

## การพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตกระดาษจากมูลช้างสู่ผลิตภัณฑ์ชุมชน

### The Development of Technology Elephant Dung Paper Manufacturing Technology for Applying to the Community's Products

เรวัฒน์ เต็มกล้า<sup>1\*</sup>  
ชูชาติ พยอม<sup>2</sup>  
ทรงศักดิ์ มีมกระโทก<sup>3</sup>  
สุทธิศักดิ์ แก้วแกมจันทร์<sup>4</sup>

#### บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างและหาประสิทธิภาพเทคโนโลยีการผลิตกระดาษจากมูลช้างเพื่อทดสอบและเปรียบเทียบคุณสมบัติทางกายภาพของกระดาษจากมูลช้างตามวิธีมาตรฐานผลิตภัณฑ์กระดาษ TAPPI และสร้างผลิตภัณฑ์กระดาษจากมูลช้าง โดยการออกแบบและสร้างเทคโนโลยีการผลิตกระดาษจากมูลช้างใช้เทคนิควิธี The FSUDE System ได้เทคโนโลยีที่ประกอบด้วย เครื่องต้มเยื่อโดยใช้หลักการของแรงดัน เครื่องตีเยื่อกระดาษด้วยใบมีดในเพลตาแกนตั้ง และเครื่องขึ้นแผ่นกระดาษโดยใช้หลักการแรงดึงของน้ำ ทำการประเมินประสิทธิภาพในภาพรวมทั้ง 3 ด้าน คือ ด้านโครงสร้าง ด้านใช้งานและด้านผลผลิต โดยผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน ผลการประเมินประสิทธิภาพได้คะแนนร้อยละ 87 ( $\mu = 4.37$ ,  $\sigma = 0.55$ ) แสดงว่าเทคโนโลยีการผลิตกระดาษจากมูลช้าง มีคุณภาพเหมาะสมดีมาก เมื่อนำเทคโนโลยีมาทดลองผลิตกระดาษจากมูลช้างพบว่าที่น้ำหนักมูลช้าง 20 กิโลกรัม ความชื้น 60 เปอร์เซ็นต์ ใช้ปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 15 ของน้ำหนักเยื่ออบแห้ง ให้ผลได้ของน้ำหนักกระดาษจากมูลช้างอบแห้งเท่ากับร้อยละ 61.25 กระดาษที่ผลิตได้มีความกว้าง 25 เซนติเมตร ความยาว 30 เซนติเมตร มีน้ำหนักเฉลี่ย 85.13 กรัมต่อตารางเมตร เทคโนโลยีการผลิตกระดาษจากมูลช้างสามารถผลิตกระดาษได้ใช้เวลา 4 ชั่วโมง น้อยกว่าเวลาการผลิตเดิมที่ต้องใช้เวลาถึง 6 ชั่วโมง

การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของกระดาษมูลช้างตามวิธีมาตรฐาน TAPPI ได้ความหนา 0.315 มิลลิเมตร ที่น้ำหนักมาตรฐาน 85.13 กรัมต่อตารางเมตร การต้านทานแรงดึง 3.97 กิโลกรัม การต้านทานแรงดึงขนาดเท่ากับ 99.29 กรัม ค่าความต้านทานการหักพับ 955 ครั้ง ค่าความต้านทานแรงดันทะลุ 3.65 กิโลปาสคาล เมื่อเปรียบเทียบกับการผลิตแบบเดิมพบว่ากระดาษมีคุณสมบัติทางกายภาพใกล้เคียงกัน

ผลการนำกระดาษมูลช้างที่ผลิตได้ไปสร้างผลิตภัณฑ์ชุมชน ได้ผลิตภัณฑ์คือ กล่องใส่ของอเนกประสงค์ ถุงหิ้วกระดาษ ของกระดาษสำหรับใส่เอกสาร และประเมินการยอมรับผลิตภัณฑ์ชุมชน โดยผู้บริโภคนจำนวน 30 คน พบว่า ในส่วนของผลิตภัณฑ์กล่องใส่ของอเนกประสงค์ ได้รับการยอมรับในระดับมากที่สุด 2 ด้าน ได้แก่ การทรงตัว

<sup>1</sup> นักศึกษาคณะศึกษาศาสตร์ สาขาวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์

\* ผู้นิพนธ์ประสานงาน e-mail : gigg\_re@hotmail.com

<sup>2</sup> รองศาสตราจารย์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์

<sup>3</sup> รองศาสตราจารย์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

<sup>4</sup> อาจารย์คณะเกษตรศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสุรินทร์

ของผลิตภัณฑ์ ( $\bar{X} = 4.53$ ) และการยอมรับผลิตภัณฑ์ ( $\bar{X} = 4.53$ ) ถูกหิ้วกระดาษ ได้รับการยอมรับในระดับมากที่สุด 1 ด้าน ได้แก่ ผิวสัมผัสของผลิตภัณฑ์ ( $\bar{X} = 4.53$ ) และผลิตภัณฑ์ของกระดาษสำหรับใส่เอกสาร ได้รับการยอมรับในระดับมากที่สุดทุกด้าน

คำสำคัญ : เทคโนโลยีการผลิต, กระดาษจากมูลช้าง, ผลิตภัณฑ์ชุมชน

### Abstract

The purpose of this research was to create and discover technology's efficiency for producing elephant dung paper in order to take measurement and compare its physical referring to TAPPI standard. This manufacturing contains : paper tissue boiler under pressure principle, paper pulp machine using blade on vertical shaft axis and paper making machine by gravity method. As preceding material, all processes were evaluated by 5 professionals that focus on 3 main factors including: structure design, functionality and product's quality. As the result, it had 87 percent ( $\mu = 4.37$  and  $\sigma = 0.55$ ) that means elephant dung paper machine was suited and performing well. In turn, based on experiment when bringing elephant dung 20 kilograms boil on prototype machine with 15 percent sodium hydroxide of total pulp drying weight and get 61.25 percent of total pulp drying weight. With regard on paper making process, and then can make 25 centimeters of paper's width, paper's length was 30 centimeters and average weight was 85.13 grams per square meter. As a consequence, time's management could be reduced about 4 hours from origin flow process 6 hours.

Regarding to physical framework, elephant dung paper had thickness 0.315 millimeter on standard mass 85.13 grams per square meter, tensile strength 3.97 kilograms, tear resistance 99.29 grams, folded resistance 955 times and pressure break resistance 3.65 kilopascal. It was clear that if it compared with original elephant dung paper manufacturing, its physical view was similar values.

According to this result, it could be applied to several local products, for example multi-function shelves, gift box and paper for documents. After this, by 30 consumers assessment, multi-function shelves had a great outcome on 2 main factors including, product's balance ( $\bar{X} = 4.53$ ) and product's acceptance ( $\bar{X} = 4.53$ ). Also paper bag had recognize on excellent surface contacting ( $\bar{X} = 4.53$ ) finally, paper for document had an outstanding performance all dimension view.

**Keywords :** Production technology, Elephant dung paper, Community product

### บทนำ

จังหวัดสุรินทร์เป็นจังหวัดหนึ่งในภาคตะวันออกเฉียงเหนือที่มีจำนวนช้างเลี้ยงมากที่สุด ในประเทศไทย (อัจฉรา พิเลศ) [1] มีแหล่งท่องเที่ยวที่สำคัญและมีชื่อเสียงมาก คือ หมู่บ้านช้าง บ้านตากกลาง ตำบลกระโพ อำเภอท่าตูม จากโครงการ “นำช้างคืนถิ่น เพื่อพัฒนาสุรินทร์บ้านเกิด” จนพัฒนาไปสู่ความเป็น “หมู่บ้านช้างเลี้ยงใหญ่ที่สุดในโลก” องค์การบริหาร

ส่วนจังหวัดสุรินทร์ ได้จัดแบ่งโครงการต่าง ๆ ออกมาหลายโครงการเพื่อช่วยเหลือเกี่ยวกับช้างภายในหมู่บ้าน ช้าง การดำเนินของโครงการ ได้แก่ การปลูกป่าอาหารช้าง การชูดบ่อน้ำ กิจกรรมการแสดงช้าง กระดาษจากมูลช้าง เป็นต้น (อัจฉรา พิเลศ) [1] ซึ่งในส่วนการส่งเสริมและการให้ความรู้การทำกระดาษจากมูลช้างนั้น ได้มีเจ้าหน้าที่โครงการคชอาณาจักร จังหวัดสุรินทร์ และองค์การสวนสัตว์แห่งประเทศไทยในพระบรม



ราชูปถัมภ์ ได้จัดฝึกอบรมการผลิตและแปรรูปกระดาษจากมูลช้างให้แก่ชาวบ้านและนักเรียนเยาวชนในพื้นที่ ได้เรียนรู้กระบวนการผลิตกระดาษจากมูลช้างและการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์สินค้าของที่ระลึก

จากจำนวนช้างที่มีมากถึง 200 เชือก ในหมู่บ้านช้าง เมื่อศึกษาการขับถ่ายของช้างพบว่า ช้างขับถ่ายวันละ 15 ถึง 20 ครั้งต่อวัน เฉลี่ยครั้งละประมาณ 10 กิโลกรัม หรือช้างจะขับถ่ายเป็นจำนวน 150 กิโลกรัมต่อตัวต่อวัน หากรวมจำนวนช้างทั้งหมดจะขับถ่ายมูลช้างรวมประมาณ 30 ตันต่อวัน ถ้าไม่มีการจัดการที่ดี มูลช้างอาจก่อปัญหา ส่งกลิ่นเหม็นรบกวนและเป็นพาหะก่อโรคได้ ดังนั้นการจัดการมูลช้างโดยการนำไปแปรรูปเป็นกระดาษจึงเป็นแนวทางที่น่าสนใจ และมีความเป็นไปได้สูงเนื่องจากแนวคิดดังกล่าวได้ถูกดำเนินการอย่างเป็นรูปธรรมมาแล้วในอดีต แต่การผลิตส่วนใหญ่ยังใช้แรงงานจากคนและเทคโนโลยีที่ล้าสมัย ทำให้ได้จำนวนกระดาษในการผลิตน้อยเมื่อเทียบกับเวลาที่ใช้ โดยกระบวนการผลิตดังกล่าวมีขั้นตอนหลัก 4 ขั้นตอน ดังต่อไปนี้

**ขั้นตอนที่ 1** การคั้มูลช้างยังเป็นการคั้โดยหม้อคั้ที่ดัดแปลงจากถังน้ำมันเก่ามาตัดแบ่งครึ่งเป็นหม้อคั้ ใช้เชื้อเพลิงจากเศษไม้แห้งและฟืน ปัจจุบันใช้หม้อคั้จากถังน้ำมันเก่าจำนวน 2 หม้อ ในการคั้มูลช้างในแต่ละครั้งใช้เวลา 4 ถึง 6 ชั่วโมง

**ขั้นตอนที่ 2** การตีเยื่อจากมูลช้างให้เยื่อมีความเหมาะสมสำหรับนำไปทำแผ่นกระดาษ ปัจจุบันใช้เครื่องตีเยื่อจำนวน 1 เครื่อง เป็นเทคโนโลยีการตีเยื่อที่ดัดแปลงจากเครื่อง Hollander ใช้เวลาการตีในแต่ละครั้งมากกว่า 2 ชั่วโมง

**ขั้นตอนที่ 3** การขึ้นแผ่นกระดาษ ใช้ตะแกรงขึ้นแผ่นที่ประดิษฐ์ขึ้นมาใช้เอง โดยใช้ไม้ตีเป็นกรอบสี่เหลี่ยมและใช้ตาข่ายขึงสำหรับรองเยื่อกระดาษ ซึ่งยังไม่ได้ขนาดตามมาตรฐาน กรรมวิธีการขึ้นแผ่นยังเป็นแบบพื้นบ้านต้องอาศัยความชำนาญของผู้ปฏิบัติงาน

**ขั้นตอนที่ 4** การตากแห้ง เมื่อขึ้นแผ่นกระดาษที่ตะแกรงแล้ว ขั้นตอนต่อไปคือการวางให้กระดาษ

สะเด็ดน้ำหลังจากนั้นจะนำตะแกรงกระดาษไปตากแดดให้แห้ง หากแสงแดดเป็นปกติก็จะใช้เวลาตากแห้งประมาณ 4 ชั่วโมง ทั้งนี้เวลาอาจมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับสภาพอากาศขณะทำการตาก

หลังจากที่ได้ศึกษาและสำรวจสภาพปัญหาการผลิตกระดาษจากมูลช้างของหมู่บ้านช้าง สภาพปัญหาที่พบ คือ ส่วนที่ 1 กรรมวิธีการผลิตกระดาษที่ล้าสมัยเครื่องมือที่ใช้ยังขาดมาตรฐานและส่วนที่ 2 ขาดเทคโนโลยีที่เหมาะสมเพื่อจะช่วยให้เพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตกระดาษจากมูลช้าง หากมีการพัฒนาเครื่องมือและอุปกรณ์ดังกล่าวแล้วก็จะสามารถเพิ่มขีดความสามารถให้กับผู้ผลิตกระดาษได้ มีความรวดเร็วและมีคุณภาพสม่ำเสมอ ได้กระดาษที่มีคุณสมบัติทางกายภาพดีขึ้น เช่น ความหนา ความต้านทานแรงดึง ความต้านทานแรงฉีกขาด ความต้านทานการหักพับ การต้านทานแรงดันทะลุ ทั้งนี้ต้องคำนึงถึงต้นทุนการผลิตและปัจจัยอำนวยความสะดวกแต่ละท้องถิ่นตามความเหมาะสม ก็จะสามารเพิ่มโอกาสในการแข่งขันรวมทั้งเพิ่มกำลังการผลิตได้มากขึ้น ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตกระดาษจากมูลช้าง โดยมุ่งพัฒนากระบวนการผลิตหลักใน 3 ขั้นตอน เน้นการสร้างเครื่องผลิตกระดาษขึ้นมาใหม่ให้มีประสิทธิภาพ ประกอบด้วย การสร้างหม้อคั้เชื้อแรงดัน การสร้างเครื่องตีเยื่อกระดาษ และการสร้างเครื่องขึ้นแผ่นกระดาษ ทั้งนี้ได้ยกเว้นขั้นตอนการตากแห้งที่ยังใช้ความร้อนจากแสงอาทิตย์ ซึ่งเป็นวิธีที่ง่ายและประหยัดที่สุด การพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตกระดาษจากมูลช้างนี้จะช่วยลดเวลาในการผลิต และยังสามารถเพิ่มคุณสมบัติทางกายภาพของกระดาษให้มีความแข็งแรง เหมาะสมที่จะนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์สำหรับชุมชนได้

#### วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อสร้างและหาประสิทธิภาพเทคโนโลยีการผลิตกระดาษจากมูลช้าง
2. เพื่อทดสอบและเปรียบเทียบคุณสมบัติทาง

กายภาพของกระดาษจากมูลช้างตามมาตรฐาน TAPPI

### 3. เพื่อสร้างผลิตภัณฑ์กระดาษจากมูลช้าง

#### ขอบเขตของการวิจัย

การพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตกระดาษจากมูลช้าง ผู้ผลิตภัณฑ์ชุมชน ผู้วิจัยมีขอบเขตของการวิจัยดังนี้

#### 1. ด้านเนื้อหา

1.1 ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเทคโนโลยีการผลิตกระดาษสาและกระดาษจากมูลช้าง

1.2 ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบและพัฒนาเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิตกระดาษจากมูลช้าง

2. ด้านการสร้างและหาประสิทธิภาพเทคโนโลยีการผลิตกระดาษจากมูลช้าง

#### 2.1 เครื่องต้มเยื่อกระดาษจากมูลช้าง

##### 2.1.1 ด้านตัวเครื่อง

1) โครงสร้างของหม้อต้มเยื่อกระดาษจากมูลช้างแบบเดิมใช้อิฐก่อขึ้นเป็นฐานรองถึงต้มเยื่อที่ตัดแปลงจากถังน้ำมันเก่าและมีช่องใต้ถังต้มสำหรับใส่เชื้อเพลิง ดังนั้นการต้มเยื่อกระดาษจากมูลช้างแบบใหม่จะใช้เหล็กโครงสร้างรูปพรรณทั่วไปที่มีขายตามท้องตลาดเชื่อมต่อให้มีความแข็งแรง สามารถรับน้ำหนักขณะต้มเยื่อมูลช้างและสามารถปรับให้เอียงเพื่อเทมูลช้างที่ต้มเสร็จแล้วได้

2) หม้อต้มเยื่อกระดาษจากมูลช้างแบบเดิมใช้ถังน้ำมันเหล็กแบ่งครึ่งเป็นถังต้ม ดังนั้นหม้อต้มเยื่อกระดาษจากมูลช้างแบบใหม่เลือกใช้สแตนเลสแผ่นเบอร์ 304 ความหนา 2 มิลลิเมตร มีวนและเชื่อมเป็นถึงทรงกลม

3) หม้อต้มเยื่อกระดาษจากมูลช้างแบบเดิมใช้หลักการต้มแบบปกติซึ่งมีลักษณะเปิดสู่สิ่งแวดล้อม ดังนั้นการต้มแบบใหม่จะใช้ในหม้อต้มเยื่อกระดาษจากมูลช้าง ใช้หลักการแรงดันไอน้ำ โดยกำหนดความดันภายในหม้อต้มไม่เกิน 1 บาร์ หากมีแรงดันภายในหม้อต้มเกิน จะมีการระบายไอน้ำออกด้วยวาล์วระบายไอน้ำที่ติดตั้งกับฝาหม้อต้ม

4) แหล่งความร้อนในการต้มเยื่อกระดาษจากมูลช้างแบบเดิมใช้ความร้อนจากการเผาฟืนและเศษไม้ ดังนั้นแหล่งความร้อนที่ใช้ต้มเยื่อกระดาษจาก มูลช้างแบบใหม่ จะใช้เตาแก๊สหุงต้มเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการให้ความร้อนให้มากขึ้น

2.1.2 ด้านประสิทธิภาพของเครื่องต้มเยื่อกระดาษพิจารณาจากสิ่งต่อไปนี้

1) พิจารณาจากการประเมินประสิทธิภาพของเทคโนโลยีการผลิตจากผู้เชี่ยวชาญทางด้านเทคโนโลยี จำนวน 5 ท่าน

2) พิจารณาผลจากการกำลังการผลิตด้วยเครื่องต้มเยื่อกระดาษจากมูลช้าง โดยต้มเยื่อกระดาษได้ 20 กิโลกรัมต่อครั้ง

3) พิจารณาจากเวลาในการต้มเยื่อกระดาษให้เปื่อยภายใน 2 ชั่วโมงต่อครั้ง โดยเยื่อกระดาษที่ต้มแล้วมีลักษณะเปื่อยยุ่ย เหมาะสำหรับการนำไปตีเยื่อกระดาษด้วยเครื่องตีเยื่อกระดาษจากมูลช้าง

#### 2.2 เครื่องตีเยื่อกระดาษจากมูลช้าง

##### 2.2.1 ด้านตัวเครื่อง

1) โครงสร้างของเครื่องตีเยื่อกระดาษจากมูลช้างแบบเดิมใช้เหล็กรูปพรรณเชื่อมรองรับน้ำหนักตัวเครื่อง ดังนั้นเครื่องตีเยื่อกระดาษจากมูลช้างแบบใหม่ยังคงใช้เหล็กรูปพรรณเป็นโครงสร้างและเพิ่มล้อเลื่อนเพื่ออำนวยความสะดวกเคลื่อนย้าย

2) ถังตีเยื่อกระดาษจากมูลช้างแบบเดิมใช้เหล็กแผ่นเชื่อมเป็นถึงรูปวงรี มีลักษณะเป็นรูปไข่ ดังนั้นถังตีเยื่อกระดาษจากมูลช้างแบบใหม่ เลือกใช้สแตนเลสแผ่นเบอร์ 304 ความหนา 2 มิลลิเมตร มีวนและเชื่อมเป็นถึงทรงกลม

3) ชุดใบมีด แบบเดิมมีลักษณะเป็นทรงกระบอกฉีกรอบ ๆ มีลักษณะเป็นครึ่งเรียงไปตามยาวของทรงกระบอก วางตามแนวนอนและหมุนได้ ตอนพื้นล่างจะมีแถบเฟืองรองรับ ดังนั้นชุดใบมีดแบบใหม่ ออกแบบเป็นชุดโรเตอร์สวมแบร์ริง 2 ชุด ส่วนด้านบนติดใบมีดทำจากสแตนเลส ด้านล่างเพลลาในแนวตั้งสวมมู่เลย์สำหรับสายพานขับ

4) ชุดต้นกำลังและการส่งกำลังแบบเดิม ใช้มอเตอร์ขนาด 1 แรงม้า ส่งกำลังผ่านสายพานร่องวีมายังชุดมู่เลย์ที่ติดอยู่กับเพลลาใบมีด ดังนั้นชุดต้นกำลังและการส่งกำลังแบบใหม่เลือกใช้มอเตอร์ 1 แรงม้า และใช้สายพานร่องวีสำหรับส่งถ่ายกำลังเหมือนแบบเดิมและออกแบบแนวการวางชุดต้นกำลังแบบใหม่ตามรูปแบบของถังสี่เหลี่ยม

2.2.2 ด้านประสิทธิภาพของเครื่องตีเยื่อกระดาษพิจารณาจากสิ่งต่อไปนี้

1) พิจารณาจากการประเมินประสิทธิภาพของเทคโนโลยีการผลิตจากผู้เชี่ยวชาญทางด้านเทคโนโลยี จำนวน 5 ท่าน

2) พิจารณาผลจากการกำลังการผลิตด้วยเครื่องตีเยื่อกระดาษ โดยตีเยื่อกระดาษจากมูลช้างได้ 20 กิโลกรัมต่อครั้ง

3) พิจารณาจากเวลาที่ใช้ในการตีเยื่อกระดาษจากมูลช้างให้ละเอียด ที่ความเร็วรอบ 800 รอบต่อนาที และสามารถนำเยื่อมูลช้างที่ตีแล้วมาทำกระดาษได้

2.3 เครื่องขึ้นแผ่นกระดาษจากมูลช้าง

2.3.1 ด้านตัวเครื่องขึ้นแผ่นกระดาษ

1) โครงสร้างการขึ้นแผ่นกระดาษแบบเดิมใช้บ่อปูนสำหรับรองตะแกรงขึ้นแผ่นกระดาษ ดังนั้นตัวเครื่องที่ออกแบบใหม่เลือกใช้โครงสร้างที่ทำจากเหล็กรูปพรรณในส่วนที่วัสดุไม่สัมผัสกับน้ำและใช้สเตนเลสเป็นโครงสร้างในส่วนที่วัสดุต้องสัมผัสกับน้ำซึ่งอาจทำให้เกิดสนิม

2) เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ขึ้นแผ่นกระดาษได้ออกแบบใหม่ทั้งหมด โดยใช้สเตนเลสเป็นวัสดุหลัก อาศัยหลักการแรงดึงอย่างรวดเร็วจากการลดลงของปริมาณน้ำ

3) ใช้ปั๊มน้ำขนาดเล็กเป็นต้นกำลังในการเพิ่มปริมาณน้ำในเครื่องขึ้นแผ่นกระดาษมูลช้าง

4) เฟรมขึ้นแผ่นกระดาษแบบเดิมใช้ไม้ตีจิงตะแกรงเป็นกรอบสี่เหลี่ยม ขนาดของเฟรมจะได้กระดาษขนาดความกว้าง  $\times$  ความยาว เท่ากับ

$40 \times 60$  เซนติเมตร ดังนั้นการขึ้นแผ่นกระดาษแบบใหม่ใช้แผ่นลวดที่มีรูขนาดเล็กทำแผ่นเฟรมกระดาษ ก่อนนำแผ่นกระดาษที่ได้ไปรีดให้เรียบ

2.3.2 ด้านประสิทธิภาพ พิจารณาจากสิ่งต่อไปนี้

1) พิจารณาจากการประเมินประสิทธิภาพของเทคโนโลยีการผลิตกระดาษจากผู้เชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยี จำนวน 5 ท่าน

2) พิจารณาจากขนาดของกระดาษที่ความกว้าง  $\times$  ความยาว เท่ากับ  $25 \times 30$  เซนติเมตร โดยให้คลาดเคลื่อนไม่เกิน  $\pm 1$  เซนติเมตร

3) พิจารณาจากจำนวนแผ่นกระดาษที่ได้จากการทดลองผลิตกระดาษจากมูลช้าง

3. การทดสอบและเปรียบเทียบคุณสมบัติทางกายภาพของกระดาษจากมูลช้างตามวิธีมาตรฐาน TAPPI

3.1 ใช้กระดาษจากมูลช้างของศูนย์ศึกษาห่มบ้านช้าง จังหวัดสุรินทร์ และตัวอย่างกระดาษจากเทคโนโลยีที่พัฒนาขึ้นเป็นตัวอย่างในการทดสอบ

3.2 ทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของกระดาษจากมูลช้างดังต่อไปนี้

3.2.1 น้ำหนักมาตรฐาน (Basis Weight)

3.2.2 ความหนา (Single Sheet Thickness)

3.2.3 ความต้านแรงดันทะลุ (Bursting Strength)

3.2.4 ความต้านแรงฉีกขาด (Tearing Resistance)

3.2.5 ความต้านต่อการหักพับ (Folding Endurance)

3.2.6 ความต้านแรงดึง (Tensile Break Load)

3.3 ทดสอบคุณสมบัติกระดาษจากมูลช้างตามมาตรฐานตามวิธีของมาตรฐานกระดาษ TAPPI

4. การสร้างผลิตภัณฑ์กระดาษจากมูลช้าง

การพัฒนากระดาษจากมูลช้างผู้ผลิตภัณฑ์ชุมชนผู้วิจัยได้ดำเนินการผลิตกระดาษจากมูลช้างและนำกระดาษจากมูลช้างที่ได้ให้ชุมชนผู้ผลิตผลิตภัณฑ์ชุมชนเป็นผู้ใช้ด้วยตนเอง พร้อมทั้งเป็นผู้ประเมินการยอมรับ

โดยมีผลิตภัณฑ์ที่ใช้กระดาษจากมูลช้างผลิตขึ้น ดังนี้

- 4.1 กล่องใส่ของอเนกประสงค์
- 4.2 ถุงหิ้วกระดาษ
- 4.3 ซองกระดาษสำหรับใส่เอกสาร

## 5. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

5.1 ด้านประชากร ผู้วิจัยได้กำหนด ประชากรจากกลุ่มผู้เชี่ยวชาญด้านการสร้างเครื่องและ ผู้เชี่ยวชาญด้านการผลิตกระดาษทั้งแบบหัตถกรรมและ อุตสาหกรรม

5.2 ด้านกลุ่มตัวอย่าง ผู้วิจัยได้กำหนด กลุ่มตัวอย่างเป็นผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน โดย ใช้ การประเมินประสิทธิภาพการผลิตและกลุ่มตัวอย่าง ประชาชนจำนวน 30 คน เป็นผู้ประเมินการยอมรับต่อ ผลิตภัณฑ์กระดาษจากมูลช้างมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ ได้

## วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยเรื่อง การพัฒนาเทคโนโลยีการผลิต กระดาษจากมูลช้างสู่ผลิตภัณฑ์ชุมชน ผู้วิจัยได้ดำเนินการ วิจัยตามกระบวนการวิจัยและพัฒนา (Research and Development) การวิจัยเชิงสำรวจ (Survey Research) ซึ่งมีขั้นตอนในการดำเนินการและรายละเอียดของการ ดำเนินการวิจัยในแต่ละขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. การศึกษาข้อมูลพื้นฐาน และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
2. การออกแบบและสร้างเทคโนโลยีการผลิต กระดาษจากมูลช้าง
3. การทดลองผลิตกระดาษจากมูลช้างและหา ประสิทธิภาพเทคโนโลยีการผลิตกระดาษจากมูลช้าง
4. การทดสอบและเปรียบเทียบคุณสมบัติทาง กายภาพของกระดาษจากมูลช้างตามมาตรฐาน TAPPI
5. การแปรรูปกระดาษจากมูลช้างที่ผลิตได้ สู่ผลิตภัณฑ์ชุมชน
6. สรุปผลการดำเนินงานวิจัยการพัฒนา เทคโนโลยีการผลิตกระดาษจากมูลช้างสู่ผลิตภัณฑ์ ชุมชน

## ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

### 1. ผลการศึกษาข้อมูลกระบวนการผลิต กระดาษจากมูลช้าง หมู่บ้านช้าง จังหวัดสุรินทร์

โดยการสัมภาษณ์ นายไพฑูรย์ ศาลางาม เจ้าหน้าที่ประจำศูนย์คชศึกษา หมู่บ้านช้าง บ้านดากลาง ตำบลกะโพ อำเภอท่าตูม จังหวัดสุรินทร์ และคุณคำแก้ว อินสำราญ เจ้าหน้าที่ขององค์การสวนสัตว์ แห่งประเทศไทย นำปัญหามาสรุปความต้องการ และปัญหากระบวนการผลิตกระดาษจากมูลช้าง

สรุปในกระบวนการผลิตกระดาษจากมูลช้าง ของหมู่บ้านช้างที่ทำการศึกษายังเป็นกระบวนการแบบ เดิม ซึ่งพึ่งพาเทคโนโลยีไม่มากนัก ยังมีปัญหาในการ ผลิตค่อนข้างมาก ทำให้ผลิตภัณฑ์กระดาษที่ได้ยังน้อย และขาดคุณภาพ ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะแก้ปัญหา โดยการออกแบบและสร้างเทคโนโลยีการผลิตกระดาษ จากมูลช้างเข้ามาปรับปรุงเทคโนโลยีการผลิตทั้งระบบ ได้แก่ การสร้างหม้อต้มเยื่อแรงดัน การสร้างเครื่องตีเยื่อ และการสร้างเครื่องขึ้นแผ่น ดังที่ทำการศึกษาในข้างต้น

### 2. ผลการสร้างและหาประสิทธิภาพเทคโนโลยี การผลิตกระดาษจากมูลช้าง

จากการดำเนินงานวิจัย ผู้วิจัยได้พัฒนา เทคโนโลยีการผลิตกระดาษจากมูลช้าง โดยการ ออกแบบและสร้างเครื่องผลิตกระดาษตามเทคนิควิธี The FSUDE System ซึ่งเครื่องผลิตกระดาษที่สร้างขึ้น แบ่งออกเป็น 3 เครื่อง ตามกระบวนการผลิตกระดาษจาก มูลช้างและได้ดำเนินการทดลองเพื่อหาประสิทธิภาพ ของแต่ละเครื่องดังนี้

#### 2.1 หม้อต้มเยื่อแรงดัน



ภาพที่ 1 หม้อต้มเยื่อแรงดัน

ผู้วิจัยได้ทำการทดลองเพื่อหาประสิทธิภาพของหม้อต้มโดยการต้มเยื่อมูลซ้างจำนวน 20 กิโลกรัม ที่ระดับความดันภายในถึงต้มครั้งที่ 1 บาร์ โดยในการต้มแต่ละครั้งจะใช้เวลาต้มของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ร้อยละ 15 ของน้ำหนักเยื่อมูลซ้างแห้ง ได้ผลจากการต้มที่เหมาะสมที่เวลาต้มมูลซ้าง 90 นาที ปริมาณผล ได้ของมูลซ้างที่ต้มได้เฉลี่ยร้อยละ 68.8 และได้ค่าคัปปานัมเบอร์ (Kappa Number of pulp) เท่ากับ 20.5 ตามมาตรฐาน TAPPI Standard T 214 m-50

## 2.2 เครื่องตีเยื่อกระดาษจากมูลซ้าง



ภาพที่ 2 เครื่องตีเยื่อกระดาษ

ทดลองเพื่อหาประสิทธิภาพของเครื่องตีเยื่อกระดาษจากมูลซ้าง โดยการตีเยื่อแต่ละครั้งจะใช้เวลาต้มที่ให้ความเร็วรอบที่ใช้ทดลอง คือ ความเร็วรอบ 800 รอบ ต่อนาที ได้ผลการตีเยื่อมูลซ้างที่เหมาะสมที่เวลา 60 นาที ปริมาณผล ได้ของมูลซ้างที่ต้มได้เฉลี่ยร้อยละ 94.5 ได้ค่าสภาพระบายน้ำ Freeness (cc.) เฉลี่ย 428 cc.

## 2.3 เครื่องขึ้นแผ่นกระดาษจากมูลซ้าง



ภาพที่ 3 เครื่องขึ้นแผ่นกระดาษ

เครื่องขึ้นแผ่นกระดาษจากมูลซ้างที่สร้างขึ้นสามารถขึ้นแผ่นกระดาษขนาด กว้าง × ยาว เท่ากับ 25 × 30 เซนติเมตร ได้ผลที่เหมาะสมที่น้ำหนักของเยื่อมูลซ้าง 8.5 กรัม ขึ้นเป็นแผ่นกระดาษได้ 576 แผ่น โดยมีน้ำหนักกระดาษเฉลี่ย 85.13 g/m<sup>2</sup> คิดเป็นผลได้ของกระดาษมูลซ้างร้อยละ 61.25

สรุป ประสิทธิภาพของเทคโนโลยีที่ใช้ผลิตกระดาษจากมูลซ้างที่ประกอบด้วยเครื่องต้มเยื่อแรงดัน เครื่องตีเยื่อกระดาษ และเครื่องขึ้นแผ่นกระดาษ สามารถผลิตกระดาษจากมูลซ้าง 20 กิโลกรัม ที่ความชื้น 60 เปอร์เซ็นต์ ได้กระดาษมูลซ้างขนาดความกว้าง 25 เซนติเมตร ความยาว 30 เซนติเมตร จำนวน 576 แผ่น โดยมีน้ำหนักกระดาษเฉลี่ย 85.13 กรัมต่อตารางเมตร คิดเป็นประสิทธิภาพของผล ได้การผลิตกระดาษมูลซ้างร้อยละ 61.25

## 3. ผลการประเมินประสิทธิภาพการใช้งานเทคโนโลยีการผลิตกระดาษจากมูลซ้าง

การประเมินประสิทธิภาพการใช้งานเทคโนโลยีการผลิตกระดาษจากมูลซ้าง โดยผู้เชี่ยวชาญที่มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับระบบการทำงานของเครื่องจักร จำนวน 2 ท่าน และผู้เชี่ยวชาญด้านการผลิตกระดาษ 3 ท่าน ได้ผลการประเมินดังนี้

3.1 ด้านโครงสร้าง ผู้วิจัยได้กำหนดรายการประเมินออกเป็น 6 รายการ ผลการวิเคราะห์ข้อมูลการประเมินประสิทธิภาพของเทคโนโลยีการผลิตกระดาษจากมูลซ้างโดยผู้เชี่ยวชาญจากแบบประเมินทุกข้อโดยคิดค่าเฉลี่ย ของผู้ประเมินทั้ง 5 ท่าน ได้คะแนนร้อยละ 88.67 ( $\mu = 4.43, \sigma = 0.56$ ) พบว่า อยู่ในเกณฑ์ 3.51-4.50 แสดงว่าผลประเมินด้านโครงสร้างของเทคโนโลยีการผลิตกระดาษจากมูลซ้างนี้ มีประสิทธิภาพดีมาก เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อพบว่า ส่วนใหญ่อยู่ในระดับดีมาก โดยมีข้อที่ 3 ความเหมาะสมของวัสดุที่ใช้ทำเครื่อง และข้อที่ 6 ความคงทนแข็งแรง โดยรวมอยู่ในระดับประสิทธิภาพดีมากที่สุด

3.2 ด้านการใช้งาน ผู้วิจัยได้กำหนดรายการประเมินออกเป็น 7 รายการ ผลการวิเคราะห์ข้อมูลการ

ประเมินประสิทธิภาพของเทคโนโลยีการผลิตกระดาษจากมูลช้าง โดยผู้เชี่ยวชาญจากแบบประเมินทุกข้อ โดยคิดค่าเฉลี่ยของผู้ประเมินทั้ง 5 ท่าน ได้คะแนนร้อยละ 83.43 ( $\mu = 4.17, \sigma = 0.55$ ) อยู่ในเกณฑ์ 3.51-4.50 แสดงว่าด้านการใช้งานของเทคโนโลยีการผลิตกระดาษจากมูลช้างนี้มีประสิทธิภาพดีมาก เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อพบว่าส่วนใหญ่อยู่ในระดับดีมาก โดยมีข้อที่ 3 ความสะดวกในการบำรุงรักษา และข้อที่ 6 ความสะดวกในการนำเยื่อกระดาษออกจากเครื่อง อยู่ในระดับประสิทธิภาพดีมากที่สุด นอกจากนั้น ข้อที่ 7 ความสะดวกในการป้อนเยื่อมูลช้างเข้าเครื่องมีประสิทธิภาพดี

3.3 ด้านผลผลิต ผู้ศึกษาได้กำหนดรายการประเมินออกเป็น 4 รายการ ประเมินผลการวิเคราะห์ข้อมูลการประเมินประสิทธิภาพของเทคโนโลยีการผลิตกระดาษจากมูลช้าง โดยผู้เชี่ยวชาญจากแบบประเมินทุกข้อ โดยคิดค่าเฉลี่ยของผู้ประเมินทั้ง 5 ท่าน ได้คะแนนร้อยละ 90 ( $\mu = 4.50, \sigma = 0.55$ ) อยู่ในเกณฑ์ 3.51-4.50 แสดงว่าด้านการใช้งานของเทคโนโลยีการผลิตกระดาษจากมูลช้างนี้มีประสิทธิภาพดีมาก เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อพบว่าส่วนใหญ่อยู่ในระดับดีมาก โดยมีข้อที่ 1 หม้อต้มเยื่อสามารถต้มเยื่อมูลช้างให้เปื่อยยุ่ยได้ และข้อที่ 3 เครื่องขึ้นแผ่นกระดาษสามารถทำแผ่นกระดาษมูลช้างได้ในระดับประสิทธิภาพดีมากที่สุด

สรุปการประเมินประสิทธิภาพเทคโนโลยีการผลิตกระดาษจากมูลช้างโดยรวมทั้ง 3 ด้าน คือด้านโครงสร้าง ด้านใช้งาน และด้านผลผลิตของผู้เชี่ยวชาญ ได้คะแนนร้อยละ 87.37 หรือมีค่าคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 4.37 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ดีมาก (เกณฑ์ 3.51-4.50) และมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.55

4. ผลการทดสอบและเปรียบเทียบคุณสมบัติทางกายภาพของกระดาษจากมูลช้างตามมาตรฐาน TAPPI

4.1 ผลการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของกระดาษมูลช้าง

นำตัวอย่างกระดาษมูลช้างที่ผลิตได้ และกระดาษมูลช้างจากศูนย์ศึกษา หมู่บ้านช้าง จังหวัด

สุรินทร์ มาทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพกระดาษจากมูลช้าง โดยใช้วิธีการตามมาตรฐาน TAPPI พบว่า ความหนาของกระดาษมูลช้างที่ผลิตด้วยเครื่องผลิตกระดาษมีความหนา 0.315 มิลลิเมตร น้อยกว่ากระดาษแบบเดิมซึ่งมีความหนา 0.426 มิลลิเมตร น้ำหนักมาตรฐานของกระดาษจากมูลช้าง มีน้ำหนักเฉลี่ย 85.13 กรัมต่อตารางเมตร ใกล้เคียงกับกระดาษเดิมคือมีน้ำหนักเฉลี่ย 86.50 กรัมต่อตารางเมตร กระดาษมูลช้างมีค่าการต้านทานแรงดึง 3.97 กิโลกรัม ซึ่งมีค่าน้อยกว่ากระดาษมูลช้างเดิม ที่มีค่าเท่ากับ 4.23 กิโลกรัม การต้านทานแรงฉีกขาดของกระดาษมูลช้างมีค่าน้อยกว่ากระดาษมูลช้างเดิมเท่ากับ 99.29 กรัม จากเดิม 107.83 กรัม ความต้านทานการหักพับของกระดาษมูลช้าง มีความสามารถต้านทานการหักพับมากขึ้นจากเดิม 981 ครั้ง เพิ่มขึ้นเป็น 955 ครั้ง การต้านทานแรงดันตะลุมของกระดาษมูลช้าง มีค่าเพิ่มขึ้นจากเดิม 3.48 กิโลปาสคาล เพิ่มขึ้นเป็น 3.65 กิโลปาสคาล

5. ผลการแปรรูปกระดาษจากมูลช้างสู่ผลิตภัณฑ์ชุมชน

การสร้างผลิตภัณฑ์กระดาษจากมูลช้าง เมื่อได้กระดาษจากมูลช้างมาแล้ว เราสามารถนำไปทำประโยชน์ได้ โดยการนำกระดาษที่ได้ไปทำเป็นผลิตภัณฑ์ เช่น ชั้นวางของอเนกประสงค์ ถุงหิ้วกระดาษของใส่เอกสาร ก็สามารถทำได้ มีความสวยงามและยังมีตลาดที่เป็นเอกลักษณ์ของพืชชนิดนั้นอีกด้วย จากการนำกระดาษจากมูลช้างที่ผลิตมาให้กลุ่มชุมชนสร้างได้ผลิตภัณฑ์กระดาษจากมูลช้างได้ผลการประเมินการยอมรับ

### 5.1 กล่องใส่ของอเนกประสงค์



ภาพที่ 4 ผลิตภัณฑ์กล่องใส่ของที่ระลึกจากกระดาษมูลช้าง

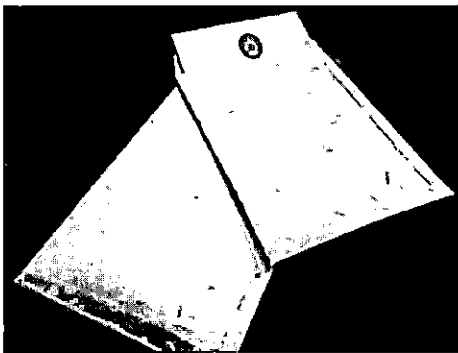


## 5.2 ถุงหิ้วกระดาษ



ภาพที่ 5 ผลิตภัณฑ์ถุงหิ้วกระดาษจากมูลช้างที่สร้างขึ้น

## 5.3 ซองใส่เอกสาร



ภาพที่ 6 ผลิตภัณฑ์ซองใส่เอกสารจากกระดาษมูลช้างที่สร้างขึ้น

ผลประเมินการยอมรับผลิตภัณฑ์ชุมชน โดย ผู้บริโภครายจำนวน 30 คน พบว่า ในส่วนของผลิตภัณฑ์ กล่องใส่ซองอเนกประสงค์ ได้รับการยอมรับในระดับมากที่สุด 2 ด้าน ได้แก่ การทรงตัวของผลิตภัณฑ์ ( $\bar{X} = 4.53$ ) และการยอมรับผลิตภัณฑ์ ( $\bar{X} = 4.53$ ) ผลิตภัณฑ์ ถุงหิ้วกระดาษ ได้รับการยอมรับในระดับมากที่สุด 1 ด้าน ได้แก่ ผิวสัมผัสของผลิตภัณฑ์ ( $\bar{X} = 4.53$ ) และผลิตภัณฑ์ซองใส่เอกสารจากกระดาษมูลช้างมีผลการยอมรับในคุณภาพผลิตภัณฑ์ทุกข้อในระดับมาก

## อภิปรายผล

1. เทคโนโลยีการผลิตกระดาษจากมูลช้างผู้วิจัย เลือกใช้กระบวนการออกแบบและการพัฒนาผลิตภัณฑ์ ด้วยเทคนิควิธี The FSUDE System ซึ่งเป็นวิธีที่ใช้ในการวิเคราะห์แบบงานและประเมินผลแบบงานหรือผลิตภัณฑ์ที่ออกแบบขึ้นว่ามีความเหมาะสมเพียงใดต่อการตัดสินใจนำไปผลิตสร้าง (วิรัช ชื่อวาริน) [2] ทั้งนี้ ผู้วิจัย ได้วิเคราะห์ผลิตภัณฑ์เดิมตามรูปแบบงานวิจัย ที่เกี่ยวข้อง และได้ตัดสินใจสร้างเทคโนโลยีการผลิตกระดาษจากมูลช้างประกอบด้วยเครื่องดัมพ์เยื่อมูลช้าง เครื่องตีเยื่อกระดาษมูลช้าง และเครื่องขึ้นแผ่นกระดาษจากมูลช้าง

1.1 ดำเนินการผลิตกระดาษจากมูลช้าง โดยใช้กระบวนการผลิตแบบโซดา มีโซเดียมไฮดรอกไซด์เป็นตัวทำปฏิกิริยากับลิกนินซึ่งทำหน้าที่ประสานเส้นใยไว้ด้วยกัน ในการดัมพ์มูลช้างใช้เวลาในการดัมพ์ที่เหมาะสม 90 นาที เยื่อมูลช้างที่ผ่านการดัมพ์มีค่า kappa number เท่ากับ 20.5 ซึ่งมีความสัมพันธ์กับงานวิจัยของ (นุชศรานงนุช) [3] ที่กล่าวไว้ว่าค่า kappa number เท่ากับ เปอร์เซ็นต์ของลิกนินคูณ 7 เทียบกับกระดาษสา ซึ่งจะมีค่าลิกนินที่เหมาะสมหลังจากผ่านกระบวนการดัมพ์เท่ากับ 2 เปอร์เซ็นต์

1.2 การตีเยื่อกระดาษมูลช้างมีจุดประสงค์ เพื่อสาងเส้นใยและบดตีเส้นใย การสานกันระหว่างเส้นใยจะส่งผลให้ความแข็งแรงของกระดาษดีขึ้น ทั้งนี้ ขึ้นอยู่กับชนิดของเครื่องตีและเวลาที่ใช้ในการตีเยื่อ การสานกันระหว่างเส้นใยจะมีความสัมพันธ์กับค่า Freeness ซึ่งเป็นการวัดปริมาณการอุ้มน้ำของเยื่อ โดยทั่วไปแล้วกระดาษที่ทำจากพีชจะยิ่งถึงกระดาษสา ซึ่งจะมีค่า Freeness ที่เหมาะสมเท่ากับ 445-640 มิลลิลิตร (สุชาดา อุชชิน และคณะ) [4] จากผลการทดลอง ค่า Freeness ที่ใกล้เคียงจะอยู่ที่เวลาการตีเยื่อ 30 นาที ถึง 1 ชั่วโมง ได้ค่า Freeness ระหว่าง 428-642 มิลลิลิตร หากใช้เวลาในการตีเยื่อมากขึ้นค่า Freeness ที่ได้มีแนวโน้มลดลง ซึ่งแสดงว่าเยื่อกระดาษมีการสานกันดีขึ้นทำให้ช่องว่างระหว่างกระดาษลดลง

1.3 การขึ้นแผ่นกระดาษมูลช้างประยุกต์ใช้แรงดึงดูดของน้ำมาช่วยในการฟอร์มแผ่น น้ำหนักกระดาษจะขึ้นอยู่กับปริมาณความเข้มข้นของเยื่อที่ละลายลงในน้ำ จากกระบวนการผลิตกระดาษจากมูลช้างสามารถหาประสิทธิภาพจากผลได้การผลิตกระดาษมูลช้าง โดยใช้สูตรผลได้ของเยื่อ (สุชดา อุชชิน และคณะ) [4] พบว่าเทคโนโลยีการผลิตกระดาษจากมูลช้างมีประสิทธิภาพร้อยละ 61.25 ของน้ำหนักเยื่อมูลช้างเริ่มต้น

2. คุณสมบัติทางกายภาพของกระดาษจากมูลช้างทดสอบตามวิธีมาตรฐาน TAPPI (Technical Association of the Pulp and Paper Industry) การดัดเยื่อกระดาษจากมูลช้างมีสถานะที่สำคัญคือปริมาณของโซเดียมไฮดรอกไซด์และเวลาที่ใช้ในการต้ม ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ กนิษฐ์ ตรีสุวรรณ [5] เมื่อใช้เวลาดต้มมากขึ้น อุณหภูมิหม้อต้มจะสูงขึ้นตาม ในที่นี้ความดันภายในหม้อต้มจะเป็นตัวช่วยเร่งปฏิกิริยาของเคมีทำให้เยื่อเกิดการแตกตัวได้ง่าย จึงใช้เวลาในการต้มเร็วขึ้น ในขณะที่ลิกนินถูกขจัดออกไปโดยโซเดียมไฮดรอกไซด์ในกระบวนการต้ม เซลลูโลส และเฮมิเซลลูโลสของเส้นใยอาจถูกทำลายตามการลดลงของปริมาณลิกนินด้วย ค่าปริมาณผลผลิตที่ได้จึงลดลงส่งผลต่อค่าความแข็งแรงของกระดาษ สอดคล้องกับงานวิจัยของ นุชศรา นางนุช [6] การต้มเยื่อมีผลอย่างมากต่อคุณสมบัติของกระดาษจากมูลช้างเพราะการตีเป็นการลดความยาวของเส้นใย ทำให้ค่าการต้านทานแรงดันทะลุสูงขึ้นเนื่องจากมีการसानตัวของเส้นใยในการขึ้นแผ่นของกระดาษดีขึ้น แต่มีผลเสียทำให้ค่าความต้านทานแรงดึกขาดลดลงซึ่งผลการทดสอบดังกล่าวสอดคล้องกับ สมหวัง ชันทยานวงศ์ [4] ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของการนำกระดาษไปใช้

3. ผลการสร้างผลิตภัณฑ์จะเน้นที่รูปแบบและคุณภาพของผลิตภัณฑ์ซึ่งจะเป็นปัจจัยสำคัญในการชักจูงผู้บริโภคให้เกิดความต้องการ สอดคล้องกับวิรุณ ตั้งเจริญ [7] ผลการประเมินผลิตภัณฑ์จากกระดาษมูลช้างพบว่าการยอมรับคุณภาพผลิตภัณฑ์กระดาษมูลช้าง

โดยผู้บริโภค 30 คน มีแนวทางการประเมินที่ใกล้เคียงกัน ตามเกณฑ์การประเมินการยอมรับผลิตภัณฑ์ สอดคล้องกับงานวิจัยของ ปิยะนันท์ สายพันธ์ปทุม [8] ที่ประเมินการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์บรรจุภัณฑ์จากกระดาษหัตถกรรมเยื่อหม่อนผสมเยื่อถั่ว

### กิตติกรรมประกาศ

คุณภิญโญพันธ์เรื่องการพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตกระดาษจากมูลช้างสู่ผลิตภัณฑ์ชุมชนจะสำเร็จลุล่วงอย่างสมบูรณ์ไม่ได้โดยหากไม่ได้รับความเมตตาจากรองศาสตราจารย์ ดร.ชูชาติ พยอม ประธานกรรมการที่ปรึกษาคุณภิญโญพันธ์ ดร.สุทธิศักดิ์ แก้วแกมจันทร์ รองศาสตราจารย์ ดร.ทรงศักดิ์ นิ่มกระโทก กรรมการที่ปรึกษาคุณภิญโญพันธ์ ที่คอยให้คำปรึกษาในทุกด้าน ทั้งด้านการศึกษา ค้นคว้า เรียบเรียง ตรวจสอบแก้ไขเอกสาร และขอขอบพระคุณคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ ดร.วิชัย แหวนเพชร ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นิติพัฒน์ พัฒนฉัตรชัย ดร.อรุณ อุ๋นไธสง ที่ให้ความอนุเคราะห์เพิ่มเติมให้เนื้อหาวิทยานิพนธ์สมบูรณ์ยิ่งขึ้น และบุคคลอีกท่านที่ขาดไม่ได้คือ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นิคม ลนขุนทด ประธานสาขาวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม ที่ให้คำแนะนำรวมทั้งข้อเสนอแนะที่ดีตลอดมา ผู้วิจัยขอขอบพระคุณทุกท่านเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบคุณท่านผู้เชี่ยวชาญทั้ง 5 ท่านที่กรุณาเสียสละเวลา เพื่อทำการประเมินประสิทธิภาพชุดทดลองผลิตกระดาษจากมูลช้าง ประกอบด้วยท่านผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิรัช อนุชานุกรณ์ นายปกาศิต สมัครสมาน อาจารย์ผู้เชี่ยวชาญทางด้านการผลิตเครื่องจักรกลและไฟฟ้า นายศักรินทร์ วงศ์วิวัฒนา นายอุเทน ทองใบ ผู้จัดการโรงงานและวิศวกรฝ่ายผลิต รวมทั้งนายภาคภูมิ นิลดี พนักงานห้องปฏิบัติการ บริษัทบูรพาอุตสาหกรรม จำกัด ที่ให้ความช่วยเหลือกับผู้วิจัยในทุกเรื่องและขอขอบคุณกลุ่มเจ้าหน้าที่องค์การสวนสัตว์แห่งประเทศไทยผู้ผลิตกระดาษจากมูลช้าง หมู่บ้านช้าง บ้านตากกลาง

จังหวัดสุรินทร์ ที่ให้ความร่วมมือในการสัมภาษณ์และเก็บข้อมูลที่เป็นประโยชน์มากกับผู้วิจัย รวมทั้งขอขอบคุณครอบครัวของผู้วิจัยที่คอยสนับสนุนและเป็นกำลังใจให้เสมอมา

คุณประโยชน์ของงานวิจัยฉบับนี้ ผู้วิจัยขออุทิศเพื่อบูชาพระคุณ บิดา มารดาครูบาอาจารย์ที่ให้การศึกษาดูแบบ สั่งสอนและหยิบยื่นโอกาสที่ดีให้เสมอมา ผู้วิจัยขอมอบให้แก่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

#### บรรณานุกรม

- [1] อังฉรา พิเลิศ. (2554). การผลิตแก๊สชีวภาพจากมูลช้างและน้ำเสียจากการผลิตกระดาษสามูลช้างร่วมกับฟางข้าว. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีพลังงาน คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- [2] วิรัช ชื่นวาริน. (2513). คู่มือปฏิบัติการ วิชาเทคโนโลยีทางเยื่อกระดาษและกระดาษ. กรุงเทพฯ : คณะวนศาสตร์ ภาควิชาวนผลิตภัณฑ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- [3] นุชศรา นงนุช. (2553). ความเป็นไปได้ในการใช้เยื่อกระดาษคราฟท์และกระดาษกล่องมาผลิตกระดาษเช็ดมือ. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการสิ่งแวดล้อม คณะพัฒนาสังคมและสิ่งแวดล้อม สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์.
- [4] สมหวัง ชันตยานวงศ์. (2550). การเตรียมน้ำเยื่อ และการผลิตกระดาษ (Stock Preparation and Papermaking). กรุงเทพฯ : ภาควิชาวนผลิตภัณฑ์ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- [5] กนิษฐ ตรีสุวรรณ. (2548). การผลิตเยื่อกระดาษจากใบสับปะรด. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเคมี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

[6], [3]

- [7] วิรุณ ตั้งเจริญ . (2539). การออกแบบ. กรุงเทพฯ : โอเดียนสโตร์.
- [8] ปิยะนันท์ สายัณห์ปทุม (2557). เทคโนโลยีการผลิตกระดาษเชิงหัตถกรรมจากต้นหม่อนและกก. วิทยานิพนธ์ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์.