้นมาวัดน้ำหนัก หาสมบัติการดูดซึมน้ำ ดังนี้

$$\text{ร้อยละการดูดซึมน้ำ} = \frac{W - W_0}{W_0} \times 100 \quad (1)$$

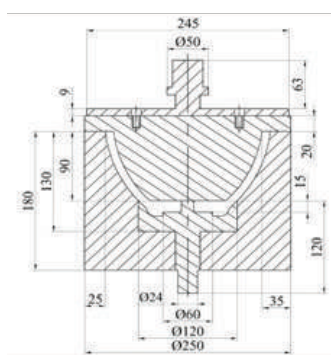
โดยที่ W คือน้ำหนักของชิ้นงานตัวอย่างหลังการแช่น้ำ (กรัม) และ W_0 คือน้ำหนักของชิ้นงานตัวอย่างก่อนการแช่น้ำ (กรัม) 2) ทดสอบการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพจากการใช้งาน โดยจะนำชิ้นงานใส่ดินสำหรับปลูกพืชและทำ

การรดน้ำปริมาณ 200 มิลลิลิตรต่อกระถางตัวอย่าง วันละ 1 ครั้ง ในตอนเช้าเป็นระยะเวลา 14 วัน (นุชนาฏ และกนกรัตน์, 2560)

ผลการทดลองและอภิปรายผล

ออกแบบชุดแม่พิมพ์กระถาง

ในการขึ้นรูปกระถางเป็นกระบวนการอัดเย็นโดยใช้เครื่องอัดไฮดรอลิกขนาด 10 ตัน ขณะทำการกดอัดขึ้นรูปกระถางในแนวตั้งจะมีแรงกดบางส่วนกระจายเบียดไปบริเวณด้านข้างหรือผนังของแม่พิมพ์ อาจทำให้ผนังของแม่พิมพ์เกิดการแตกหักได้ จากการคำนวณหาค่าแรงเฉลี่ยจากแรงที่กระทำต่อพื้นที่ในการรับแรงของกระถางปลูกต้นไม้ จึงเลือกใช้โลหะอลูมิเนียม 6061 แทนเหล็ก เนื่องจากโลหะอลูมิเนียมเกรด 6xxx เป็นโลหะอลูมิเนียมผสมแมกนีเซียมกับซิลิกอน มีสัดส่วนและปริมาณโดยทั่วไป คือแมกนีเซียม 0.6 - 1.2 เปอร์เซ็นต์ และซิลิกอน 0.4 - 1.3 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งถือว่าเป็นส่วนผสมที่มีอัตราส่วนน้อย โดยโลหะผสมดังกล่าวสามารถทำการเพิ่มความแข็งแรงด้วยการเติมสัดส่วนของโครเมียมหรือทองแดงเข้าไปได้ เหมาะกับการนำไปทำแม่พิมพ์ ในส่วนโลหะประเภทเหล็กหล่ออื่นนั้นเหล็กที่มีปริมาณธาตุคาร์บอนมากกว่า 1.7 เปอร์เซ็นต์ หรือ 2 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเหล็กชนิดนี้จะขึ้นรูปได้ด้วยวิธีหล่อเท่านั้น เพราะปริมาณคาร์บอนที่สูงทำให้โครงสร้างมีคุณสมบัติที่แข็งแต่เปราะจึงไม่สามารถขึ้นรูปด้วยวิธีการรีดหรือวิธีทางกลอื่น ๆ ได้ หลักสำคัญในการออกแบบรูปร่างของตัวกระถาง คือให้มีลักษณะเป็นรูปทรงถาด เนื่องจากรูปร่างที่สวยงาม สามารถปลูกอยู่ใต้ดินได้หรือสามารถแขวนปลูกก็ได้ โดยออกแบบให้ชิ้นงานกระถางมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 200 มิลลิเมตร สูง 90 มิลลิเมตร หนา 10 มิลลิเมตร สามารถแสดงดัง Figure ที่ 2 ผลการขึ้นรูปชิ้นงานจากเศษเหล็กมันสำปะหลังผสมขานอ้อยด้วยแรงกดอัดจากเครื่องอัดไฮดรอลิก 10 ตัน กดแชเป็นเวลา 5 นาที แล้วปล่อยทิ้งไว้เป็นเวลา 15 นาที จากนั้นนำไปอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 6 ชั่วโมง ได้ผลการขึ้นรูปดัง Figure 3



(a) Draft of plant pot mod



(b) Aluminum pot mod

Figure 2 Draft plant pot mod and aluminum pot mod



Figure 3 Plant pot mod from the cassava rhizome and bagasse by hydraulic machine

ผลการทดสอบสมบัติทางกล

การทดสอบคุณสมบัติทางกลเป็นการทดสอบหาค่าความเค้นแรงกดในหน้าขึ้นงานกระถางต้นไม้ที่อัดขึ้นรูปจากเศษเหง้ามันสำปะหลังผสมขาน้อยที่ร้อนผ่านตะแกรงเบอร์ 80 เมช ตามมาตรฐาน ASTM E11 ที่ อัตราส่วนผสม 90:10, 80:20, 70:30, 60:40, 50:50, 40:60, 30:70, 20:80 และ 10:90 โดยน้ำหนัก ตามลำดับ ทำการทดสอบแรงกดโดยใช้เครื่องทดสอบแรงกดยี่ห้อ Hounsfield รุ่น H50KS สามารถเปรียบเทียบค่าความเค้นแรงกด ดัง Table 1

Table 1 The compressive force of plant pot from cassava rhizome and bagasse

Ratio of cassava rhizome and bagasse (%w)		Compressive force (N)	Compressive stress (N/mm ²)
Cassava Rhizome	Bagasse		
90	10	2,669.13±6.87 ^a	0.11±2.25 ^a
80	20	2,704.50±4.65 ^a	0.11±1.23 ^a
70	30	2,738.73±4.98 ^a	0.11±1.14 ^a
60	40	2,613.96±6.57 ^a	0.11±2.18 ^a
50	50	3,459.66±7.37 ^b	0.14±3.25 ^b
40	60	3,586.76±4.87 ^b	0.15±1.20 ^b
30	70	4,441.56±5.47 ^c	0.18±1.94 ^c
20	80	4,472.06±6.00 ^c	0.18±2.12 ^c
10	90	4,613.59±6.88 ^c	0.19±2.27 ^c

Means within the same column followed by different latter are significantly different ($p \leq 0.05$)

เมื่อเปรียบเทียบค่าความเค้นแรงกดของกระถางปลูกต้นไม้จากเศษเหง้ามันสำปะหลังผสมขาน้อยพบว่าเมื่อปริมาณขาน้อยเพิ่มมากขึ้นความสามารถรับความเค้นแรงกดเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากเส้นใยขาน้อยมีองค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นเซลลูโลสร้อยละ 68.50 เฮมิเซลลูโลสร้อยละ 18.80 ลิกนินร้อยละ 6.40 เพคตินร้อยละ 1.10 ไขมันและแวกซ์ร้อยละ 3.20 โดยปริมาณองค์ประกอบเหล่านี้จะทำให้เส้นใยมีลักษณะค่อนข้างใหญ่ และหยากกระต้าง ลักษณะของเส้นใยติดเป็นแพจำนวน 2-8 เส้น โดยเส้นใยขาน้อยมีความแข็งแรง จับโค้งงอได้ดี ไม่หักง่าย เหนียวทนน้ำได้ดี (Poonpipat, 2021) ขึ้นงานกระถางต้นไม้ขึ้นรูปจากเศษเหง้ามันสำปะหลังผสมขาน้อยที่อัตราส่วนผสม 10:90 โดยน้ำหนักมีค่าความเค้นแรงกดสูงสุดคือ 0.19±2.27 นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร

ผลการทดสอบสมบัติทางกายภาพ

ตัดขึ้นกระถางต้นไม้ที่อัดขึ้นรูปจากเศษเหง้ามันสำปะหลังผสมขาน้อยขนาดกว้างและยาว 50 มิลลิเมตรโดยตัดจากด้านบนของกระถางต้นไม้ทำการวัดน้ำหนักก่อนและหลังแช่น้ำที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ได้ผลดัง Table 2 ข้อมูลหลังการดูดซับน้ำในแต่ละอัตราส่วนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) การวัดน้ำหนักของกระถางปลูกต้นไม้จากเศษเหง้ามันสำปะหลังและขาน้อยพบว่าน้ำหนักก่อนการแช่น้ำทุกอัตราส่วนอยู่ในช่วง 10.18-10.67 กรัม และน้ำหนักหลังจากแช่น้ำมีน้ำหนักมากกว่าก่อนการแช่น้ำในทุกอัตราส่วนมีน้ำหนักอยู่ในช่วง 11.17-13.93 กรัม เนื่องจากเส้นใยของเศษเหง้ามันสำปะหลังและขาน้อยมีเซลลูโลสเป็นองค์ประกอบหลักเมื่อทำการวิเคราะห์ร้อยละการดูดซึมน้ำแสดงดัง Figure 4

Table 2 The weight of water absorption of plant pot from cassava rhizome and bagasse

Ratio of cassava rhizome and bagasse		Weight of water absorption (g)	
Cassava Rhizome	Bagasse	Before	After
90	10	10.27±1.07 ^a	13.93±1.12 ^c
80	20	10.67±1.49 ^a	13.54±1.87 ^c
70	30	10.40±1.04 ^b	13.72±1.56 ^c
60	40	10.48±1.25 ^b	12.33±0.94 ^b
50	50	10.52±1.68 ^c	12.62±1.13 ^b
40	60	10.18±1.41 ^a	11.34±1.62 ^a
30	70	10.60±1.62 ^c	11.64±0.97 ^a
20	80	10.40±1.44 ^b	11.51±1.54 ^a
10	90	10.34±1.02 ^a	11.17±2.35 ^a

Means within the same column followed by different latter are significantly different ($p \leq 0.05$)

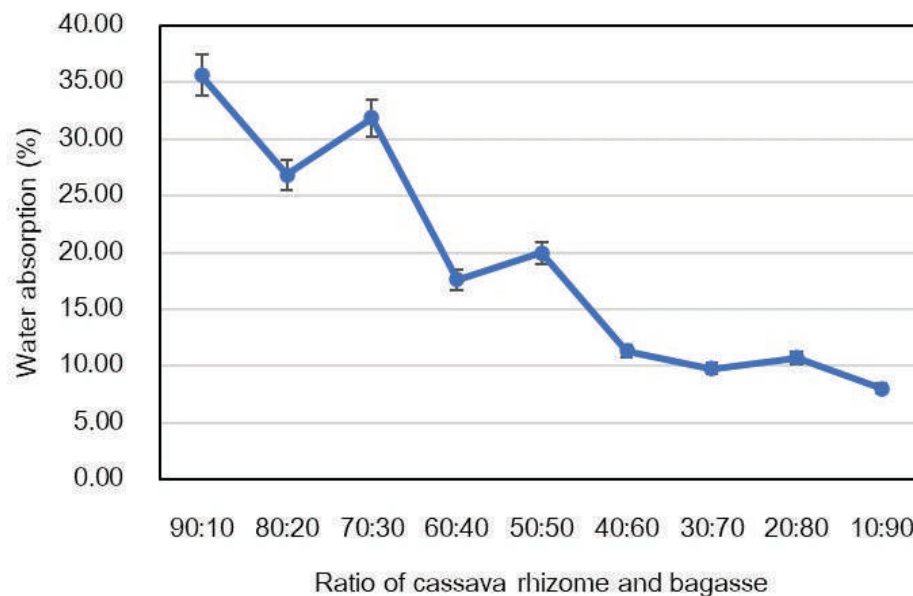
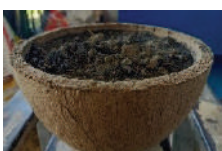
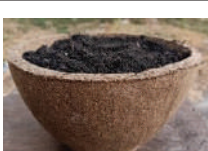
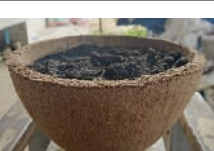
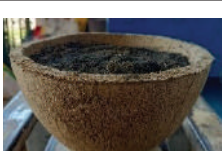
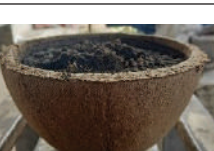
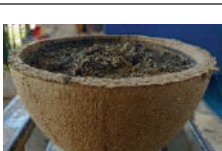
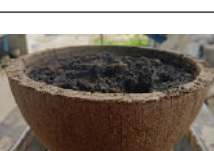
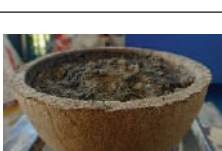


Figure 4 The percentage of water absorption of plant pot from cassava rhizome and bagasse

จากการทดสอบสมบัติการดูดซึมน้ำของกระถางปลูกต้นไม้จากเศษเหง้ามันสำปะหลังผสมขานอ้อย พบว่าอัตราส่วนผสม 90:10 มีอัตราการขยายตัวมากที่สุดร้อยละ 35.63 และอัตราส่วนผสม 10:90 มีอัตราการขยายตัวน้อยที่สุดร้อยละ 8.02 โดยการดูดซึมน้ำของกระถางจากเศษเหง้ามันสำปะหลังผสมขานอ้อยที่อัตราส่วน 90:10 มีปริมาณมาก เนื่องจากเหง้ามันสำปะหลังจัดเป็นวัตถุบประเภทลิกโนเซลลูโลส ซึ่งมีโครงสร้างซับซ้อนและแข็งแรงประกอบด้วย 3 องค์ประกอบหลักคือ เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนิน ซึ่งเมื่อถูกแช่น้ำลิกโนเซลลูโลสซึ่งมีโครงสร้างที่แข็งแรงสามารถดูดซับน้ำ

เข้าไปในโมเลกุลได้ปริมาณมาก สอดคล้องกับการศึกษาของ Sanguansuk, 2009 และ Kaewchuea & Kiatnukul, 2011 ที่พบว่าเมื่อนำกระถางต้นไม้จากชีเลื่อยมาทดสอบจะมีปริมาณของช่องว่างวัสดุมากจนทำให้น้ำแทรกเข้าไปในวัสดุที่อยู่ในเนื้อชิ้นส่วนได้มากทำให้เกิดการดันตัวของชิ้นส่วนออกมาทำให้เกิดการพองตัวได้มาก เมื่อทำการทดสอบการเสียรูปทรงจากการใช้งานระยะเวลา 14 วัน ที่อุณหภูมิห้อง โดยนำชิ้นงานใส่ดินปลูกและทำการรดน้ำปริมาณ 200 มิลลิลิตร วันละ 1 ครั้ง ทุกเช้า จากการสังเกตด้วยสายตา แสดงดัง Table 3

Table 3 The deformation of plant pot from cassava rhizome and bagasse storage at room temperature for 14 day.

Ratio of cassava rhizome and bagasse		Storage time (day) at room temperature		
Cassava Rhizome	Bagasse	Day 1	Day 7	Day 14
90	10			
80	20			
70	30			
60	40			
50	50			
40	60			
30	70			
20	80			
10	90			

จาก Table 3 แสดงให้เห็นลักษณะการเสียรูปทรงทางกายภาพจากการใช้งานเป็นระยะเวลา 14 วัน พบว่ากระถางต้นไม้จากเศษหางมันสำปะหลังผสมขี้เถ้าอัตราส่วน 10:90 มีการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพน้อยกว่าอัตราส่วนผสมอื่น สอดคล้องกับผลการทดสอบการดูดซับน้ำที่อัตราส่วนนี้มีความสามารถในการดูดซับน้ำได้น้อยกว่าอัตราส่วนอื่น และเส้นใยขี้เถ้ามีเส้นใยค่อนข้างเหนียว ความสามารถในการดูดซับน้ำและขยายตัวได้น้อยกว่าอัตราส่วนผสมอื่น

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

จากการหาอัตราส่วนของเศษหางมันสำปะหลังผสมขี้เถ้าที่เหมาะสม โดยนำเศษหางมันสำปะหลังและขี้เถ้าที่ร่อนผ่านกระแกรงเบอร์ 80 เมช ตามมาตรฐาน ASTM E11 ทำการอัดขึ้นรูปด้วยแรง 10 ตัน กดแช่เป็นเวลา 5 นาที ด้วยเครื่องอัดไฮดรอลิก และปล่อยให้แห้งเป็นเวลา 15 นาที พบว่า วัสดุที่ผลิตได้จากเศษหางมันสำปะหลังและขี้เถ้าในภาคเกษตรกรรมสามารถทำการขึ้นรูปและผลิตเป็นกระถางต้นไม้ได้ อัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างเศษมันสำปะหลังและขี้เถ้าที่ส่งผลต่อคุณสมบัติทางกลและทางกายภาพ พบว่า อัตราส่วน 10:90 มีค่าความเค้นแรงกดอัดค่าความเค้นแรงกดมากที่สุด คือ 0.196 นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร จากการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของชิ้นงานโดยการทดสอบอัตราการขยายตัวเมื่อสัมผัสความชื้นพบว่า อัตราส่วนผสมระหว่างเศษหางมันสำปะหลังผสมขี้เถ้าที่ 10:90 มีเปอร์เซ็นต์การขยายตัวเมื่อสัมผัสความชื้นน้อยที่สุด คือร้อยละ 8.02 การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพโดยการสังเกตลักษณะผิวภายนอก การคงรูปทรง และการแตกร้าวของกระถางปลูกต้นไม้ จากสภาพการใช้งานจริงเป็นระยะเวลา 14 วัน พบว่า อัตราส่วนผสมระหว่างเศษหางมันสำปะหลังผสมขี้เถ้าที่ 10:90 มีสภาพการเสียรูปทรงจากการใช้งานจริงน้อยที่สุด งานวิจัยนี้จะมีผลสัมฤทธิ์มากยิ่งขึ้นหากมีการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีด้านอื่น ๆ ของเศษหางมันสำปะหลังและขี้เถ้าก่อนและหลังการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์เพิ่มเติม หากมีการทดลองปลูกพืชจริงจะทำให้งานวิจัยสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้มากขึ้น และเป็นแนวทางในการนำเศษเหลือทางเกษตรอื่น ๆ เช่น เปลือกข้าวโพด ฟางข้าว มาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ เพื่อเป็นการจัดการของเหลือทิ้งให้เกิดประโยชน์สูงสุด

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสาขาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ที่ได้สนับสนุนเครื่องมือ อุปกรณ์ต่างๆ และเปิดโอกาสให้ได้ทำงานวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- จันทิมา ช้างสิริพร, พฤทธยา พงศ์ยี่หล้า และนิรนา ชัยฤกษ์. (2565). การผลิตบรรจุภัณฑ์เยื่อกระดาษขึ้นรูปจากฟางข้าวและขี้เถ้าโดยใช้โคโคซานเคลือบผิว. *วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา*, 27(1), 20-30.
- นิพนธ์ ดันไพบลีย์กุล, ธรพร บุศย์น้ำเพชร, กนกวรรณ ศุภนันท์ และพิมพ์ภา โพธิ์ลังกา. (2565). กระถางชีวภาพจากผักตบชวาโดยใช้แป้งมันสำปะหลังและกากมันสำปะหลังเป็นตัวประสาน. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ*, 8(1), 56-69.
- นุชนาฏ นิลอ และกนกรัตน์ นาวิการ. (2560). การผลิตกระถางเพาะชำต้นจากวัสดุเหลือใช้อุตสาหกรรมปาล์มน้ำมัน. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย.
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. (2566, May). ข้อมูลพื้นฐานจังหวัดตาก. <https://www.opsmoac.go.th/tak-dwl-files-441591791909/>
- อุกฤษ อุณหเลขกะ. (2565). การส่งเสริมเกษตรกรเก็บซากวัสดุทางการเกษตรผ่านแอปพลิเคชัน รีคัลท์. สำนักงานการวิจัยแห่งชาติ (วช). https://Khonthai4-0.net/system/resource/file/kpfgo_content_attach_file_320_1.pdf.
- Chungsiriporn, J., Pongyeela, P., & Chairerk, N. (2022). Production of Molded Pulp Packaging from Rice Straw and Bagasse Coating by Chitosan. *Burapha Science Journal*, 27(1), 20-30.
- Kaewmanee, J. (2021). The production of biodegradable flowerpot from sludge of rubber factory with waste from mushroom culture and palm bunches. *ASEAN Journal of Scientific and Technological Reports*, 24(1), 84-93.
- Kaewchuea, P., & Kiatnukul, W. (2011). Project for the development of plant pots from sawdust. *The 8th National Kasetsart University Kamphaeng Saen Conference*, December 8-9, 2011, Kasetsart University Kamphaeng Saen Campus, Nakhon Pathom: Kasetsart University.
- Nunkong, W., & Saeui, Nattaporn. (2020). Possibility of growing material from bagasse sawdust and eggshell. *The 12th NPRU National Academic Conference*, Nakhon Pathom Rajabhat University.
- Piyang, T., Sagulsawasdiapan, K., & Chaichan, W. (2018). Production plant pot from palm oil sludge mixed mushroom cultivation waste. Faculty of science and fisheries technology, Rajamengals University of Technology Srivijaya.

- Poonpipat, C. (2021). *Development of natural rubber composites filled with cellulose fiber from sugarcane bagasse* [Master dissertation, Chulalongkorn University].
- Sanguansuk, P. (2009). *Development of molded-pulp pot packaging from palm oil sludge and activated sludge cake for plant seedlings* [Master dissertation, Kasetsart University].
- Thammachot, N., Muksan, C., & Sakmas, C. (2019). *Flower pot from empty fruit bunch fiber of oil palm and wood dust*. Rajamengals University of Technology Srivijaya.
- Wisetsin, W. (2010). *Development of Nursery pot products from paper wastes in hat yai city municipality* [Master dissertation, Prince of Songkla University].