

การศึกษาและทดลองวัสดุผสมจากมูลช้างเพื่อพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ชุมชน
**THE STUDY AND EXPERIMENTAL COMPOSITE MATERIAL
OF ELEPHANT DUNG FOR THE PRODUCT
DEVELOPMENT COMMUNITY**

รองศาสตราจารย์ ดร. ตระกูลพันธ์ พันธ์เมธา

สาขาการออกแบบ คณะศิลปกรรมและสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

E-mail : hounktp@gmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาและทดลองการผลิตวัสดุผสม (Composites) ระหว่างวัสดุหลัก (Matrix) กับ วัสดุเสริมแรง (Reinforcement) จากมูลช้าง เพื่อทดสอบวัสดุผสมมูลช้างด้านการอัดขึ้นรูปขึ้นงานลงในแม่พิมพ์และการดูดซึมน้ำ และเพื่อทดลองการออกแบบงานหัตถกรรมของใช้ของที่ระลึกและสร้างผลิตภัณฑ์ต้นแบบจากวัสดุผสมมูลช้าง ประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ 1) วัสดุหลัก ได้แก่ กาวลาเท็กซ์ และ ปูนปลาสเตอร์ วัสดุเสริมแรง ได้แก่ มูลช้างจากปางช้าง 2) กระบวนการผลิตวัสดุผสมจากมูลช้าง (การเตรียมวัสดุผสม การผสมวัสดุหลักกับวัสดุเสริมแรงและการขึ้นรูปวัสดุผสมมูลช้าง) เครื่องมือในการวิจัยประกอบด้วย 1) แบบบันทึกผลการทดลองการผลิตวัสดุผสมจากมูลช้าง 2) แบบประเมินผลผลิตภัณฑ์ต้นแบบ การวิเคราะห์ข้อมูลใช้ ค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ผลการวิจัยสรุปได้ 3 ส่วน ดังนี้

1. ผลการเตรียมวัสดุผสมจากมูลช้างเพื่อนำมาทดลองการผลิตวัสดุผสม พบว่า 1) ได้สูตรการต้มเยื่อมูลช้าง EDB 1 สัดส่วนการต้มเยื่อ (กรัม) 1 : 19 : 0.20 (มูลช้างแห้ง : น้ำสะอาด : โซเดียมไฮดรอกไซด์) 2) สูตรปั่นเยื่อมูลช้าง EDS 1 สัดส่วนการปั่นเยื่อ (กรัม) 1 : 40 (มูลช้างต้ม EDB 2 (แห้ง) : น้ำสะอาด)

2. ผลการทดลองการผลิตวัสดุผสม พบว่า การทดลองวัสดุผสมระหว่างวัสดุหลัก กับ วัสดุเสริมแรงจากมูลช้าง โดยผลการทดลองมีส่วนสำคัญที่พบจำแนกเป็น 4 ประเด็น คือ 1) ได้สูตรวัสดุผสมจำนวน 3 สูตร ได้แก่ วัสดุผสมสูตร EDC 1 EDC 2 และ EDC 3 (กาวลาเท็กซ์ : ปูนปลาสเตอร์ : เยื่อมูลช้าง : น้ำ : สีฝุ่น) 2) ผลการทดสอบนำสูตรวัสดุผสมมูลช้างอัดขึ้นรูปขึ้นงานลงในแม่พิมพ์ยางซิลิโคน พบว่า วัสดุผสม สูตร EDC 1 ($\bar{X}=3.71$) และ สูตร EDC 2 ($\bar{X}=3.57$) โดยภาพรวมผลการทดสอบอยู่ในระดับดี รองลงมา สูตร EDC 3 ($\bar{X}=3.42$) โดยภาพรวมผลการทดสอบอยู่ในระดับปานกลาง 3) ผลการทดสอบการดูดซึมน้ำของวัสดุผสมมูลช้าง พบว่า สูตร EDC 2 มีการดูดซึมน้ำหรือความชื้นมากที่สุด รองลงมา สูตร EDC 3 และ สูตร EDC 1 ตามลำดับ 4) ผลการประมาณราคาต้นทุนวัสดุในการผลิตชิ้นงานวัสดุผสม พบว่า ชิ้นงานขนาด 9x9x15 ซม. วัสดุผสมสูตร EDC 3 มีราคาต้นทุนวัสดุในการผลิต 12.24 บาท สูตร EDC 1 ราคาต้นทุน 14.23 บาท และ สูตร EDC 2 ราคาต้นทุน 18.90 บาท ตามลำดับ

3. ผลการประเมินผลิตภัณฑ์ต้นแบบ พบว่า ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์ ผู้ผลิต และ ผู้จำหน่ายงานหัตถกรรมของปางช้าง ที่มีต่อผลิตภัณฑ์ต้นแบบมีค่าเฉลี่ยโดยรวมมีความพึงพอใจอยู่ในระดับดี รายการข้อที่ประเมินความพึงพอใจอยู่ในระดับดีมาก คือ การนำวัสดุเหลือใช้มาเพิ่มมูลค่าและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม และความเหมาะสมในการนำวัสดุผสมมาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ นอกจากนี้รายการข้อที่ประเมินผลทุกข้อมีความพึงพอใจอยู่ในระดับดีถึงดีมาก ซึ่งจะเป็นแนวทางในการออกแบบและพัฒนางานหัตถกรรมจากวัสดุผสมมูลช้างต่อไป

คำสำคัญ : มูลช้าง, วัสดุผสม

Abstract

The research aimed to carry out an experiment on the production of composite objects formed by matrix and reinforcement materials made from elephant dung, to test the forming from mold and absorbed water of composite object, and to design the handicraft and made prototypes. The population and the sample were 1) the matrix materials such as latex adhesive and plaster; and reinforcement materials made from elephant dung. 2) the production of composite materials from elephant dung. (preparation of elephant dung, mixing of matrix and reinforcement materials, and forming) The data were collected by 1) the results recorded material, and 2) the evaluation prototypes. The data were analyzed by percentage, mean and standard deviation.

The results were as follows:

1. The preparation elephant dung results showed that 1) the first EDB1 (gram) 1: 19: 0.20 (dry elephant dung: clean water: sodium hydroxide); and the second EDS1 (gram) 1: 40 (dry elephant dung (EDB1): clean water)

2. The experimental results production of composite materials showed that 1) three formulas were obtained: EDC1, EDC2 and EDC3 formulas - Latex adhesive, plaster, dry fibers of elephant dung, clean water, sodium benzoate and iron oxide. 2) testing the forming from silicone rubber molding of the composite material showed that EDC1 formula ($\bar{X}=3.71$) and EDC2 ($\bar{X}=3.57$) were at a good level while EDC3 ($\bar{X}=3.42$) was medium. 3) testing the absorbed water of composite object showed that the first EDC2 has absorbed the most water; the second EDC1; and the third EDC3 respectively. 4) the cost materials for the production of composite object 9 cm. x 9 cm. x 15 cm. showed that the first EDC3 12.24 baht; the second EDC1 14.23 baht; and the third EDC2 18.90 baht respectively.

3. The sample product assessment showed that the overall satisfaction of the product design experts, manufacturers, and handicraft sellers was at a good level. The rate of satisfaction was at a very good level is waste of adding value, environment friendly, and suitable materials elephant dung to produce a product, in addition an evaluation of all the satisfaction in the good to very good. This will guide the design and development of handicrafts from elephant dung composite material further.

Key words: elephant dung, composite material

บทนำ

พื้นที่ภาคเหนือตอนบนของประเทศไทย จังหวัดเชียงใหม่ถือได้ว่าเป็นแหล่งพื้นที่การท่องเที่ยวและเป็นศูนย์กลางการผลิตงานหัตถกรรมที่มีชื่อเสียงของภาคเหนือ โดยเฉพาะการท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมและการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมและธรรมชาติ ตำบลก๊อตช้าง อำเภอแม่แตง เป็นแหล่งท่องเที่ยวของจังหวัดเชียงใหม่ เป็นพื้นที่ต้นน้ำมีสถานที่ท่องเที่ยวใกล้ชิดกับธรรมชาติ มีสภาพแวดล้อมบรรยากาศของหุบเขาและสายน้ำ โดยเฉพาะธุรกิจปางช้างได้เปิดให้บริการนักท่องเที่ยวชาวไทยและชาวต่างชาติได้มาเที่ยวชมการแสดงของช้างไทยและร่วมทำกิจกรรมของปางช้างซึ่งมีปางช้างที่เปิดให้บริการ เช่น ปางช้างแม่แตง ปางช้างแม่แตง ปางช้างโชคชัย บ้านช้างไทย เป็นต้น คุณเสถียรใจคำ (สัมภาษณ์วันที่ 10 มกราคม 2559) นายกองค้การบริหารส่วนตำบลก๊อตช้าง กล่าวว่า ปัจจุบันจำนวนประชากรช้างในตำบลก๊อตช้างมีเกือบ 400 เชือก ใช้ในกิจกรรมต่างๆ ในปางช้าง ได้แก่ การแสดงต่างๆ ของช้าง บริการนั่งช้างให้นักท่องเที่ยว รวมถึงการมีส่วนร่วมในกิจกรรมการเลี้ยงช้าง ดูแลช้าง อาบน้ำให้ช้าง ซึ่งทางปางช้างต่างๆ ในตำบลก๊อตช้างจะต้องดูแลและให้อาหารช้างในแต่ละวันหลายพันกิโลกรัม ได้แก่ หญ้าเนเปียร์ ต้นข้าวโพด และมีอาหารเสริมเช่น กล้วยและอ้อย เป็นต้น ในแต่ละวันมีการขับถ่ายมูลช้างจำนวนมากเฉลี่ยต่อวันประมาณ 6,000 กิโลกรัม ก่อให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อมต่อชุมชน ด้านน้ำเสีย กลิ่น และหมอกควันจากการเผามูลช้าง (กิตติกร สาสุจิตต์, 2556) มูลช้างเหล่านี้บางส่วนสามารถนำไปหมუნเวียนใช้ในการผลิตปุ๋ยหมัก กระดาษมูลช้าง และแก๊สชีวภาพ และพบว่าศูนย์อนุรักษ์ช้างไทย ตำบลเวียงตาล อำเภอห้างฉัตร จังหวัดลำปาง ก็ได้นำมูลช้างมาผลิตเป็นกระดาษมูลช้างเช่นกัน เพื่อเพิ่มมูลค่าและในขณะเดียวกันช่วยลดมลภาวะของมูลช้างได้บางส่วน ซึ่งมูลช้างก็ยังมีปริมาณค่อนข้างมาก จึงควรมีการนำมูลช้าง

มาทดลองและพัฒนาเป็นวัสดุที่ใช้ผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ของใช้ของที่ระลึกที่มีความหลากหลายนอกจากผลิตภัณฑ์กระดาษมูลช้าง โดยการนำมูลช้างมาใช้เป็นส่วนประกอบในการทดลองวัสดุผสมเพื่อนำมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ของใช้ของที่ระลึกของชุมชนกีดช้าง

จะเห็นได้ว่าจำนวนมูลช้างในธุรกิจการท่องเที่ยวปางช้าง ตำบลกีดช้าง อำเภอแม่แตง จังหวัดเชียงใหม่ มีปริมาณจำนวนมากในแต่ละเดือนและมีผลกระทบต่อชุมชนและสิ่งแวดล้อม แนวคิดการนำมูลช้างกลับมาใช้ให้เกิดคุณค่าเป็นผลิตภัณฑ์ชุมชน ซึ่งเป็นแนวทางการออกแบบเชิงนิเวศเศรษฐกิจ (Economic and Ecological Design) คือ กระบวนการที่ผนวกแนวคิดด้านเศรษฐกิจและด้านสิ่งแวดล้อมเข้าไปในขั้นตอนการออกแบบผลิตภัณฑ์โดยพิจารณาตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ ซึ่งจะช่วยลดต้นทุนในแต่ละขั้นตอนของการพัฒนาผลิตภัณฑ์และลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมไปพร้อม ๆ กัน ทำให้ส่งผลดีต่อธุรกิจ ชุมชน และสิ่งแวดล้อม ซึ่งเป็นแนวทางไปสู่การพัฒนาอย่างยั่งยืน (চারรัตน์ มุ่งเจริญ, 2547) โดยใช้หลักการ 4 Rs ได้แก่ 1) การลด (Reduce) หมายถึง การออกแบบผลิตภัณฑ์เพื่อลดการใช้วัตถุดิบหรือเหลือเศษวัสดุให้น้อยที่สุดในกระบวนการผลิต นอกจากนี้การนำวัสดุเหลือใช้ต่าง ๆ มาเป็นวัสดุในการออกแบบ เป็นต้น 2) การใช้ซ้ำ (Reuse) หมายถึง การนำผลิตภัณฑ์ หรือ ชิ้นส่วนของผลิตภัณฑ์ซึ่งผ่านช่วงการนำไปใช้เรียบร้อยแล้วและพร้อมที่จะเข้าสู่ช่วงของการทำลายนำกลับมาใช้ใหม่โดยไม่ต้องผ่านกระบวนการผลิตใหม่ 3) การนำกลับมาใช้ใหม่ (Recycle) หมายถึง การใช้วัสดุที่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ โดยนำมาผ่านกระบวนการผลิตใหม่ ใช้เป็นวัสดุในการออกแบบผลิตภัณฑ์ของใช้ต่าง ๆ ใหม่ได้อีก 4) การซ่อมบำรุง (Repair) หมายถึง การออกแบบผลิตภัณฑ์ให้ง่ายต่อการซ่อมบำรุง

ซึ่งผู้วิจัยเห็นประเด็นปัญหาข้างต้น จึงควรมีการศึกษาและทดลองวัสดุผสมจากมูลช้างเพื่อพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ชุมชน ซึ่งจะเป็ประโยชน์ต่อกลุ่มงานหัตถกรรมผลิตภัณฑ์ชุมชนปางช้าง หมู่บ้านกีดช้าง ตำบลแม่แตง จังหวัดเชียงใหม่ นอกจากนี้สามารถนำองค์ความรู้ที่ได้จากการวิจัยนำไปถ่ายทอดเทคโนโลยีให้กับชุมชน เพื่อสร้างอาชีพ สร้างรายได้

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาและทดลองการผลิตวัสดุผสม (Composites) ระหว่างวัสดุหลัก (Matrix) กับ วัสดุเสริมแรง (Reinforcement) จากมูลช้าง
2. เพื่อทดสอบวัสดุผสมมูลช้างด้านการอัดขึ้นรูปชิ้นงานลงในแม่พิมพ์และการดูดซึมน้ำ
3. เพื่อทดลองการออกแบบงานหัตถกรรมของใช้ของที่ระลึกและสร้างผลิตภัณฑ์ต้นแบบจากวัสดุผสมมูลช้าง

อุปกรณ์และวิธีการ

1. วิธีดำเนินการวิจัย

ขั้นตอนที่ 1 ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับปริมาณและลักษณะของมูลช้างในปางช้าง ศึกษาวัสดุผสมหรือวัสดุคอมโพสิตที่มีวัสดุอื่นอย่างน้อย 2 ชนิดขึ้นไปเป็นองค์ประกอบวัสดุผสมประกอบด้วยสองส่วนสำคัญ คือ ส่วนวัสดุหลัก (Matrix) กับ วัสดุเสริมแรง (Reinforcement) ศึกษาการขึ้นรูปชิ้นงานวัสดุผสมด้วยวิธีแบบอัดเย็น (Cold Molding) เป็นกรรมวิธีการขึ้นรูปชิ้นงานโดยใช้แรงอัดลงบนแม่พิมพ์ ศึกษาแนวคิดทฤษฎีการออกแบบเชิงนิเวศเศรษฐกิจ และปัจจัยที่มีผลต่อการออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์

ขั้นตอนที่ 2 1) กำหนดประชากรและกลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ วัสดุผสม ประกอบด้วย 1) วัสดุหลัก (Matrix) ที่มีคุณสมบัติเป็นวัสดุประสานจับยึดวัสดุอื่นให้คงรูปที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้ ได้แก่ กาวลาเท็กซ์ (ATM – A 9000) และปูนปลาสเตอร์ไทยฮงสะ (ตรามือ) 2) วัสดุเสริมแรง (Reinforcement) ที่มีคุณสมบัติเพิ่มความแข็งแรงที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้ ได้แก่ มูลช้างจากปางช้างแม่ตะมาน

ขั้นตอนที่ 3 1) การเตรียมวัสดุผสมขึ้นเพื่อนำมาทดลองการผลิตวัสดุผสมระหว่างวัสดุหลักและวัสดุเสริมแรง โดยการต้มมวลขึ้นและการปั่นเยื่อมวลขึ้น 2) ทดลองการผลิตวัสดุผสมระหว่างวัสดุหลัก (Matrix) กับ วัสดุเสริมแรง 3) ทดสอบนำสูตรวัสดุผสมจากมวลขึ้นอัดขึ้นรูปชิ้นงานลงในแม่พิมพ์ยางซิลิโคน 4) ทดสอบคุณสมบัติการดูดซึมน้ำของวัสดุผสมมวลขึ้น 5) ประมาณราคาต้นทุนวัสดุในการผลิตชิ้นงานวัสดุผสมมวลขึ้น

ขั้นตอนที่ 4 1) สร้างผลิตภัณฑ์ต้นแบบจากวัสดุผสมมวลขึ้น 2) นำผลิตภัณฑ์ต้นแบบไปประเมินผล โดยผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์ จำนวน 5 คน ผู้ผลิตและผู้จำหน่ายงานหัตถกรรมของปางช้าง จำนวน 7 คน

2. วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

ตอนที่ 1 การเตรียมวัสดุผสมขึ้นเพื่อใช้ในการทดลองวัสดุผสม 1.1 การทำความสะอาดมวลขึ้น 1) ตัวอย่างมวลขึ้นจากปางช้างแม่ตะมาน 2) น้ำสะอาด และโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) (ทำให้มวลขึ้นเปื่อย) 3) เครื่องชั่งดิจิตอล 4) หม้อต้มสแตนเลสแบบไม่มีความดัน 5) ถ้วยตวง 6) ปรอทวดอุณหภูมิ 7) ไมค์นเยื่อ 8) ภาชนะใส่เยื่อ 1.2 การปั่นเยื่อมวลขึ้น 1) มวลขึ้นต้มสุกแล้ว 2) น้ำสะอาด 3) เครื่องปั่นน้ำผลไม้ (Philips รุ่น HR2115) 4) ภาชนะใส่เยื่อ 5) ผ้าขาวบางสำหรับกรองเยื่อ

ตอนที่ 2 การทดลองวัสดุผสมระหว่างวัสดุหลัก (Matrix) กับ วัสดุเสริมแรง (Reinforcement) จากมวลขึ้น 1) วัสดุหลักที่มีคุณสมบัติเป็นวัสดุประสานจับยึดวัสดุอื่นให้คงรูปที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้ ได้แก่ กาวลาเท็กซ์ (ATM – A 9000) และ ปูนปลาสเตอร์ไทยสงระ (ตรามือ) 2) วัสดุเสริมแรงที่มีคุณสมบัติเพิ่มความแข็งแรงที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้ ได้แก่ เยื่อมวลขึ้น 3) วัสดุอื่น ได้แก่ น้ำสะอาด สีฝุ่น (Iron Oxide) 4) แม่พิมพ์พลาสติกสำหรับอัดขึ้นรูปชิ้นงานวัสดุผสม ได้ชิ้นงานขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 57.50 มม. ความหนา 18 มม. และนำไปเข้าเครื่องอบแห้งที่อุณหภูมิ 50 °C 5) ตู้อบแห้งไฟฟ้า ขนาด 800 วัตต์ (Dehydrator) 6) เครื่องชั่งดิจิตอล 7) ถ้วยตวง 8) ภาชนะสำหรับผสมวัสดุ



รูปที่ 1 แสดงแม่พิมพ์พลาสติกสำหรับอัดขึ้นรูปชิ้นงานวัสดุผสม

ตอนที่ 3 การทดสอบวัสดุผสมมวลขึ้นอัดขึ้นรูปชิ้นงาน 1) แม่พิมพ์ยางซิลิโคนสำหรับอัดขึ้นรูปชิ้นงาน 2) ภาชนะสำหรับผสมวัสดุ

การทดสอบวัสดุผสมมวลขึ้นอัดขึ้นรูปชิ้นงานลงในแม่พิมพ์ยางซิลิโคน ซึ่งมีการทดสอบด้านต่าง ๆ ดังนี้ 1) ความเหนียวของเนื้อวัสดุผสม หมายถึง ลักษณะความเหนียวของเนื้อวัสดุผสมมีความเหมาะสมในการอัดขึ้นรูปชิ้นงานลงในแม่พิมพ์ 2) ขณะอัดวัสดุผสมลงในแม่พิมพ์ หมายถึง การใช้นิ้วมืออัดวัสดุผสมลงในแม่พิมพ์เพื่อขึ้นรูปชิ้นงานมีความเหมาะสม 3) การแห้งตัวของวัสดุผสมขณะอัดลงในแม่พิมพ์ หมายถึง ระยะเวลาในขณะที่ทำการอัดวัสดุผสมลงในแม่พิมพ์เพื่อขึ้นรูปชิ้นงานนั้น วัสดุผสมมีระยะเวลาการแห้งตัวเหมาะสมกับขนาดของชิ้นงาน 4) การแห้งของชิ้นงานวัสดุผสมและถอดออกจากแม่พิมพ์ หมายถึง ระยะเวลาแห้งของชิ้นงานวัสดุผสมและถอดออกจากแม่พิมพ์ 5) ความแข็งของเนื้อวัสดุผสม หมายถึง ชิ้นงานที่ถอดออกจากแม่พิมพ์และแห้งสนิทมีความแข็งแรงอยู่ในระดับใด 6) น้ำหนักของชิ้นงานวัสดุผสม หมายถึง ชิ้นงานวัสดุผสมมีน้ำหนักเบาอยู่ในระดับใด 7) การหดตัวของชิ้นงานวัสดุผสม หมายถึง ชิ้นงานวัสดุผสมมีการหดตัวน้อยอยู่ในระดับใด

ตอนที่ 4 การทดสอบการดูดซึมน้ำของวัสดุผสมมูลช้าง 1) ภาชนะใส่น้ำสะอาด 2) นาฬิกาจับเวลา

นำตัวอย่างวัสดุผสมมูลช้างไปทดสอบการดูดซึมน้ำ โดยวิธีการดังนี้ 1) เตรียมตัวอย่างชิ้นงานวัสดุผสมที่ได้จากการอัดลงในแม่พิมพ์ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 57.50 มม. ความหนา 18 มม. ขนาด จำนวนสูตรละ 3 ตัวอย่างต่อการทดสอบการดูดซึมน้ำ 2) นำตัวอย่างวัสดุผสมมูลช้างชั่งน้ำหนักก่อนการแช่น้ำ 3) นำตัวอย่างวัสดุผสมมูลช้างแช่น้ำภายในระยะเวลา 5 วินาที 4) นำตัวอย่างวัสดุผสมมูลช้างที่แช่น้ำมาชั่งน้ำหนัก 5) คำนวณหาค่าส่วนต่างของน้ำหนักของน้ำที่วัสดุผสมดูดซึม (น้ำหนักก่อนแช่ – น้ำหนักหลังแช่) และหาค่าเฉลี่ย

3. เครื่องมือการวิจัย

1) เครื่องมือที่ใช้ในการบันทึกผลการทดลองการผลิตวัสดุผสมระหว่างวัสดุหลัก (Matrix) กับ วัสดุเสริมแรง (Reinforcement) จากมูลช้าง เป็นแบบบันทึกผลการทดลองวัสดุ โดยแบ่งเป็น 5 ตอน 1) การเตรียมวัสดุผสมช้างเพื่อใช้ในการทดลองวัสดุผสม 2) การทดลองวัสดุผสมระหว่างวัสดุหลักกับวัสดุเสริมแรงจากมูลช้าง 3) การทดสอบการนำวัสดุผสมมูลช้างอัดขึ้นรูปชิ้นงานลงในแม่พิมพ์ยางซิลิโคน 4) การทดสอบการดูดซึมน้ำของวัสดุผสมมูลช้าง 5) การประมาณราคาต้นทุนวัสดุผสมระหว่างวัสดุหลักกับวัสดุเสริมแรงจากมูลช้าง

2) เครื่องมือที่ใช้ในการรวบรวมข้อมูลการประเมินผลผลิตภัณฑ์ต้นแบบเป็นคำถามเกี่ยวกับระดับความคิดเห็น โดยใช้คำถามแบบมาตราประมาณค่า (Rating Scale) แบบประเมินผลผลิตภัณฑ์ต้นแบบ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเอง โดยแบ่งเป็น 3 ตอน 1) ข้อมูลสถานภาพทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม จำนวน 6 ข้อ 2) ข้อมูลเกี่ยวกับความคิดเห็นผลผลิตภัณฑ์ต้นแบบ จำนวน 11 ข้อ 3) ข้อมูลเกี่ยวกับข้อเสนอแนะเพิ่มเติมเกี่ยวกับผลผลิตภัณฑ์ต้นแบบ

4. การเก็บข้อมูล 1) ผู้วิจัยลงพื้นที่สำรวจปางช้างและเก็บข้อมูลเกี่ยวกับมูลช้าง 2) ผู้วิจัยบันทึกผลการทดลองและบันทึกภาพระหว่างการทดลองผลิตวัสดุผสมในห้องปฏิบัติการ 3) นำแบบประเมินผลผลิตภัณฑ์ต้นแบบพร้อมกับผลผลิตภัณฑ์ต้นแบบไปให้ผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบผลผลิตภัณฑ์ ผู้ผลิตและผู้จำหน่ายงานหัตถกรรมในปางช้างด้วยตัวเองแล้วขอคืนกลับในทันที

5. การวิเคราะห์ข้อมูลการวิจัย ใช้โปรแกรมสำเร็จรูป (SPSS/PC+) และสถิติที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ ค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) ข้อมูลจากแบบสอบถามปลายเปิดโดยการสรุปข้อมูลที่คล้ายคลึงกันมาสรุปเป็นภาพรวมด้วยการพรรณนา

ผลการวิจัย

จากวัตถุประสงค์การวิจัยที่กำหนดไว้ข้างต้นสามารถสรุปผลการวิจัยได้ 5 ส่วน ดังนี้

1. การเตรียมวัสดุผสมช้างเพื่อนำมาทดลองการผลิตวัสดุผสม พบว่า

1.1 การทำความสะอาดมูลช้าง โดยการใช้ตัวอย่างมูลช้างเก่าและมูลช้างสดจากปางช้างแม่เตมาน นำมาต้มกับน้ำสะอาด 2,850 กรัม และโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) 30 กรัม ที่อุณหภูมิ 100 °C ในระยะเวลา 3 ชั่วโมง ได้ลักษณะเยื่อมูลช้างเก่าเปื่อยสีเขียวเข้มมาก และเยื่อมูลช้างสดเปื่อยสีเหลืองน้ำตาล และได้สูตรต้มเยื่อ EDB 1 สัดส่วนการต้มเยื่อโดยน้ำหนัก (กรัม) คือ 1 : 19 : 0.20 (มูลช้างแห้ง : น้ำสะอาด : โซเดียมไฮดรอกไซด์)ซึ่งมีผลการทดลอง ดังตารางที่ 1-2

ตารางที่ 1 แสดงสูตรต้มเยื่อ ขั้นตอนการต้มมูลช้าง และลักษณะมูลช้างหลังการต้ม

สูตรต้มเยื่อ	ขั้นตอนการต้มมูลช้าง					ลักษณะมูลช้างหลังการต้ม		
	นำมูลช้างแช่น้ำล้างทำความสะอาด คัดแยกสิ่งสกปรกและตากให้แห้ง	มูลช้างแห้ง (กรัม)	การต้ม		ระยะเวลาต้มที่อุณหภูมิ 100 °C (ชม.)	นำมูลช้างมาล้างน้ำให้สะอาดหมดความสิ้นของสารโซเดียมไฮดรอกไซด์	มูลช้างเก่า	มูลช้างสด
			น้ำ 19 เท่าของมูลช้าง (กรัม)	โซเดียมไฮดรอกไซด์ (กรัม)				
EDB 1		150	2,850	30 (20%)	3		เยื่อเปียยสีเขียวเข้มมาก	เยื่อเปียยสีเหลืองน้ำตาล

หมายเหตุ : ช่วงการต้มเปิดฝาหม้อเล็กน้อย และคนมูลช้างทุก 1 ชั่วโมง

ตารางที่ 2 แสดงลักษณะมูลช้างต้ม สูตรต้มเยื่อ EDB 1

คำอธิบาย	มูลช้างเก่า	มูลช้างสด
นำมูลช้างแช่น้ำล้างทำความสะอาดคัดแยกสิ่งสกปรก		
มูลช้างแห้งที่ล้างทำความสะอาดนำมาต้มกับน้ำสะอาดและ โซเดียมไฮดรอกไซด์ ที่อุณหภูมิ 100 °C เป็นเวลา 3 ชั่วโมง		
มูลช้างหลังการต้มนำมาล้างน้ำให้สะอาดหมดความสิ้นของสารโซเดียมไฮดรอกไซด์ และกรองน้ำออกด้วยผ้าขาวบาง		
ลักษณะมูลช้างต้มที่แห้งแล้ว		



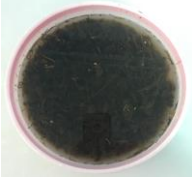





หมายเหตุ : หลังการต้มมูลช้างเก่าจะมีสีเขียวขี้ออกดำ ส่วนมูลช้างสดจะมีสีน้ำตาลอ่อน

1.2 การปั่นเยื่อ ใช้มูลช้างต้ม สูตร EDB 1 กับ น้ำสะอาด 1,000 กรัม นำมาปั่นด้วยเครื่องปั่นเยื่อ (เครื่องปั่นน้ำผลไม้ยี่ห้อ Philips รุ่น HR2115) ในระยะเวลา 3 นาที เพื่อให้มูลช้างต้มแตกตัวเป็นเยื่อละเอียด ซึ่งได้สูตรปั่นเยื่อ EDS 1 สัดส่วนการปั่นเยื่อโดยน้ำหนัก (กรัม) คือ 1 : 40 (เยื่อมูลช้างต้ม (แห้ง) : น้ำสะอาด) ดังแสดงในตารางที่ 3-4

ตารางที่ 3 แสดงสูตรปั่นเยื่อ ขั้นตอนการปั่นเยื่อมูลช้าง และลักษณะเยื่อหลังการปั่น

ลำดับ สูตรปั่น เยื่อ	ขั้นตอนการปั่นเยื่อมูลช้าง				ลักษณะเยื่อมูลช้างหลังการปั่น	
	มูลช้างต้ม (แห้ง) (กรัม)	นำมูลช้างมาแช่ น้ำปริมาณ 1,000 กรัม และฉีกมูลช้าง ออกจากกันให้ เป็นชิ้นเล็กๆ	ปั่นเยื่อมูลช้าง กับน้ำ 1 : 40 (นาที)	นำเยื่อที่ปั่นแล้ว มากรองด้วยผ้า ขาวบาง	มูลช้างเก่า	มูลช้างสด
EDS 1	25		3		เยื่อละเอียดสีเขียว ซีม้ออกดำ	เยื่อละเอียดสีน้ำตาล

ตารางที่ 4 แสดงลักษณะเยื่อมูลช้าง สูตรปั่นเยื่อ EDS 1

คำอธิบาย	เยื่อมูลช้างเก่า	เยื่อมูลช้างสด
นำมูลช้างแห้ง 25 กรัม แช่น้ำให้ อ่อนตัว		
ฉีกมูลช้างออกจากกันให้เป็นชิ้น เล็กๆและนำไปเข้าเครื่องปั่นกับน้ำ สะอาด 1,000 กรัม เป็นเวลา 3 นาที		
เยื่อมูลช้างหลังการปั่นนำมากรอง น้ำออกด้วยผ้าขาวบาง		
ลักษณะเยื่อมูลช้างที่จะนำไปเป็น วัสดุเสริมแรงในการผลิตวัสดุผสม		

หมายเหตุ : หลังการปั่นเยื่อมูลช้างเก่าจะมีสีเขียวซีม้ออกดำ ส่วนมูลช้างสดจะมีสีน้ำตาล

2. การทดลองผลิตวัสดุผสมระหว่างวัสดุหลักและวัสดุเสริมแรงจากมูลช้าง พบว่า

การทดลองผลิตวัสดุผสมระหว่างวัสดุหลัก ได้แก่ กาวลาเท็กซ์ (ATM - A 9000) และ ปูนปลาสเตอร์ไทยฮงฮะ (ตรามือ) กับ วัสดุเสริมแรง ได้แก่ เยื่อมูลช้าง และวัสดุอื่น ได้แก่ น้ำสะอาดและสีฝุ่น นำวัสดุทั้ง 3 ส่วน ผสมตามสัดส่วนและอัดลงในแม่พิมพ์ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 57.50 มม. ความหนา 18 มม. และนำเข้าตู้อบแห้งที่อุณหภูมิ 50 °C ซึ่งผลการทดลองมีส่วนสำคัญที่พบจำแนกเป็น 3 ประเด็น คือ

2.1 ได้สูตรวัสดุผสมมูลช้าง สูตร EDC 1 ใช้วัสดุสัดส่วนโดยน้ำหนัก (กรัม) 2 : 2 : 1 : 4 : 0.50 (กาวลาเท็กซ์ : ปูนปลาสเตอร์ : เยื่อมูลช้าง : น้ำ : สีฝุ่น) สูตร EDC 2 ใช้วัสดุสัดส่วนโดยน้ำหนัก (กรัม) 2.50 : 1.50 : 1 : 4 : 0.50 และ สูตร EDC 3 ใช้วัสดุสัดส่วนโดยน้ำหนัก (กรัม) 1.50 : 2.50 : 1 : 4 : 0.50 ซึ่งมีลักษณะพื้นผิวขรุขระเรียบ

และคงรูปไม่บิดงอ ดังแสดงในตารางที่ 5-6

ตารางที่ 5 แสดงสูตรส่วนผสมวัสดุหลักและวัสดุเสริมแรง เวลาในการนำเข้าสู่อบแห้ง น้ำหนักชิ้นงาน ลักษณะชิ้นงาน วัสดุผสมและการหดตัว

สูตร วัสดุ ผสม	ส่วนผสมวัสดุหลัก (Matrix) และ วัสดุเสริมแรง (Reinforcement)						นำเข้าสู่ อบแห้งที่ อุณหภูมิ 50 °C (ชั่วโมง)	น้ำหนัก ชิ้นงาน (กรัม)	ลักษณะชิ้นงานวัสดุ ผสมและการหดตัว
	สัดส่วน โดย น้ำหนัก วัสดุ (กรัม)	วัสดุหลัก		วัสดุ เสริมแรง	น้ำ	สีฝุ่น			
		กาวลา เท็กซ์	ปูนปลาส เตอร์	เยื่อ มูลช้าง					
EDC 1	สัดส่วน	2	2	1	4	0.50	36	22	ผิวเรียบคงรูปไม่บิด งอ หดตัว 1.823%
	กรัม	10.90	10.90	5.45	21.80	2.725			
EDC 2	สัดส่วน	2.50	1.50	1	4	0.50	40	17	ผิวเรียบคงรูปไม่บิด งอ หดตัว 3.212%
	กรัม	13.625	8.175	5.45	21.80	2.725			
EDC 3	สัดส่วน	1.50	2.50	1	4	0.50	33	23	ผิวเรียบคงรูปไม่บิด งอ ไม่หดตัว
	กรัม	8.175	13.625	5.45	21.80	2.725			

หมายเหตุ : น้ำหนักสีฝุ่นใช้ 10 % ของน้ำหนักกาวลาเท็กซ์ ปูนปลาสเตอร์ และเยื่อมูลช้าง

ตารางที่ 6 แสดงลักษณะชิ้นงานวัสดุผสมสูตร EDC 1-EDC 3 หลังการอัดขึ้นรูปด้วยแม่พิมพ์

สูตร EDC 1 ลักษณะพื้นผิวชิ้นงานเรียบและคงรูปไม่ บิดงอขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง57มม.ความหนา17.50มม.	สูตร EDC 2 ลักษณะพื้นผิวชิ้นงานเรียบและคงรูปไม่ บิดงอ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 57 มม.ความหนา17 มม.
	
สูตร EDC 3 ลักษณะพื้นผิวชิ้นงานเรียบและคงรูปไม่บิดงอ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 57.50 มม. ความหนา 18 มม.	
	

2.2 จากการทดสอบนำสูตรวัสดุผสมมูลช้าง EDC 1-EDC 3 อัดขึ้นรูปชิ้นงานลงในแม่พิมพ์ยางซิลิโคน โดยทดสอบในด้านความเหนียวของเนื้อวัสดุผสม ขณะอัดวัสดุผสมลงในแม่พิมพ์ การแห้งตัวของวัสดุผสมขณะอัดลงในแม่พิมพ์ การแห้งของชิ้นงานวัสดุผสมและถอดออกจากแม่พิมพ์ ความแข็งของเนื้อวัสดุผสม น้ำหนักของชิ้นงานวัสดุผสม และ การหดตัวของชิ้นงานวัสดุผสม พบว่า สูตรวัสดุผสม EDC 1 ($\bar{X}=3.71$) และสูตรวัสดุผสม EDC 2 ($\bar{X}=3.57$) โดยภาพรวมผลการทดสอบอยู่ในระดับดี รองลงมาสูตรวัสดุผสม EDC 3 ($\bar{X}=3.42$) โดยภาพรวมผลการทดสอบอยู่ในระดับปานกลาง และพิจารณาจากการจำแนกด้านการทดสอบ มีผลการทดสอบอยู่ในระดับพอใช้ ถึง ดีมาก ดังแสดงในตารางที่ 7-8

ตารางที่ 7 แสดงขั้นตอนการทดสอบสูตรวัสดุผสมจากมูลช้าง EDC 1-EDC 3 อัดขึ้นรูปชิ้นงานวัสดุผสมระหว่างวัสดุหลักกับวัสดุเสริมแรงมูลช้างลงในแม่พิมพ์

ขั้นตอนการทดสอบสูตรวัสดุผสมจากมูลช้าง EDC 1-EDC 3					
1. ทำความสะอาดภายในแม่พิมพ์ยางซิลิโคน					
					
2. นำเยื่อมูลช้างผสมกับน้ำสะอาด กาวลาเท็กซ์ สีฝุ่น และ ปูนปลาสเตอร์ ผสมคลุกเคล้าให้เป็นเนื้อเดียวกันตามสัดส่วนของสูตรวัสดุผสมจากมูลช้าง 1) สูตร EDC1 วัสดุสัดส่วนโดยน้ำหนัก (กรัม) 2.00 : 2.00 : 1.00 : 4.00 : 0.50 2) สูตร EDC2 วัสดุสัดส่วนโดยน้ำหนัก (กรัม) 2.50 : 1.50 : 1.00 : 4.00 : 0.50 3) สูตร EDC3 วัสดุสัดส่วนโดยน้ำหนัก (กรัม) 1.50 : 2.50 : 1.00 : 4.00 : 0.50 (กาวลาเท็กซ์ : ปูนปลาสเตอร์ : เยื่อมูลช้าง : น้ำ : สีฝุ่น)					
					
1) เยื่อมูลช้างที่ได้จากการปั่น 2) เยื่อมูลช้างผสมกับน้ำสะอาด 3) ผสมกาวลาเท็กซ์ 4) ผสมสีฝุ่น 5) ผสมปูนปลาสเตอร์ 6) ผสมคลุกเคล้าวัสดุผสมให้เป็นเนื้อเดียวกัน					
3. นำวัสดุผสม (ข้อ 2.1) ที่ได้อัดลงแม่พิมพ์ที่เตรียมไว้ให้ทั่วพื้นที่แม่พิมพ์ 3.2 นำแม่พิมพ์ที่อัดวัสดุผสมแล้วเข้าตู้อบแห้งไฟฟ้า ขนาด 800 วัตต์ ที่อุณหภูมิ 50 °C					
					
4. เมื่อชิ้นงานวัสดุผสมแห้งแล้วถอดชิ้นงานออกจากแม่พิมพ์					
					

ตารางที่ 7 แสดงขั้นตอนการทดสอบสูตรวัสดุผสมจากมูลช้าง EDC 1-EDC 3 อัดขึ้นรูปชิ้นงานวัสดุผสม ระหว่างวัสดุหลักกับวัสดุเสริมแรงมูลช้างลงในแม่พิมพ์ (ต่อ)

5. นำชิ้นส่วนมาประกอบเป็นชิ้นงานโดยใช้วัสดุประสานกาวลาเท็กซ์ 6. รัดด้วยหนังยางเพื่อให้ชิ้นส่วนยึดติดกัน
ทิ้งไว้ให้แห้ง 7. เมื่อแห้งแล้วถอดหนังยางออกได้ชิ้นงานวัสดุผสม



ตารางที่ 8 แสดงผลการทดสอบนำสูตรวัสดุผสมมูลช้าง EDC 1-EDC 3 อัดขึ้นรูปชิ้นงานลงในแม่พิมพ์ยางซิลิโคน

การทดสอบ	สูตรวัสดุผสมมูลช้าง		
	EDC 1	EDC 2	EDC 3
	\bar{X}	\bar{X}	\bar{X}
1. ความเหนียวของเนื้อวัสดุผสม	3	4	2
2. ขณะอัดวัสดุผสมลงในแม่พิมพ์	4	3	4
3. การแห้งตัวของวัสดุผสมขณะอัดลงในแม่พิมพ์	3	4	2
4. การแห้งของชิ้นงานวัสดุผสมและถอดออกจากแม่พิมพ์	4	3	4
5. ความแข็งของเนื้อวัสดุผสม	5	4	5
6. นำหนักของชิ้นงานวัสดุผสม	3	4	2
7. การหดตัวของชิ้นงานวัสดุผสม	4	3	5
รวม	3.71	3.57	3.42
แปลผล	ดี	ดี	ปานกลาง

2.3 การทดสอบการดูดซึมน้ำของวัสดุผสมมูลช้าง พบว่า การดูดซึมน้ำของวัสดุผสมมูลช้าง สูตร EDC 2 ($\bar{X}=7.30$ กรัม) มีการดูดซึมน้ำหรือความชื้นมากที่สุด รองลงมา สูตร EDC 1 ($\bar{X}=6$ กรัม) และ สูตร EDC 3 ($\bar{X}=5$ กรัม) ตามลำดับ ลักษณะชิ้นงานวัสดุผสมหลังการแช่น้ำทั้ง 3 สูตร ยังคงรูปอยู่ในสภาพเดิมไม่อ่อนตัวและเมื่อชิ้นงานแห้งแล้วก็มีความแข็งเหมือนเดิม ดังแสดงในตารางที่ 9

ตารางที่ 9 แสดงผลการทดสอบการดูดซึมน้ำของวัสดุผสมมูลช้าง สูตร EDC 1 EDC 2 EDC 3


สูตรวัสดุผสม	ผลการทดสอบการดูดซึมน้ำของวัสดุผสมมูลช้าง (แช่น้ำในระยะเวลา 5 วินาที)										ค่าเฉลี่ย (\bar{X}) (กรัม)
	ครั้งที่ 1			ครั้งที่ 2			ครั้งที่ 3			รวม ส่วนต่าง (กรัม)	
	ก่อนแช่ (กรัม)	หลังแช่ (กรัม)	ส่วนต่าง (กรัม)	ก่อนแช่ (กรัม)	หลังแช่ (กรัม)	ส่วนต่าง (กรัม)	ก่อนแช่ (กรัม)	หลังแช่ (กรัม)	ส่วนต่าง (กรัม)		
EDC 1	22	28	6	22	29	7	21	26	5	18	6
EDC 2	17	24	7	17	24	7	16	24	8	22	7.30
EDC 3	23	29	6	22	27	5	24	28	4	15	5

หมายเหตุ : น้ำหนักก่อนแช่ - น้ำหนักหลังแช่ = ส่วนต่างของน้ำหนักของน้ำที่วัสดุผสมดูดซึม

3. การประมาณราคาต้นทุนวัสดุในการผลิตชิ้นงานวัสดุผสมมูลช้าง พบว่า

ราคาค่าต้นทุนวัสดุในการผลิตชิ้นงานวัสดุผสมขนาดชิ้นงานความกว้าง 9 ซม. ความยาว 9 ซม. ความสูง 15 ซม. สูตร EDC 1 14.23 บาท สูตร EDC 2 18.90 บาท และ สูตร EDC 3 12.24 บาท ดังแสดงในตารางที่ 10



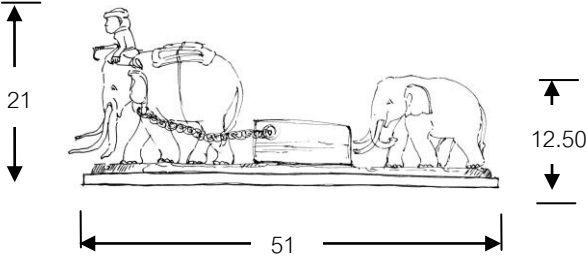
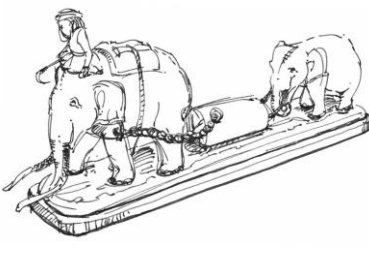
ตารางที่ 10 แสดงการประมาณราคาต้นทุนวัสดุในการผลิตชิ้นงานวัสดุผสมมูลช้าง

ชิ้นงานวัสดุผสมมูลช้าง							
สูตรวัสดุผสม	ส่วนผสมวัสดุหลัก (Matrix) และ วัสดุเสริมแรง (Reinforcement)					นำเข้าตู้อบแห้ง ขนาด 800 วัตต์ ที่อุณหภูมิ 50 °C (ชั่วโมง)	ขนาดชิ้นงานวัสดุผสม 9 x 9 x 15 (ซม.)
	สัดส่วนโดยน้ำหนักวัสดุ (กรัม)	วัสดุหลัก		วัสดุเสริมแรง	สีฝุ่น		
		กาวลาเท็กซ์	ปูนปลาสเตอร์	เยื่อมูลช้าง			
EDC 1	สัดส่วน	2	2	1	0.50	48	
	กรัม	75	75	37.50	18.75		
EDC 2	สัดส่วน	2.50	1.50	1	0.50	60	
	กรัม	93.75	56.25	37.50	18.75		
EDC 3	สัดส่วน	1.50	2.50	1	0.50	36	
	กรัม	56.25	93.75	37.50	18.75		
การประมาณราคาต้นทุนวัสดุในการผลิตชิ้นงานวัสดุผสมมูลช้าง							
สูตรวัสดุผสม	มูลช้าง	โซเดียมไฮดรอกไซด์	กาวลาเท็กซ์	ปูนปลาสเตอร์	สีฝุ่น (แดง, เหลือง, ดำ)	ค่าไฟฟ้าตู้อบแห้ง (กำลังไฟฟ้า/1,000x จำนวนชม.=หน่วยยูนิตxค่าไฟต่อหน่วย) (บาท)	ราคาต้นทุนชิ้นงานวัสดุผสม (บาท)
	= 0 บาท	= 1,000 กรัม = 28 บาท	= 1,000 กรัม = 30 บาท	= 1,000 กรัม = 6 บาท	= 1,000 กรัม = 61.66 บาท		
EDC 1	-	28/1,000 x 7.50 = 0.21	30/1,000 x 75 = 0.90	6/1,000 x 75 = 0.45	61.66/1,000x 18.75 = 1.15	800/1,000x48x 3 = 115.20/10 = 11.52	14.23
EDC 2	-	28/1,000 x 7.50 = 0.21	30/1,000 x 93.75 = 2.81	6/1,000 x 56.25 = 0.33	61.66/1,000x 18.75 = 1.15	800/1,000x60x 3 = 144/10 = 14.40	18.90
EDC 3	-	28/1,000 x 7.50 = 0.21	30/1,000 x 56.25 = 1.68	6/1,000 x 93.75 = 0.56	61.66/1,000x 18.75 = 1.15	800/1,000x36x 3 = 86.40/10 = 8.64	12.24



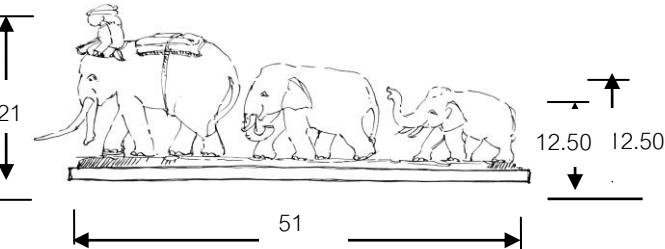
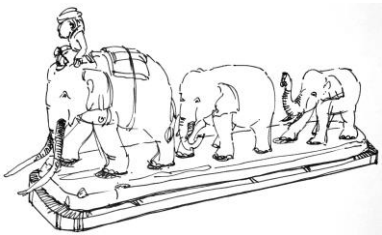
หมายเหตุ : ตู้อบแห้งบรรจุชิ้นงานวัสดุผสมได้ 10 ชิ้น

4. ผลลัพธ์ที่ต้นแบบ


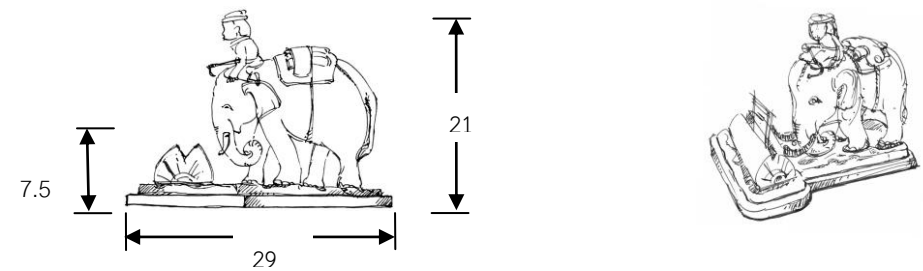
ผู้วิจัยได้ทดลองสร้างตัวอย่างผลิตภัณฑ์ต้นแบบตามแบบร่างแนวความคิด โดยใช้วัสดุผสมมูลช้าง นำมาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์โดยมีขั้นตอนการผลิต ดังนี้ 1) เตรียมแบบแม่พิมพ์ยางซิลิโคนที่จะใช้สำหรับหล่อขึ้นรูปชิ้นงานผลิตภัณฑ์ 2) ผสมวัสดุผสมจากมูลช้างตามสูตรที่ได้จากผลการทดลองผลิตวัสดุผสม 3) นำวัสดุผสมอัดลงในแม่พิมพ์ยางซิลิโคนที่เตรียมไว้ให้เต็มแม่พิมพ์ 4) นำแม่พิมพ์ที่อัดวัสดุผสมแล้วเข้าตู้อบแห้งที่อุณหภูมิ 50 °C 5) แกะชิ้นงานออกจากแม่พิมพ์ และนำชิ้นส่วนต่างๆ มาประกอบเข้าด้วยกันด้วยวัสดุประสานกาวลาเท็กซ์ และทิ้งไว้ให้แห้ง 6) นำชิ้นงานมาเคลือบผิวด้วยแล็กเกอร์ 7) ได้ชิ้นงานผลิตภัณฑ์ต้นแบบ จากขั้นตอนการผลิตชิ้นงานผลิตภัณฑ์ต้นแบบที่ได้กล่าวมาข้างต้น ผู้วิจัยได้สร้างตัวอย่างผลิตภัณฑ์ต้นแบบ จำนวน 4 ผลิตภัณฑ์ ซึ่งมีรายละเอียด ดังนี้

ผลิตภัณฑ์ต้นแบบที่ 1 ช้างลากซุง	
	
ภาพด้านหน้า (Elevation)	ทัศนียภาพ (Perspective)
	
แนวความคิด (Concept)	รายละเอียดผลิตภัณฑ์
เป็นการออกแบบผลิตภัณฑ์ช้างลากซุง เป็นเรื่องราววิถีชีวิตของ ความซึ้งควบคุมช้างในการทำงาน ลากซุงและมีลูกช้างคอยช่วยอยู่ ด้านหลัง	ข้อมูลผลิตภัณฑ์ : ช้างลากซุง ประโยชน์ใช้สอย : ใช้ประดับตกแต่ง การขึ้นรูปชิ้นงาน : อัดขึ้นรูปจากแม่พิมพ์ วัสดุหลัก : วัสดุผสมจากมูลช้าง วัสดุประกอบ : MDFบอร์ด ย่อมสี่ (ฐานวาง), มิติ ก. x ย. x ส. (ซม.) : 11x51x21


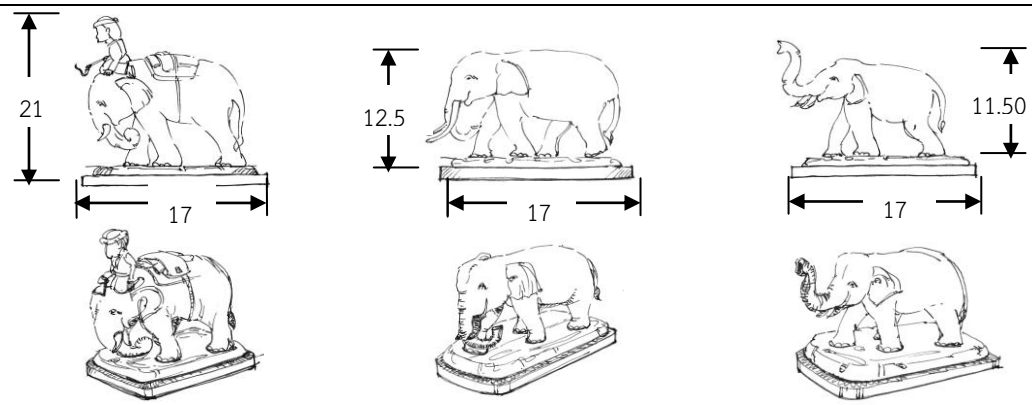
รูปที่ 2 แสดงผลิตภัณฑ์ต้นแบบที่ 1 ช้างลากซุง

ผลิตภัณฑ์ต้นแบบที่ 2 ช้าง แม่ ลูก	
	
ภาพด้านหน้า (Elevation)	ทัศนียภาพ (Perspective)
	
แนวความคิด (Concept)	รายละเอียดผลิตภัณฑ์
เป็นการออกแบบผลิตภัณฑ์ช้างแม่ลูก เป็นเรื่องราวของครอบครัว ช้างแม่ลูกที่เดินตามกัน	ข้อมูลผลิตภัณฑ์ : ช้าง แม่ ลูก ประโยชน์ใช้สอย : ใช้ประดับตกแต่ง การขึ้นรูปชิ้นงาน : อัดขึ้นรูปจากแม่พิมพ์ วัสดุหลัก : วัสดุผสมจากมูลช้าง วัสดุประกอบ : MDFบอร์ด ย่อมสี่ (ฐานวาง), มิติ ก. x ย. x ส. (ซม.) : 11 x 51 x 21

รูปที่ 3 แสดงผลิตภัณฑ์ต้นแบบที่ 2 ช้าง แม่ ลูก

ผลิตภัณฑ์ต้นแบบที่ 3 ข้างจัดซุง (ที่วางนามบัตร)	
	
ภาพด้านหน้า (Elevation)	ทัศนียภาพ (Perspective)
	
แนวความคิด (Concept)	รายละเอียดผลิตภัณฑ์
เป็นการออกแบบผลิตภัณฑ์ข้างจัดซุง และออกแบบให้ซุงมีประโยชน์ใช้สอยสำหรับวางนามบัตรบนโต๊ะทำงาน	ข้อมูลผลิตภัณฑ์ : ข้างจัดซุง (ที่วางนามบัตร) ประโยชน์ใช้สอย : ใช้ประดับตกแต่งและวางนามบัตร การขึ้นรูปชิ้นงาน : อัดขึ้นรูปจากแม่พิมพ์ วัสดุหลัก : วัสดุผสมจากมูลซุง วัสดุประกอบ : MDFบอร์ด ย่อมสี่ (ฐานวาง) มิติ ก.ย.ข.ค. (ซม.) : 16x 29 x 21

รูปที่ 4 แสดงผลิตภัณฑ์ต้นแบบที่ 3 ข้างจัดซุง (ที่วางนามบัตร)

ผลิตภัณฑ์ต้นแบบที่ 4 ข้างทำทางต่างๆ	
	
ภาพด้านหน้า (Elevation) และ ทัศนียภาพ (Perspective)	
	
แนวความคิด (Concept)	รายละเอียดผลิตภัณฑ์
เป็นการออกแบบผลิตภัณฑ์ข้างรูปแบบทำทางต่างๆ อยู่บนแท่นสำหรับวางประดับตกแต่ง	ข้อมูลผลิตภัณฑ์ : ข้างทำทางต่างๆ ประโยชน์ใช้สอย : ใช้ประดับตกแต่ง การขึ้นรูปชิ้นงาน : อัดขึ้นรูปจากแม่พิมพ์ วัสดุหลัก : วัสดุผสมจากมูลซุง วัสดุประกอบ : MDFบอร์ดย่อมสี่ (ฐานวาง) มิติ ก.ย.ข.ค. (ซม.) : 11x17x21, 11x17x 12.5, 11 x17 x 11.5

รูปที่ 5 แสดงผลิตภัณฑ์ต้นแบบที่ 4 ข้างทำทางต่างๆ

5. การประเมินผลผลิตภัณฑ์ต้นแบบ

ผู้วิจัยได้นำผลิตภัณฑ์ต้นแบบและแบบประเมินผลผลิตภัณฑ์ต้นแบบ ให้ผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์ จำนวน 5 คน ผู้ผลิตและผู้จำหน่ายงานหัตถกรรมของปางช้าง จำนวน 7 คน รวมทั้งสิ้น จำนวน 12 คน เป็นผู้ประเมินผลผลิตภัณฑ์ต้นแบบ และนำผลการประเมินมาวิเคราะห์นำเสนอในรูปแบบตารางประกอบความเรียงโดยแสดงค่าเฉลี่ย (\bar{X}) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และการวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบสอบถามชนิดปลายเปิด โดยวิธีการสรุปข้อมูลที่คล้ายคลึงกันมาสรุปเป็นภาพรวมด้วยการพรรณนา โดยแบ่งเกณฑ์ดังต่อไปนี้

4.50-5.00 หมายถึง ระดับความคิดเห็นอยู่ในระดับดีมาก, 3.50-4.49 หมายถึง ระดับความคิดเห็นอยู่ในระดับดี, 2.50-3.49 หมายถึง ระดับความคิดเห็นอยู่ในระดับปานกลาง, 1.50-2.49 หมายถึง ระดับความคิดเห็นอยู่ในระดับพอใช้, 1.00-1.49 หมายถึง ระดับความคิดเห็นอยู่ในระดับน้อย

ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์ ผู้ผลิตและผู้จำหน่ายงานหัตถกรรมของปางช้างที่มีต่อผลิตภัณฑ์ต้นแบบ 1-4 โดยจำแนกเป็นรายแบบ สามารถสรุปได้ดังแสดงในตารางที่ 11 ตารางที่ 11 แสดงผลการประเมินความพึงพอใจของผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์ ผู้ผลิต และผู้จำหน่ายงานหัตถกรรมของปางช้างที่มีต่อผลิตภัณฑ์ต้นแบบ

หัวข้อประเมินผลผลิตภัณฑ์ต้นแบบ	ความคิดเห็น					
	ผลิตภัณฑ์ต้นแบบ 1			ผลิตภัณฑ์ต้นแบบ 2		
	\bar{X}	S.D.	แปลผล	\bar{X}	S.D.	แปลผล
1. สามารถนำไปใช้งานได้ (ระดับตกแต่ง/เป็นของฝาก)	4.33	0.74	ดี	4.66	0.47	ดีมาก
2. ความเหมาะสมในการนำวัสดุมาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์	4.58	0.49	ดีมาก	4.50	0.50	ดีมาก
3. การนำวัสดุเหลือใช้มาเพิ่มมูลค่าและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม	4.83	0.37	ดีมาก	4.83	0.37	ดีมาก
4. มีเอกลักษณ์เฉพาะถิ่น	4.25	0.59	ดี	4.25	0.59	ดี
5. พื้นผิวมีความสวยงาม	3.83	0.89	ดี	3.91	0.64	ดี
6. สีสีนมีความสวยงาม	3.83	0.68	ดี	4.00	0.70	ดี
7. ความสวยงามของผลิตภัณฑ์ (ลวดลายและรูปแบบ)	4.00	0.81	ดี	4.16	0.55	ดี
8. ความเป็นไปได้ในการผลิต	4.33	0.62	ดี	4.58	0.49	ดีมาก
9. จำหน่ายได้ในท้องตลาด	4.08	0.75	ดี	4.25	0.72	ดี
10. สามารถนำมาเป็นผลิตภัณฑ์ OTOP ได้	4.41	0.64	ดี	4.50	0.50	ดีมาก
11. โดยภาพรวมท่านพึงพอใจกับผลิตภัณฑ์	4.25	0.72	ดี	4.25	0.72	ดี
รวม	4.25	0.74	ดี	4.35	0.64	ดี

ตารางที่ 11 แสดงผลการประเมินความพึงพอใจของผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์ ผู้ผลิต และผู้จำหน่ายงานหัตถกรรมของปางช้างที่มีต่อผลิตภัณฑ์ต้นแบบ (ต่อ)

หัวข้อประเมินผลผลิตภัณฑ์ต้นแบบ	ความคิดเห็น					
	ผลิตภัณฑ์ต้นแบบ 3			ผลิตภัณฑ์ต้นแบบ 4		
	\bar{X}	S.D.	แปลผล	\bar{X}	S.D.	แปลผล
1. สามารถนำไปใช้งานได้ (ระดับตกแต่ง/เป็นของฝาก)	4.58	0.49	ดีมาก	4.58	0.64	ดีมาก
2. ความเหมาะสมในการนำวัสดุมาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์	4.66	0.47	ดีมาก	4.58	0.49	ดีมาก
3. การนำวัสดุเหลือใช้มาเพิ่มมูลค่าและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม	4.83	0.37	ดีมาก	4.75	0.43	ดีมาก
4. มีเอกลักษณ์เฉพาะถิ่น	4.41	0.64	ดี	4.33	0.74	ดี
5. พื้นผิวมีความสวยงาม	3.83	0.68	ดี	3.91	0.75	ดี
6. สีสีนมีความสวยงาม	4.00	0.70	ดี	4.25	0.59	ดี

ตารางที่ 11 แสดงผลการประเมินความพึงพอใจของผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์ ผู้ผลิต และผู้จำหน่าย งานหัตถกรรมของปางช้างที่มีต่อผลิตภัณฑ์ต้นแบบ (ต่อ)

หัวข้อประเมินผลผลิตภัณฑ์ต้นแบบ	ความคิดเห็น					
	ผลิตภัณฑ์ต้นแบบ 3			ผลิตภัณฑ์ต้นแบบ 4		
	\bar{X}	S.D.	แปลผล	\bar{X}	S.D.	แปลผล
7. ความสวยงามของผลิตภัณฑ์ (ลวดลายและรูปแบบ)	4.16	0.55	ดี	4.16	0.68	ดี
8. ความเป็นไปได้ในการผลิต	4.50	0.50	ดีมาก	4.58	0.49	ดีมาก
9. จำหน่ายได้ในท้องตลาด	4.33	0.62	ดี	4.50	0.50	ดีมาก
10. สามารถนำมาเป็นผลิตภัณฑ์ OTOP ได้	4.50	0.50	ดีมาก	4.58	0.49	ดีมาก
11. โดยภาพรวมท่านพึงพอใจกับผลิตภัณฑ์	4.41	0.64	ดี	4.33	0.74	ดี
รวม	4.38	0.63	ดี	4.41	0.65	ดี

จากตารางที่ 11 ผลการประเมินผลิตภัณฑ์ต้นแบบ จากความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์ ผู้ผลิต และ ผู้จำหน่ายงานหัตถกรรมของปางช้าง ที่มีต่อผลิตภัณฑ์ต้นแบบ 1-4 พบว่า มีค่าเฉลี่ยโดยรวมมีความพึงพอใจอยู่ในระดับดี รายการข้อที่ประเมินความพึงพอใจอยู่ในระดับดีมาก คือ การนำวัสดุเหลือใช้มาเพิ่มมูลค่า และเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม และ ความเหมาะสมในการนำวัสดุมูลช้างมาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ นอกจากนี้รายการข้อที่ประเมินผลทุกข้อมีความพึงพอใจอยู่ในระดับดีถึงดีมาก และมีข้อเสนอแนะเพิ่มเติม คือ 1) รายละเอียดของรูปแบบผลิตภัณฑ์ที่มีศักยภาพด้านวัสดุในการผลิตรวมถึงการทำตกแต่งผิว ให้เกิดความหลากหลายของชิ้นงานมากขึ้น 2) ควรมีการเพิ่มประโยชน์ใช้สอยของผลิตภัณฑ์ เช่น เชิงเทียน ที่เสียบปากกา ที่วางกำไล นาฬิกา 3) ผลิตภัณฑ์มีแนวคิดมาจากงานแกะสลักไม้เมื่อเปรียบเทียบกับกันแล้วยังไม่ละเอียดเรียบร้อยควรมีความประณีตมากกว่านี้ 4) ควรใช้สีให้ใกล้เคียงกับสีของช้างตามธรรมชาติ และ 5) ควรส่งเสริมและผลักดันให้เป็นสินค้าชุมชน ซึ่งจะเป็แนวทางในการออกแบบและพัฒนางานหัตถกรรมจากวัสดุผสมมูลช้างต่อไป

5. อภิปรายผลการวิจัย

จากการสรุปผลข้างต้นเกี่ยวกับการศึกษาและทดลองวัสดุผสมจากมูลช้างเพื่อพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ชุมชน มีประเด็นสำคัญที่จะอภิปราย ดังต่อไปนี้

จากผลการทดลองการผลิตวัสดุผสมระหว่างวัสดุหลัก ได้แก่ กาวลาเท็กซ์ ปูนปลาสเตอร์ กับ วัสดุเสริมแรง ได้แก่ เยื่อมูลช้าง ซึ่งมีประเด็นที่จะอภิปราย คือ 1) จะต้องพิจารณาการผสมวัสดุหลักและวัสดุเสริมแรงตามสัดส่วนโดยน้ำหนักของวัสดุให้เหมาะสม ประการแรก คือ จะต้องคำนึงถึงการใช้วัสดุมูลช้างในปริมาณ (คิดเป็นปริมาตร) ที่มากกว่าวัสดุหลักในการผลิตชิ้นงานวัสดุผสม เพราะ ต้นทุนการผลิตส่วนใหญ่จะอยู่ที่วัสดุกาวลาเท็กซ์ ปูนปลาสเตอร์ และ เพื่อที่จะเพิ่มมูลค่าของมูลช้างจำนวนมากในปางช้างที่เหลือจากการนำมาผลิตกระดาษมูลช้างเพียงอย่างเดียว 2) สัดส่วนของวัสดุกาวลาเท็กซ์ และ ปูนปลาสเตอร์ จะต้องได้สัดส่วนกับวัสดุมูลช้าง เพราะมีความสำคัญ คือ เป็นวัสดุยึดประสานเยื่อมูลช้างให้เนื้อวัสดุผสมมีความแข็งและความเหนียวเหมาะสมกับการนำมาผลิตเป็นชิ้นงานผลิตภัณฑ์ โดยกรรมวิธีการอัดขึ้นรูปชิ้นงานจากแม่พิมพ์ยางซิลิโคน 3) จากผลการทดสอบนำสูตรวัสดุผสมมูลช้างอัดขึ้นรูปชิ้นงานลงในแม่พิมพ์ยางซิลิโคน สูตรวัสดุผสมมูลช้าง EDC 1 เหมาะสมกับการอัดวัสดุผสมลงในแม่พิมพ์ ที่มีชิ้นงานขนาดปานกลางไม่ใหญ่เกินไปเพราะวัสดุผสมจะเริ่มแข็งตัวก่อนที่จะอัดวัสดุผสมลงในแม่พิมพ์เสร็จ สูตรวัสดุผสมมูลช้าง EDC 2 เหมาะสมในการอัดชิ้นงานที่มีขนาดค่อนข้างใหญ่เพราะวัสดุผสมจะเริ่มแข็งตัวค่อนข้างช้า เนื่องจากมีส่วนผสมของปูนปลาสเตอร์ 1.50 ส่วน และมีน้ำหนักเบากว่าสูตรวัสดุผสม EDC 1 EDC 4 ส่วนสูตรวัสดุผสมมูลช้าง EDC 4 เหมาะสมในการอัดวัสดุผสมลงในแม่พิมพ์ ที่มีชิ้นงานขนาดค่อนข้างเล็กเพราะวัสดุผสมจะเริ่มแข็งตัวเร็วก่อนที่จะอัดวัสดุผสมลงใน

แม่พิมพ์เสริมเนื่องจากมีส่วนผสมของปูนปลาสเตอร์ 2.50 ส่วน 4) เนื้อวัสดุผสมมวลข้างที่แห้งและแข็งตัวแล้วจะมีความเหนียวไม่สามารถนำไปแกะสลักทดแทนวัสดุไม้ได้ เนื่องจากเนื้อวัสดุผสมมวลข้างเป็นลักษณะเยื่อเส้นใย ซึ่งแตกต่างจากผลงานวิจัยของ ตระกูลพันธ์ พัทธเมธา เรื่อง การศึกษาและทดลองวัสดุผสมซีเมนต์ไม่ย่างพาราเพื่อใช้ในงานแกะสลักทดแทนไม้ ที่เนื้อวัสดุผสมซีเมนต์ไม่ย่างพารามีความเป็นผงฝุ่นละเอียด 5) ต้นทุนวัสดุที่ใช้ในการผลิตชิ้นงานผลิตภัณฑ์วัสดุผสมจะต้องต่ำไม่สูงเกินไป เมื่อเปรียบเทียบกับวัสดุประเภทอื่นที่เป็นผลิตภัณฑ์ชนิดเดียวกัน 6) การนำผลการทดลองที่ได้นำไปถ่ายทอดให้กับชุมชนในท้องถิ่นจะต้องสามารถผลิตวัสดุผสมได้ด้วยตนเองโดยไม่ต้องลงทุนในส่วน of เครื่องมืออุปกรณ์และเครื่องจักรที่มีราคาสูง

ธำรงรัตน์ มุ่งเจริญ (2548) ได้กล่าวว่า ทฤษฎีแนวคิดการออกแบบเชิงนิเวศเศรษฐกิจ (Economic & Ecological Design; EcoDesign) หรือ กรีน ดีไซน์ (Green Design) คือ กระบวนการที่ผนวกแนวคิดด้านเศรษฐกิจและด้านสิ่งแวดล้อมเข้าไปในขั้นตอนการออกแบบผลิตภัณฑ์โดยพิจารณาตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ ซึ่งจะช่วยลดต้นทุนในแต่ละขั้นตอนของการพัฒนาผลิตภัณฑ์และลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมไปพร้อม ๆ กันทำให้ส่งผลดีต่อธุรกิจชุมชน และสิ่งแวดล้อม ซึ่งเป็นแนวทางไปสู่การพัฒนาอย่างยั่งยืน โดยใช้หลักการพื้นฐานของการออกแบบเชิงนิเวศเศรษฐกิจหลักการของ 4Rs นำมาประยุกต์ใช้ได้แก่ การลด (Reduce) การใช้ซ้ำ (Reuse) การนำกลับมาใช้ใหม่ (Recycle) และ การซ่อมบำรุง (Repair)

6. ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะที่ได้จากการวิจัย

1. การเพิ่มผลผลิตในเนื้อวัสดุผสมมวลข้างเลียนแบบวัสดุไม้
2. ควรมีการศึกษาวัสดุธรรมชาติที่เหลือใช้ ต่าง ๆ ที่หลากหลายในท้องถิ่นนั้น ๆ และนำมาออกแบบ

พัฒนาเป็นงานหัตถกรรม เพื่อการใช้ทรัพยากรให้เกิดประโยชน์สูงสุด

3. ควรมีการศึกษาต่อยอดจากผลการวิจัยนี้มาใช้ออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์ประเภทวัสดุตกแต่งภายใน เช่น แผ่นวัสดุตกแต่งผนัง ฝ้าเพดาน หรือนำมาใช้ในการออกแบบเฟอร์นิเจอร์

เอกสารอ้างอิง

- กิตติกร สาสุจิตต์. (2556). การพัฒนาแก๊สชีวภาพจากมูลช้างเพื่อการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมในชุมชนพื้นที่ต้นน้ำ. รายงานผลการฝึกอบรมบริการวิชาการแก่ชุมชน วิทยาลัยพลังงานทดแทน: มหาวิทยาลัยแม่โจ้.
- ตระกูลพันธ์ พัทธเมธา. (2558). การศึกษาและทดลองวัสดุผสมซีเมนต์ไม่ย่างพาราเพื่อใช้ในงานแกะสลักทดแทนไม้เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ชุมชน. รายงานวิจัย คณะศิลปกรรมและสถาปัตยกรรมศาสตร์: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา.
- ตระกูลพันธ์ พัทธเมธา. (2557). การออกแบบผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม. วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยศิลปากร ฉบับภาษาไทย สาขาสังคมศาสตร์ มนุษย์ศาสตร์ และศิลปะ ปีที่ 34 (ฉบับที่ 1 มกราคม – เมษายน 2557) : 124.
- ธำรงรัตน์ มุ่งเจริญ. (2548). เอกสารประกอบการบรรยายเรื่องการศึกษาด้านเทคนิคของ LCA / EcoDesign ในการรับมือกับระเบียบ WEEE และ RoHS. ณ ห้องแกรนด์บอลรูม ชั้น 3 โรงแรม เซ็นจูรี่พาร์ค กรุงเทพฯ วันที่ 11 สิงหาคม 2548.