

# รายงานฉบับสมบูรณ์

โครงการพัฒนาสิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดล้อมของสัตว์ทดลอง  
ประเภทหนูไม้ซีและหนูแรจากวัสดุผสมธรรมชาติ



สนับสนุนโดย

งบประมาณรายได้ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ปีงบประมาณ 2560

## บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาสภาพที่เหมาะสม คือเวลาในการต้มและอุณหภูมิในการขึ้นรูปวัตถุดิบ เพื่อการแยกเส้นใยและศึกษาผลของเส้นใยจากพืชต่างชนิดในการขึ้นรูปเป็นอุปกรณ์ในการเลี้ยงสัตว์ทดลอง พืชที่ศึกษาคือ กล้วยและอ้อย เป็นพืชที่ทาง่ายในห้องถัง โดยใช้ส่วนที่ได้จากการต้มซึ่งให้เส้นใยมากที่สุดของพืชทั้งสองชนิดนี้ กำหนดอุณหภูมิของน้ำที่ใช้ในการต้มเป็น 100 องศาเซลเซียส โดยต้มที่เวลาต่างกัน คือ 3, 5 และ 8 ชั่วโมง นำเยื่อที่ต้มแล้วมาขึ้นรูปเป็นแผ่น ก่อนนำไปให้ความร้อนด้วยการกดอัดที่อุณหภูมิต่างกัน คือ 100, 150 และ 200 องศาเซลเซียส ด้วยเครื่องขึ้นรูปโดยใช้ แม่พิมพ์แบบกดอัด (Compression Molding) เพื่อให้ชิ้นงานมีความเรียบและแข็งแรงมากขึ้น จากนั้นนำไปทดสอบคุณสมบัติเชิงกายภาพและเชิงกล จากการทดลองพบว่าเวลาในการต้มเยื่อที่มีผลต่อการแยกเส้นใยมากที่สุด คือ 8 ชั่วโมง ทำให้ได้เส้นใยที่เปื่อยยุ่ยและเกิดการจับตัวกันระหว่างเส้นใยดีที่สุดเมื่อทดสอบค่าการต้านทานแรงดึงพบว่ามีค่ามากที่สุด อุณหภูมิในการกดอัดแผ่นชิ้นงานส่งผลต่อความเรียบและความแข็งแรงของชิ้นงาน คือ เมื่ออุณหภูมิในการกดอัดสูงขึ้นทำให้แผ่นชิ้นงานจากการกล้วยมีค่าความต้านทานแรงดึง และจากการทดสอบอัตราการดูดซึมน้ำของแผ่นชิ้นงานจากน้ำพบว่า ทั้งสองชนิดมีอัตราการดูดซึมน้ำอยู่ในช่วง 2 – 5 วินาที ซึ่งเป็นช่วงที่อยู่ในมาตรฐานการซึมน้ำของวัสดุรองนอนของสัตว์ทดลองเพื่อรับการขับถ่ายของสัตว์ และป้องกันการอับชื้นที่เป็นแหล่งสะสมของเชื้อโรคในกรงเลี้ยงสัตว์

นอกจากนั้นงานวิจัยนี้ยังได้ทำการปรับรูปแบบของสิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดล้อมสำหรับสัตว์ทดลองจากที่มีลักษณะเป็นแผ่นเส้นใยที่นำมาพับและประกอบเข้ากันเป็นทรงกล่องสี่เหลี่ยม ซึ่งมีความแข็งแรงที่ค่อนข้างน้อย เป็นการขึ้นรูปด้วยการพัฒนาแม่พิมพ์ขึ้นรูปจากการศึกษาข้อมูลสัตว์ทดลองประเภทฟันแทะทางด้านพฤติกรรม ขนาด และลักษณะของกรงเลี้ยง ณ สถานสัตว์ทดลองเพื่อการวิจัย มหาวิทยาลัยนเรศวรเพื่อให้ได้ชิ้นงานต้นแบบสิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดล้อมที่สามารถใช้งานจริงได้อย่างเหมาะสม

## สารบัญ

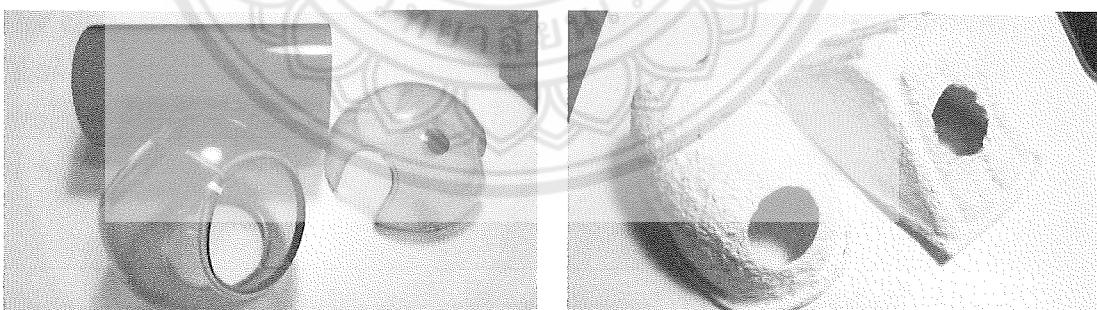
	หน้า
บทคัดย่อ.....	ก
สารบัญ.....	ข
 บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงการ.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ.....	3
1.3 ขอบเขตการดำเนินโครงการ.....	3
 บทที่ 2 หลักการและทฤษฎี.....	4
2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....	4
2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	9
 บทที่ 3 วิธีดำเนินงาน.....	14
3.1 แผนการดำเนินงาน.....	14
3.2 กระบวนการเตรียมสื้นไป.....	15
3.3 การทดสอบคุณสมบัติเชิงกายภาพและเชิงกล.....	16
3.4 ศึกษาข้อมูลและออกแบบสิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดล้อมสำหรับสัตว์ทดลอง ประเภทพื้นแท้ต้นแบบ.....	16
3.5 การขึ้นรูปสิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดล้อมสัตว์ทดลองจากแม่พิมพ์ 3 มิติ.....	18
3.6 ทดสอบการใช้งาน.....	19
 บทที่ 4 ผลการดำเนินงานและวิเคราะห์ผล.....	20
4.1 กระบวนการเตรียมสื้นไป.....	20
4.2 การทดสอบคุณสมบัติเชิงกายภาพและเชิงกล.....	23
4.3 การออกแบบสิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดล้อมสำหรับสัตว์ทดลองประเภทแท้.....	26
4.4 การขึ้นรูปสิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดล้อม.....	30
4.5 ทดสอบการใช้งาน.....	52
4.6 การทดสอบคุณสมบัติเชิงกลและเชิงกายภาพของแผ่นเส้นไยก้าวย.....	32
 บทที่ 5 บทสรุปและข้อเสนอแนะ.....	33
5.1 บทสรุป.....	33
5.2 ข้อเสนอแนะ.....	34
เอกสารอ้างอิง.....	35
ภาคผนวก .....	38

## บทที่ 1 บทนำ

### 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงการ

สัตว์หลายชนิดจำนวนมากได้ถูกนำมาใช้ในงานวิจัย ทดสอบ และงานสอนด้านวิทยาศาสตร์ การแพทย์ เพื่อประโยชน์ในการพัฒนาคุณภาพชีวิตของมนุษย์และสัตว์ ความจำเป็นที่จะต้องใช้ สัตว์ทดลองยังคงมีอยู่ต่อไป เพราะในหลายกรณียังไม่มีวิธีการอื่นที่จะนำมาใช้ทดแทนได้กิ่งว่า ในปัจจุบันวิทยาการด้านวิทยาศาสตร์และการแพทย์ของประเทศไทยมีความก้าวหน้าและพัฒนาไปอย่าง ต่อเนื่อง โดยมีการใช้สัตว์ทดลองในงานด้านนี้เพิ่มขึ้นเป็นจำนวนมาก [1] เพื่อประโยชน์ต่อการพัฒนา วิชาการทางด้านการแพทย์ สาธารณสุข การเกษตร และการพัฒนาคุณภาพชีวิตของมนุษย์และสัตว์ ดังนั้น เพื่อให้ได้ผลงานที่ถูกต้อง มีคุณภาพ เป็นที่ยอมรับของสากล และนำไปประยุกต์ใช้ได้อย่าง ปลอดภัย จึงจำเป็นต้องกำหนดมาตรฐานและแนวทางปฏิบัติในการเลี้ยงและใช้สัตว์ทดลองเพื่องาน ทางวิทยาศาสตร์

จากมาตราฐานและแนวทางปฏิบัติในการเลี้ยง ข้อแนะนำสำหรับการดูแลและการใช้ สัตว์ทดลองนำไปสู่การออกแบบสภาพแวดล้อม และระบบการสุขาภิบาลสำหรับสัตว์ทดลองเพื่อการ จัดการให้สัตว์เหล่านั้นได้มีสวัสดิภาพและความเป็นอยู่ที่ดี มีสุขภาพดี ไม่ติดเชื้อ ไม่เครียด ไม่เจ็บปวด หรืออุกอาจนานเมื่อนำมาสัตว์มาใช้ การเลี้ยงและใช้สัตว์ทดลองดังกล่าว ต้องมีการจัดการอาคาร สถานที่ มีระบบการจัดการและการเลี้ยงที่ดี มีการป้องกันการติดเชื้อ การควบคุมสภาพแวดล้อม และการ ป้องกันการแพร่กระจายเชื้อโรค สารพิษ ผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากการเลี้ยงและใช้สัตว์ สูบน้ำมัน และ สิ่งแวดล้อม [2] การเลี้ยงสัตว์ทดลองที่ปลอดเชื้อดังกล่าว เป็นตัวแปรสำคัญในการ ประสิทธิภาพ ดังนั้นในขั้นตอนการดูแลสัตว์ทดลองจึงมีความสำคัญเป็นอย่างมาก



รูปที่ 1.1 สิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดล้อมสำหรับสัตว์ทดลองที่นำเข้าต่างประเทศ  
แบบวัสดุพลาสติก (ซ้าย) และแบบวัสดุกระดาษ (ขวา)

ในการเลี้ยงสัตว์ทดลองให้ได้มาตรฐานและปลอดเชื้อนั้น อุปกรณ์และวัสดุที่ใช้สำหรับการเลี้ยงสัตว์ ต้องผ่านการตรวจสอบว่าไม่มีสารปนเปื้อนที่นำมาสู่การติดเชื้อหรือการเกิดโรคแทรกซ้อนใน สัตว์ทดลอง อุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับการเลี้ยงสัตว์ทดลอง เช่น กรงสำหรับขังเดี่ยวแบบบรร mata ซึ่งใช้ สำหรับการทดลองที่ไม่มีการแพร่เชื้อ ใน การเลี้ยงสัตว์ทดลองจำพวกสัตว์ฟันแทะนี้ยังได้มีการนำเข้า อุปกรณ์ที่จำเป็นจากต่างประเทศ เช่น วัสดุรองนอน วัสดุกัดแทะ และวัสดุสำหรับทำรัง เป็นต้น

กระบวนการผลิตวัสดุดังกล่าวเนี้ยต้องผ่านการข้าเขือให้ปลอดภัยต่อสัตว์ทดลอง อีกทั้งยังใช้เพื่อตุดขับปีssavaeที่สัตว์ขับถ่ายออกมานี้ทำให้กรงอับชีน และช่วยดูดกลิ่นไม่พึงประสงค์ด้วย [3]

ปัจจุบันสถานสัตว์ทดลองเพื่อการวิจัย มหาวิทยาลัยนเรศวร ได้นำสิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดล้อมมาใช้กับกรงเลี้ยงสัตว์ทดลองประเภทฟันแทะ เพื่อเพิ่มพูนสภาพแวดล้อมของเรี้ยงให้มีความใกล้เคียงกับธรรมชาติของสัตว์ประเภทฟันแทะ โดยสิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดล้อมสำหรับสัตว์ทดลองประเภทฟันแทะนั้นจะมีลักษณะเป็นห่อทรงกระบอกกลม ทำจากวัสดุที่เป็นพลาสติก โดยมีราคาค่อนข้างสูง เนื่องจากการนำเข้าจากต่างประเทศ ซึ่งจากการวิจัยการศึกษาผลกระทบของสิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดล้อมที่มีต่อสัตว์ทดลอง พบร่วมสิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดล้อมมีผลต่อการลดการหลังสารความเครียดของสัตว์ทดลองที่เป็นผลให้การรวมข้อมูลในการวิจัยมีความคาดเคลื่อนจากที่ควรจะเป็น สิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดล้อมจึงมีความสำคัญกับงานวิจัยที่ใช้ศึกษาในสัตว์ทดลอง [1]

เนื่องจากต้องปลดเชือและนำเข้าจากต่างประเทศทำให้วัสดุดังกล่าวมีราคาแพงมาก จากการศึกษาข้อมูลเบื้องต้นของการเลี้ยงสัตว์ทดลอง พบร่วมสิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดล้อมจากวัสดุที่มีหลากหลายรูปแบบและมีบางชนิดทำจากกระดาษ ซึ่งคงจะผู้วิจัยมีความเห็นว่าสามารถใช้วัตถุดินจากธรรมชาติเพื่อผลิตวัสดุเหล่านี้ให้ทดแทนและช่วยลดค่าใช้จ่ายในการนำเข้าจากต่างประเทศได้จาก การศึกษาพบว่าอ้อยและกล้วยเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย ในจังหวัดพิษณุโลกมีการปลูกอ้อยเช่นเดียวกัน ส่วนมากจะเป็นสายพันธุ์ K84-200 ให้ผลผลิต 12–14 ตันต่อไร่โดยผลผลิตที่ได้จะนำมาผ่านกระบวนการผลิตอกมาเป็นน้ำตาลหรือขายเป็นน้ำอ้อยสด [4] ซึ่งหลังจากผ่านกระบวนการจะมีขันอ้อยเหลือทิ้งเป็นจำนวนมาก ส่วนกล้วยน้ำว้าพบปลูกทั่วไปในประเทศไทย รับประทานกันมากในทุกภาค โดยภาคกลางปลูกเป็นการค้าทั่วไป ภาคเหนือปลูกมากที่จังหวัดพิษณุโลก คือ พันธุ์มูลติ่อ่อง สามารถให้ผลผลิตได้เป็นจำนวนมากและนำไปทำกล้วยตามเป็นอาชีพ ที่สำคัญอย่างหนึ่งของชาวจังหวัดพิษณุโลก ปัจจุบันเกษตรกรได้ขยายพื้นที่การปลูกกล้วยน้ำว้า พันธุ์มะลิอ่อง สำหรับอุตสาหกรรมกล้วยตากเพื่อขายในประเทศและส่งออก [5] กล้วยจะให้ผลผลิตได้เพียงหนึ่งเครื่องต่อตันเท่านั้น ในการปลูกกล้วยจะได้ตันกล้วยประมาณ 200 ตันต่อไร่ หลังจากเก็บเกี่ยวผลผลิตก็จะทำการตัดต้นกล้วยทิ้ง ซึ่งในการเก็บเกี่ยวแต่ละครั้งจะมีตันกล้วยที่ต้องตัดทิ้งเป็นจำนวนมาก นอกจากจะใช้เป็นอาหารสัตว์แล้วต้นกล้วยเหล่านี้ไม่ได้ถูกนำไปใช้ประโยชน์มากนัก คงจะผู้วิจัยจึงเลือกที่น้ำว้าผลผลิตเหลือทิ้งของต้นกล้วยและขานอ้อยสามารถนำมาเพิ่มมูลค่าได้โดยการใช้ประโยชน์จากเส้นใยที่มีอยู่ในพืชทั้งสองชนิดนี้

งานวิจัยนี้จึงมุ่งศึกษาการนำเส้นใยจากพืชคือ กล้วยและอ้อย ซึ่งเป็นพืชที่มีเส้นใยเหนียวและยาว[6] และหาจ่ายในจังหวัดพิษณุโลก โดยส่วนที่ใช้จะเป็นลำต้นของกล้วยและอ้อย นำมาศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมและปัจจัยที่ส่งผลต่อการแยกเส้นใย ก่อนจะขึ้นรูป เพื่อใช้เป็นวัสดุต่างๆ ในการเลี้ยงสัตว์ทดลอง ซึ่งจะมีการนำตัวอย่างของวัสดุที่ขึ้นรูปดังกล่าวมาทดสอบเพื่อให้ได้คุณภาพตามมาตรฐานและความปลอดภัยในการเลี้ยงสัตว์ทดลอง

## 1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

- 1.2.1 พัฒนาระบวนการเตรียมเส้นใยธรรมชาติที่ไม่ใช้สารเคมี และการขึ้นรูปเส้นใยกล้ายและอ้อย
- 1.2.2 เพื่อศึกษาเวลาในการต้มวัตถุดิบที่มีผลต่อการแยกเส้นใยและอุณหภูมิในการขึ้นรูปเป็นแผ่นของเส้นใยจากกาบกล้ายและชานอ้อย
- 1.2.2. เพื่อศึกษาคุณสมบัติเชิงกายภาพและเชิงกลของวัสดุที่ขึ้นรูปจากกาบกล้ายและชานอ้อย
- 1.2.3 นำสิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดล้อมสำหรับสัตว์ทดลองไปทดลองใช้จริง ณ สถานสัตว์ทดลองเพื่อการวิจัย มหาวิทยาลัยนเรศวร

## 1.3 ขอบเขตในการดำเนินโครงการ

- 1.3.1 ศึกษาระบวนการเตรียมเส้นใยกล้ายและอ้อย เพื่อการขึ้นรูป
- 1.3.2 ทดสอบคุณสมบัติเชิงกายภาพและเชิงกลของชิ้นงานที่ขึ้นรูปแล้วเพื่อหาตัวแปรที่เหมาะสมในการปรับสภาพ
- 1.3.3 พัฒนาแม่พิมพ์สำหรับปรับสภาพชิ้นงานด้วยแรงดันและความร้อน
- 1.3.4 ทดสอบการใช้งานสิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดล้อมสำหรับสัตว์ทดลอง ณ สถานสัตว์ทดลองเพื่อการวิจัย มหาวิทยาลัยนเรศวร

## บทที่ 2

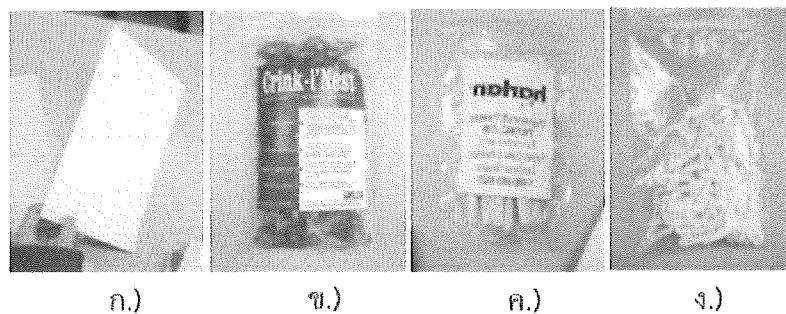
### หลักการและทฤษฎี

ในบทนี้จะเป็นหลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับโครงการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมของการเตรียมเส้นไฮดรรอมชาติ อาทิ เช่น เส้นไฮจากกาบกล้ายและ Chan อ้อย เพื่อขึ้นรูปเป็นวัสดุเพิ่มพูน สภาพแวดล้อมของสัตว์ทดลอง โดยกล่าวถึงเกี่ยวกับธรรนกรรมปริทรรศน์ เส้นไฮ หลักการและข้อมูลที่เกี่ยวข้อง นิยามศัพท์เฉพาะ โดยมีรายละเอียดเนื้อหาดังนี้

#### 2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

##### 2.1.1 ความรู้เกี่ยวกับการเลี้ยงสัตว์ทดลอง

เพื่อความเป็นอยู่ที่ดีของสัตว์ทดลอง คุณภาพงานวิจัยและความเจริญก้าวหน้าของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่มีความเกี่ยวข้องกับมนุษย์และสัตว์ จะต้องได้รับการดูแลอย่างมีมนุษยธรรมหมายถึง การกระทำต่างๆ เพื่อให้มั่นใจว่าสัตว์ทดลองได้รับการปฏิบัติอย่างสอดคล้องกับมาตรฐานทางจริยธรรม และทางวิทยาศาสตร์ การสร้างสภาพแวดล้อมของห้องปฏิบัติการที่ให้การดูแลอย่างมีมนุษยธรรม และมีความใส่ใจต่อสัตว์ทดลอง การออกแบบสถานที่ร่วมกับที่อยู่และการจัดการสัตว์ทดลองอย่างเหมาะสมเป็นสิ่งจำเป็นต่อความเป็นอยู่ที่ดีของสัตว์ รวมไปถึงคุณภาพของการวิจัยและการผลิตสัตว์ทดลอง [3] อุปกรณ์และวัสดุที่ใช้ในการเลี้ยงสัตว์ทดลองจำพวกสัตว์ฟันแทะมีความสำคัญสำหรับการเลี้ยงสัตว์ทดลองเป็นอย่างมาก ได้มีการนำเข้าอุปกรณ์ต่างๆ ที่จำเป็นจากต่างประเทศ เช่น วัสดุรองนอน วัสดุกัดแทะ วัสดุสำหรับทำรัง เป็นต้น กระบวนการผลิตวัสดุดังกล่าวเนื้อผ่านการซื้อเข้ามาได้มาจากโรงงาน ใช้สำหรับกัดชักบ๊ะสภาวะที่สัตว์ขับถ่ายออกมานี้ไม่ทำให้กรงอบอื้น อิกหังยังช่วยดูดกลิ่นไม่พึงประสงค์ด้วย วัสดุเหล่านี้มีลักษณะคล้ายกระดาษที่ถูกประรูปเป็นแบบต่างๆ มีลักษณะเนื้อเส้นไขไม้แข็งกระตึง ไม่เป็นฝุ่นผง ขัดดอกจากกรงและสามารถย่อยสลายได้ง่าย [7] เพื่อให้เหมาะสมต่อชนิดและสายพันธุ์ของสัตว์ทดลอง เนื่องจากต้องป้องกันและนำเข้าจากต่างประเทศทำให้วัสดุดังกล่าวมีราคาแพงมาก การศึกษาการนำเส้นไฮพีที่หาได้ง่าย ราคาถูก ให้เส้นไฮเยื่อและสามารถนำมาขึ้นรูปได้จริงน่าเป็นเรื่องที่น่าสนใจ



รูปที่ 2.1 ตัวอย่างวัสดุที่ใช้เลี้ยงสัตว์ทดลองจำพวกสัตว์ฟันแทะ<sup>a)</sup> กระดาษรองพื้นในกรง ข.) วัสดุทำรัง ค.) วัสดุกัดแทะ ง.) วัสดุรองนอน

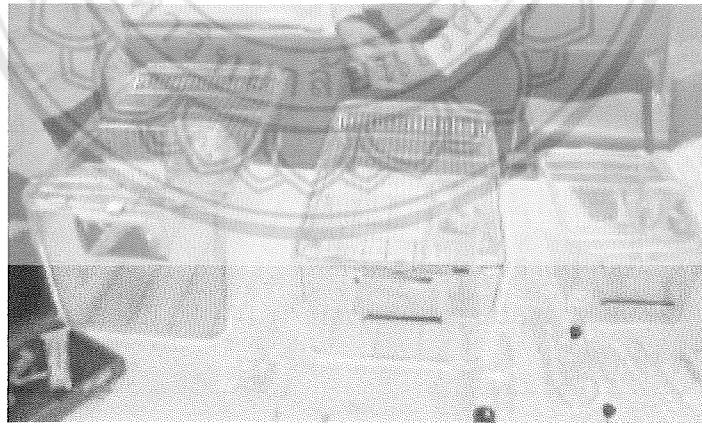
## 2.1.2 มาตรฐานในการเลี้ยงสัตว์ทดลอง

มาตรฐานและแนวทางปฏิบัติในการเลี้ยงและใช้สัตว์ทดลองเพื่องานทางวิทยาศาสตร์นี้หนดขึ้นเพื่อเป็นแนวทางในการดำเนินการกรณีที่นำสัตว์ทดลองชนิดต่างๆ มาใช้ในงานทางวิทยาศาสตร์ เพื่อการจัดการให้สัตว์ทดลองเหล่านี้ได้มีสวัสดิภาพที่ดี มีความเป็นอยู่ที่ดี มีสุขภาพดีไม่ติดเชื้อ ไม่เครียด ไม่เจ็บปวดหรือถูกทรมานเมื่อนำมาใช้ การเลี้ยงและใช้สัตว์ทดลองดังกล่าวต้องมีการจัดการอาคาร สถานที่ มีระบบการจัดการที่ดี มีระบบการเลี้ยงที่ดี มีการป้องกันการติดเชื้อควบคุม สภาพแวดล้อม และมีการป้องกันการแพร่กระจายเชื้อโรค สารพิษ ผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากการเลี้ยงและใช้สัตว์ สูคนและสิ่งแวดล้อม และมีการวางแผนการใช้สัตว์ทดลองที่ถูกต้อง 适合คล้องกับจรรยาบรรณ การใช้สัตว์เพื่องานทางวิทยาศาสตร์ ของสถาบันวิจัยแห่งชาติ พ.ศ. 2554 และหลักการสากลการเลือกใช้วัสดุอุปกรณ์ในเลี้ยงก์เป็นส่วนหนึ่งที่ทำให้สัตว์ทดลองมีความเป็นอยู่ที่ดี เช่นเดียวกับที่กล่าวมาข้างต้น หากใช้วัสดุที่ดี มีมาตรฐาน ก็จะส่งผลต่อสภาวะต่างๆ ของสัตว์ทดลอง เช่นกัน โดยวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ควร มีลักษณะดังนี้ [1]

1) กรงหรือคอกการเลี้ยงสัตว์ ต้องแข็งแรงมั่นคงเพียงพอที่จะป้องกันสัตว์หลบหนีได้ และถูกต้อง ตามมาตรฐานสากลที่กำหนดไว้สำหรับชนิด ขนาด และจำนวนสัตว์ ไม่มีส่วนประกอบที่จะทำให้สัตว์ บาดเจ็บและต้องทำด้วยวัสดุที่คงทนต่อสารเคมี หรือความร้อนที่ใช้ในการป้องกันการติดเชื้อ

2) วัสดุรองนอน ต้องเหมาะสมกับสัตว์แต่ละชนิด ไม่แหลมคม มีคุณสมบัติที่ซึมซับน้ำแล้วไม่ เปียกยุ่ย และต้องปลอดจากสารพิษและเชื้อโรค

3) อาหาร สัตว์ต้องได้รับอาหารและน้ำในปริมาณที่เพียงพอ กับความต้องการตามระยะเวลา และจะต้องปราศจากเชื้อโรค สารพิษ และสารที่ก่อมะเร็ง อาหารต้องมีส่วนประกอบของโปรตีน ไขมัน แป้ง วิตามิน และแร่ธาตุ อย่างครบถ้วน เหมาะสมกับความต้องการของสัตว์แต่ละชนิด



รูปที่ 2.2 กรงสำหรับเลี้ยงหนูทดลอง

## 2.1.3 ความรู้เกี่ยวกับพืชเส้นใยที่ใช้ในการผลิตเยื่อ

เส้นใยพืชจัดเป็นวัตถุดิบสำคัญที่สุดในการทำเยื่อ ส่วนมากแล้วใช้ทำเยื่อกระดาษ (Paper pulp) พืชเกือบทุกชนิดสามารถนำมาทำเป็นเยื่อกระดาษได้ แต่ต้องพิจารณาด้านการใช้ประโยชน์ให้มี

ประสิทธิภาพสูง[8] ภาคกล้วยและชานอ้อยจัดอยู่ในประเภทไม้ล้มลุก (Non-wood) ซึ่งเส้นใยที่ได้จากพืชทั้ง 2 ชนิดนี้เป็นส่วนที่ได้จากลำต้นและเป็นผลผลิตที่เหลือทั้งทางการเกษตร

1) กล้วยน้ำว้า (Banana) พบปลูกทั่วไปในประเทศไทย รับประทานกันมากในทุกภาค ในภาคกลางปลูกเป็นการค้าทั่วไป ภาคเหนือปลูกมากที่จังหวัดพิษณุโลก คือ พันธุ์มะลิอ่อง สามารถให้ผลผลิตได้เป็นจำนวนมากและนำไปทำกล้วยตากจนเป็นอาชีพที่สำคัญอย่างหนึ่งของชาวจังหวัด พิษณุโลกปัจจุบันเกษตรกรได้ขยายพื้นที่การปลูกกล้วยน้ำว้า พันธุ์มะลิอ่อง สำหรับอุตสาหกรรมกล้วยตากเพื่อขายในประเทศและส่งออก

กล้วยมีลำต้นอยู่ใต้ดินเรียกว่า หัว หรือ เหง้า (Rhizome) ที่มีตา (Bud) ซึ่งเจริญเป็นต้นเกิดหน่อ (Sucker) หลายหน่อเรียกว่า การแตกหน่อหรือต้นที่เห็นอยู่เหนือดิน เรียกว่า ลำต้นเทียม (Pseudo stem) ส่วนนี้เกิดจากการอัดแน่นของกาบใบที่เกิดจากจุดเจริญของลำต้นใต้ดิน กาบใบจะซูก้านใบและใบ ที่จุดเจริญนี้จะมีการเจริญเป็นคอกตามขั้นมาหลังจากสิ้นสุดการเจริญของใบ ใบสุดท้ายของการเกิดคอกเรียกว่า ใบรง [9]

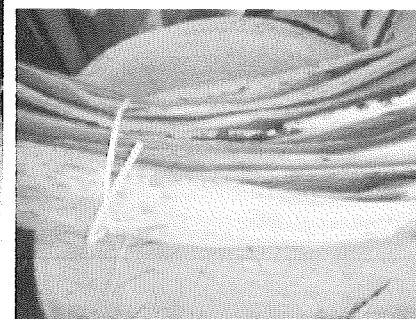


รูปที่ 2.3 ต้นกล้วยน้ำว้าพันธุ์มะลิอ่องที่ปลูกในจังหวัดพิษณุโลก [5]

นอกจากนี้แล้วกล้วยยังสามารถปลูกเพื่อใช้เส้นใยได้ จากส่วนของกาบใบที่อยู่รอบลำต้นกล้วย (*Musa textilis*) เมื่อต้มในสารละลายต่าง จะมีลักษณะอ่อนนุ่ม เส้นใยที่ได้มีลักษณะตรงและมีปลายเรียวแหลม เส้นผ่าศูนย์กลางของแต่ละเส้นอยู่ระหว่าง 14 - 50 ไมโครเมตร และมีความยาวตั้งแต่ 2.5 ถึง 13 มิลลิเมตร [10]



ก.)



ข.)

รูปที่ 2.4 กล้วยที่เก็บเกี่ยวผลผลิตแล้ว

ก.) ลำต้นกล้วยที่เก็บเกี่ยวผลผลิตแล้ว [11] ข.) การกล้วยแห้ง [12]

2) อ้อย เป็นพืชวงศ์เดียวกับ ไฝ หญ้า และอัญพิช เช่น ข้าวสาลี ข้าวโพด และข้าวบาร์เลย์ มีถิ่นกำเนิดในเขตร้อนของทวีปอเมริกา เป็นพืชเศรษฐกิจของประเทศไทยในเขตร้อนมากกว่า 60 ประเทศ และให้ผลผลิตน้ำตาลต่อเนื้อที่มากที่สุดในพืชที่ให้น้ำตาล

อ้อยมีลำต้น (Cane หรือ Culm หรือ Stalk) ลักษณะเป็นลำตั้งตรงและมีกาบใบหุ้ม ความสูงประมาณ 2.5 – 6 เมตร สีของลำต้นจะเปลี่ยนไปตามลักษณะประจำพันธุ์และสภาพแวดล้อม บางพันธุ์อาจมีสีเขียว สีเหลือง สีน้ำตาล หรือสีม่วงแก่ ไม่แตกกิ่งก้านสาขา ประกอบด้วยชื่อ (Node) และปล้อง (Internode) แต่ละปล้องมี 1 ตา หรือมากกว่า ความยาวของปล้องวัดจากการอยู่ภายใน (Leaf scar) อันหนึ่งถึงรอยกาบใบอีกอันหรือเป็นความยาวของข้อและปล้องรวมกันเรียกว่า จอยท์ (Joint) ลำต้นประกอบขึ้นด้วยจอยท์ที่ลายอัน ขนาดและรูปร่างของจอยท์แตกต่างไปตามพันธุ์



รูปที่ 2.5 ลำต้นของอ้อย [14]

ลักษณะทางกายภาพของอ้อยเป็นพืชที่ชอบแสงแดด ออกศร้อนและชุ่มชื้น จึงพบมากในแถบภูมิภาคที่มีอากาศร้อนชื้น นิยมปลูกในภาคเหนือ ภาคกลาง และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ในจังหวัดพิษณุโลกก็มีการปลูกอ้อยเช่นเดียวกัน ส่วนมากเป็นสายพันธุ์ K84-200 ให้ผลผลิต 12 - 14 ตันต่อไร่ โดยผลผลิตที่ได้นำมาผ่านกระบวนการผลิตอกมาเป็นน้ำตาลหรือขายเป็นน้ำอ้อยสด

นอกจากนำมาผลิตเป็นน้ำตาลแล้ว ส่วนที่เหลือหลังจากการผลิตน้ำตาลยังนำมาแปรรูปใช้ประโยชน์ได้อีกด้วย ตัวอย่างเช่น ขานอ้อย (Bagasse) สามารถใช้เป็นเชื้อเพลิงในการผลิตไอน้ำเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า บุญอินทรีย์ วัตถุดิบสำหรับผลิตอาหารสัตว์ เยื่อกระดาษ และไม้อัด (Particle board) กากน้ำตาล (Molasses) เป็นวัตถุดิบในการผลิตแอลกอฮอล์ งูเรส และยีสต์ เป็นต้น [13]

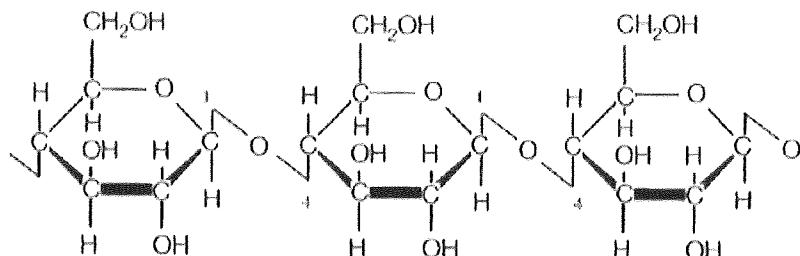


รูปที่ 2.6 ขานอ้อย [15]

#### 2.1.4 องค์ประกอบทางเคมีของเส้นใยธรรมชาติ [16] มี 3 ส่วนหลัก ได้แก่

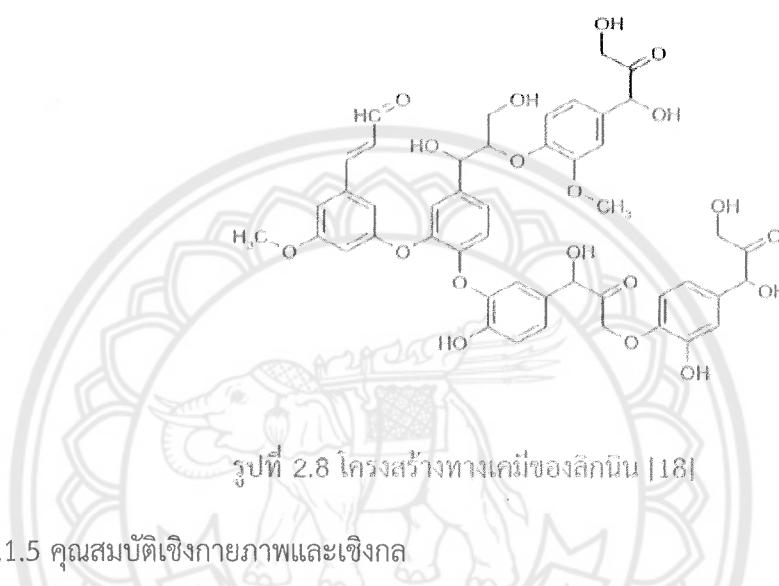
2.1.4.1 เชลลูโลส (Cellulose) เป็นโครงสร้างหลักของผนังเซลล์พืช เช่น ผัก ผลไม้ และเมล็ดธัญพืช โดยอยู่ร่วมกับไฮมิเซลลูโลส และเพกทิน เชลลูโลสเป็นสารคาร์บอไฮเดรตประเภทโพลี-แซคคาไรด์ (Polysaccharide) หน้าที่สำคัญของเชลลูโลสคือโครงสร้างที่ให้ความคงทนและยืดหยุ่นแก่ตัว ทำให้สามารถทนทานต่อการหักเหและแตกหักได้ดี โครงสร้างของเชลลูโลสเป็นโซน้ำที่มีกลุ่ม D-glucoses ต่อเนื่องกันเป็นพอลิเมอร์ มีสมบัติไม่ละลายในน้ำ ตัวทำละลายอ่อนไหวที่หัวไปและสารละลายด่างสามารถทำลายเชลลูโลสได้โดยการไฮโดรไลซิส (Hydrolysis) ทำให้เกิดโมเลกุลขนาดเล็กๆ คือโมเลกุลขนาดเล็กๆ ที่มีชื่อว่า D-glucoses ซึ่งมีผลทำให้เชลลูโลสมีสมบัติในการดูดซึมน้ำ (Absorption) ยืดหยุ่น (Stress-strain) และการพองตัว (Swelling) เป็นต้น

2.1.4.2 ไฮมิเซลลูโลส (Hemicellulose) เป็นสารคาร์บอไฮเดรตเช่นเดียวกับเชลลูโลส แต่มีโครงสร้างส่วนใหญ่ไม่เป็นระเบียบ จึงคุณสมบัติที่สำคัญที่สุดคือมีผลช่วยให้เส้นใยพองตัวได้รวดเร็ว ง่ายต่อการตีบ ยืด และยืดหยุ่น ทำให้เส้นใยมีคุณสมบัติยืดหยุ่นเพิ่มขึ้น อีกด้วย นอกจากนี้ยังสามารถทำปฏิกิริยาได้ในสารละลายด่าง



รูปที่ 2.7 โครงสร้างทางเคมีของเชลลูโลส [17]

2.1.4.3 ลิกนิน (Lignin) [18] เป็นสารประกอบเชิงช้อน มีน้ำหนักโมเลกุลสูง มักอยู่รวมกับเซลลูโลส ลิกนินเป็นสารที่ประกอบด้วยคาร์บอน ไฮโดรเจน และออกซิเจนรวมกันเป็นหน่วยย่อย หลายชนิดซึ่งเป็นสารอะโรมาติก ลิกนินไม่สามารถแยกเป็นหน่วยย่อย เพราะฉะนั้น จึงทำให้พิชที่มีลิกนินมากมีความแข็งแรงทนทานพิเศษแต่ละชนิดมักพบลิกนินเป็นองค์ประกอบอยู่ 20-35 เปอร์เซ็นต์ โดยทำหน้าที่รวมมัดของเส้นใยของพอลิแซคคาไรด์ไว้ด้วยกัน เมื่อพิชตายลิกนินจะถูกย่อยด้วยเอนไซม์ลิกนีส (Lignase) หรือลิกนินเนส (Ligninase) ซึ่งเป็นจุลินทรีย์ที่สำคัญในรากไม้แต่ละชนิด



รูปที่ 2.8 โครงสร้างทางเคมีของลิกนิน [18]

## 2.1.5 คุณสมบัติเชิงกายภาพและเชิงกล

2.1.5.1 คุณสมบัติเชิงกายภาพ : การดูดซึมน้ำ (Water absorption) หมายถึงความสามารถในการดูดซึมน้ำของวัสดุ ภายในระยะเวลาที่กำหนด [20] เนื่องจากวัสดุต่างๆในการเลี้ยงสัตว์ทดลองนั้น ต้องมีการซึมน้ำได้อย่างรวดเร็วภายในเพื่อป้องกันการก่อให้เกิดเชื้อโรคในกรง

2.1.5.2 คุณสมบัติเชิงกล : ความต้านทานแรงดึงขาด (Tensile strength) หมายถึงความสามารถในการรับแรงดึงสูงสุดที่วัสดุหนึ่งได้ก่อนขาดออกจากกัน มีหน่วยเป็นแรงต่อความกว้างของกระดาษที่ใช้ทดสอบ เช่น กิโลนิวตันต่อเมตร (kN/m) หรือปอนด์ต่อนิ้ว (lb/in) [20]

## 2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Janet C. Garbour และคณะ [3] ได้กำหนดข้อแนะนำสำหรับการดูแลและการใช้สัตว์ทดลอง เพื่อให้ข้อมูลที่จะส่งเสริมความเป็นอยู่ที่ดีของสัตว์ คุณภาพงานวิจัย และความเจริญก้าวหน้าของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่มีความเกี่ยวข้องต่อห้องนิเวศและสัตว์ โดยมีเนื้อหาครอบคลุมเกี่ยวกับการเลี้ยงดูและสัตว์ทดลองอย่างมีธรรยาบรรณ รวมไปถึงการออกแบบสภาพแวดล้อมให้สัตว์ทุกตัวอาศัยอยู่ภายใต้สภาวะที่มีที่ว่างอย่างเพียงพอ มีโครงสร้างสนับสนุน วัสดุ เพื่อตอบสนองความจำเป็นทางกายภาพ และการแสดงออกทางพฤติกรรม นอกจากนี้จากนั้นก็ควรมี

สิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดล้อมเพื่อกระตุ้นสัตว์ให้มีการรับรู้ เร่งให้เกิดการรับรู้ที่เป็นคุณสมบัติเฉพาะของสัตว์แต่ละชนิด แต่อย่างไรก็ตาม ควรพิจารณาความปลอดภัยใหม่และหมุนเวียนหรือทดแทนสิ่งเพิ่มพูน เพราะการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมบ่อยเกินไปนั้นส่งผลให้สัตว์ทดลองเกิดความเครียด

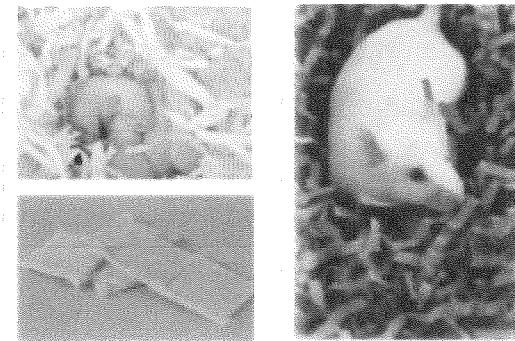
ตารางที่ 2.1 ตัวอย่างสิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมกับนิสัยของสัตว์ทดลอง [3]

ชนิด สัตว์ทดลอง	วัสดุเพิ่มพูนสภาพแวดล้อม	ประโยชน์
สิง	หีบหัว	ทำให้สิงหลีกเลี่ยงการต่อสู้กัน
กระต่าย	ชั้นนอนยกสูง	ช่วยให้หลับหนึ่งเมื่อถูกกรอบรวม
สัตว์ฟันแทะ เช่น หมู比特้า หมู- เม้าต์ และหมู แรท	- วัสดุรองนอนและวัสดุสำรัง - แห้งไว้	- ช่วยให้สัตว์ควบคุมอุณหภูมิร่างกายและหลีกเลี่ยงความหนาวเย็นขณะนอนหลับ - สำหรับสัตว์กดเดียวเพื่อไม่ให้พื้นสัมผัสนี้ไป

ปัญญา ฉริยะพงศ์พันธุ์ [21] ได้จัดทำเอกสารเกี่ยวกับการเลี้ยงและการดูแลสัตว์ทดลองในงานวิทยาศาสตร์สัตว์ทดลอง โดยบรรยายเกี่ยวกับสถานที่เลี้ยงสัตว์ทดลอง การเข้าใช้อาคารสถานที่ขั้นตอนการแต่งกายของปฏิบัติงาน การปฏิบัติงานประจำวันของเจ้าหน้าที่ การออกแบบพื้นที่ การควบคุมสภาพแวดล้อม การเลี้ยงสัตว์ทดลอง การทำความสะอาดห้อง รวม วัสดุเลี้ยงสัตว์รวมไปถึงสาเหตุและปัญหาสุขภาพที่เกิดขึ้นกับสัตว์ทดลอง เพื่อให้ทราบถึงข้อมูลที่สำคัญต้องในการเลี้ยงสัตว์ทดลองของศูนย์ทดลองแห่งชาติ มหาวิทยาลัยมหิดล

ตารางที่ 2.2 ตัวอย่างสภาพแวดล้อมที่เกี่ยวข้องกับการเลี้ยงสัตว์ทดลอง [21]

สภาพแวดล้อม	รายละเอียดที่เกี่ยวข้อง
อาหาร	ต้องตอบสนองความจำเป็นทางด้านโภชนาการของสัตว์แต่ละชนิด ประเภทการป้อนเป็นป้อนเพื่อโรค หรือยาปฏิชีวนะ
น้ำ	ประเภทจากการป้อนเป็นน้ำเพื่อโรค มีให้สัตว์ได้รับอย่างเพียงพอตลอดเวลา
วัสดุรองนอน	ต้องน้ำดูที่ปลอดภัยต่อสัตว์ทั้งน้ำได้ดี ประเภทสารพิษที่อาจอาเจียนเพื่อโรค และฝุ่นละออง
กรง	เหมาะสมกับชนิด อายุและสถานะของสัตว์ ไม่ก่อให้เกิดอันตรายต่อสัตว์ และมีวิธีเหมาะสมในการทำความสะอาด



รูปที่ 2.10 การเพิ่มพูนสภาพแวดล้อมโดยใช้แมลงครัวอนอน [21]



รูปที่ 2.11 การวางระบบกรงในการเลี้ยงสัตว์ทดลอง [21]

M. Sfiligoj Smole และคณะ [22] ได้ศึกษาเส้นใยจากพืชเพื่อใช้ในอุตสาหกรรมสิ่งทอและการประยุกต์ใช้เฉพาะทาง โดยศึกษาโครงสร้างและองค์ประกอบทางเคมีของเส้นใยที่ได้จากส่วนต่างๆ ของพืช และเส้นใยที่ได้จากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร ผลการศึกษาพบว่าเส้นใย 2 ชนิด ได้แก่ เส้นไยกล้วย (*Musa sapientum*) ได้มาจากการส่วนของลำต้นเทียม (Pseudo stem) คือส่วนที่ยึดตัวของหน่อ และเส้นใยจากขานอ้อย (*Saccharum officinarum*) มีโครงสร้างทางเคมีของเส้นใยที่แยกกัดได้ พบว่า เส้นใยขานอ้อยมีปริมาณเซลลูโลส  $54.87\% \pm 0.53\%$  และเส้นไยกล้วยมีปริมาณเซลลูโลส  $50.15\% \pm 1.09\%$  เซลลูโลสในเส้นใยขานอ้อยมีความเป็นผลึก 48% และในไยกล้วยมีความเป็นผลึกเพียง 39% เท่านั้น เส้นใยทุกชนิดมีปริมาณลิกนินสูง (ไยกล้วยเท่ากับ  $17.44\% \pm 0.19\%$  ไขขานอ้อยเท่ากับ  $23.33\% \pm 0.02\%$ ) สมบัตในการลดดูดซับความชื้นของเส้นใยเหล่านี้ใกล้เคียงกับไยฝ้าย (ไยกล้วยและขานอ้อยเท่ากับ  $8.57\% \pm 0.19\%$  และ  $9.21\% \pm 0.01\%$  ตามลาดับ)

สุจaya ฤทธิศร และคณะ [19] ได้ศึกษาการผลิตเยื่อกระดาษจากกาบกล้วยน้ำว้าด้วยวิธีทางชีวภาพโดยใช้ *Trichoderma viride* โดยเปรียบเทียบกับการผลิตกระดาษจากกาบกล้วยด้วยวิธีทางเคมี ผลการทดลองพบว่าปริมาณลิกนินหรือค่า Kappa number ของกระดาษจากการผลิตน้ำว้าที่

ผลิตด้วยวิธีทางเคมีจะแปรผันตาม ปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เมื่อใช้ปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ในการฟอกเยื่อที่เพิ่มขึ้นค่า Kappa number ในเยื่อกระดาษลดลง ส่งผลให้กระดาษมีความขาวสว่างเพิ่มขึ้น แต่คุณสมบัติด้านความเนียนยวของกระดาษลดลง และลักษณะกระดาษจากการกล่าวน้ำว้าที่ผลิตด้วยวิธีทางเคมีจะแข็งกระด้าง ไม่เรียบ แต่เห็น漉漉ลายของเส้นใยชัดเจน ถึงแม้ว่าจะฟอกเยื่อด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์แล้วกระดาษก็ยังแข็งกว่า กระดาษที่ผลิตด้วยวิธีทางชีวภาพเนื่องจาก T. Viride สามารถย่อยสลายลิกนินได้มากกว่าทำให้เส้นใยสร้างพันธะต่อกันมากขึ้น รวมถึงเส้นใยมีความหย่นตัวมากขึ้น การทบกระดาษเยื่อเป็นไปได้ง่ายและเมื่อฟอกเยื่อด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ยิ่งทำให้ปริมาณลิกนินที่เหลือ (ค่าKappa number) ในเยื่อลดลง กระดาษที่ได้จะมีความขาวสว่างสูง มีลักษณะเรียบและอ่อนนุ่ม แต่กระดาษที่ผลิตด้วยวิธีทางชีวภาพจะบางกว่ากระดาษที่ผลิตด้วยวิธีทางเคมี เนื่องจากเกิดการสูญเสียเซลลูโลสที่ถูกย่อยสลายด้วยเชื้อรา

วิหวัส จิรรุพงศ์ และคณะ [23] ได้ศึกษาปริมาณเซลลูโลส เอมิเซลลูโลส และลิกนินจากของเหลือทิ้งจากพืชเพื่อใช้ในการผลิต แผ่นฟิล์มพลาสติกชีวภาพ โดยของเหลือทิ้งจากพืชที่นำมาศึกษาคือต้นกล ขานอ้อย ซังข้าวโพด ฟางข้าว และกาบมะพร้าว โดยวิธี Detergent ในการสกัดและวิเคราะห์ปริมาณเซลลูโลส เอมิเซลลูโลสและลิกนิน จากนั้นทำการเลือกวัตถุดิบที่มีปริมาณ เซลลูโลสมากที่สุดมาทำการขึ้นรูปเป็นแผ่นฟิล์มพลาสติกชีวภาพ ผลการทดลองพบว่าขานอ้อยมีปริมาณเซลลูโลสนากที่สุด

วิทยา ปันสุวรรณ [24] ได้ศึกษาการวิเคราะห์ทางเคมีของวัตถุดิบที่ไม่ใช้ไม้สำหรับอุตสาหกรรมเยื่อและกระดาษ โดยใช้พีซ 10 ชนิด คือเปลือกในปอสา (Paper mulberry) เปลือกในปอกรยะ (Jute) เปลือกในปอแก้ว (Roselle) เปลือกในปอคิuba (Kenaf) เปลือกในหม่อน (Mulberry) ใบสับปะรด (Pine apple leaf) ขานอ้อย (Bagasse) ฟางข้าว (Rice straws) กากกล้วย (banana stem) และกาบปาล์มน้ำมัน (Palm oil frond) โดยนำตัวอย่างวัตถุดิบทั้งหมดไปบดด้วยเครื่องบด Wiley mill จากนั้นร่อนผ่านตะกรง (Sieve) ขนาด 40 mesh จากนั้นทำการแยกองค์ประกอบทางเคมีออกจากตัวอย่างวัตถุดิบ และวิเคราะห์ผลโดยใช้วิธีการมาตรฐานของ TAPPI (Technical Association of the Pulp and Paper Industry) ดังตารางที่ 2.3 องค์ประกอบทางเคมีของขานอ้อยและฟางข้าวใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตเยื่อกระดาษในปัจจุบัน ดังนั้นจึงมีความเป็นไปได้ที่สามารถนำเปลือกในหม่อน กาบน้ำมันปาล์ม และใบสับปะรด มาใช้เป็นวัตถุดิบผลิตเยื่อและกระดาษได้

ตารางที่ 2.3 องค์ประกอบทางเคมีของวัตถุต้น (พืช) ที่ไม่ใช้ไม้ [24]

Raw Material	As % Dry Weight					
	Holo cellulose	Lignin	Ash	Extractive	Pentosan	Alpha cellulose
Paper mulberry	77.55	7.64	6.30	6.13	10.29	71.03
Roselle	72.90	15.15	7.24	3.71	17.85	66.34
Jute	89.92	9.65	0.62	0.94	16.68	67.10
Kenaf	78.06	15.19	1.92	2.74	9.26	62.44
Mulberry	68.89	14.83	9.37	8.24	12.41	65.05
Bagasse	71.41	21.09	3.85	2.98	27.83	51.04
Rice straw	64.88	21.27	16.93	0.30	21.15	46.30
Pine apple leaf	67.05	17.41	5.98	11.23	24.38	49.22
Banana stem	55.50	19.43	15.34	10.34	14.78	47.37
Plam oil frond	73.57	18.18	2.86	5.5	23.18	56.48

ขัยพร สามพุ่มพวง และคณะ [25] ได้ศึกษาคุณสมบัติของกระดาษจากเยื่อกลัวยน้ำว้าพันธุ์ มะลิอ่องเพื่องานหัตถกรรม เพื่อต้องการทราบว่าเยื่อจากส่วนไหนของลำต้นเทียมของกลัวยน้ำว้า ที่สามารถนำมาผลิตกระดาษด้วยมือเพื่อใช้ในงานหัตถกรรมได้ โดยลอกกาบออกจากลำต้นเทียม แบ่งกาบออกเป็น 3 ส่วนเท่าๆ กัน คือ กาบช่วงในตั้งแต่กาบที่ 1-4 กาบช่วงกลางตั้งแต่กาบที่ 5-8 และกาบช่วงนอกตั้งแต่กาบที่ 9-12 โดยนับจากกาบด้านในสุดของมา;yังกาบด้านนอก อบด้วยตู้อบลมร้อน ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียสจนน้ำหนักคงที่ นำกาบกลัวยแห้งแต่ละส่วนต้มเยื่อในระบบเปิดโดยกรรmovิชีดาใช้สารโซเดียมไฮดรอกไซด์ ( $\text{NaOH}$ ) ความเข้มข้นร้อยละ 2 ของน้ำหนักกาบกลัวยแห้ง แข็งกาบกลัวย 1 คืน ต้มด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์อีกร้อยละ 8 เป็นเวลา 3 ชั่วโมง และฟอกเยื่อด้วยสารไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ร้อยละ 4 โซเดียมซิลิกेट ร้อยละ 2 แมกนีเซียมซัลเฟตร้อยละ 0.05 และปรับ  $\text{pH}$  ให้ได้ 10.5–11.0 ด้วยโซดาไฟ ที่อุณหภูมิ 80–90 องศาเซลเซียส 2 ชั่วโมง ได้ผลการทดลอง คือ ลำต้นเทียมกลัวยมีน้ำหนักลดเหลือ 13.12 กิโลกรัม ต่ำต้น เป็นการร้อยละ 75.99 และไส้กลางร้อยละ 24.01 ในส่วนของกาบจะมีน้ำร้อยละ 78.77 เมื่อแห้งจะเหลือน้ำหนักแห้งของกาบนอก กาบกลาง และกาบในร้อยละ 30.74, 43.02 และ 26.24 ตามลำดับ หลังต้มและฟอกขาวจะได้เยื่อร้อยละ 45.14, 49.56 และ 53.09 ตามลำดับ กระดาษจากเยื่อผิวด้านในของกาบจะมีค่าดัชนีต้านทานแรงดึงตึงที่สุด กระดาษจากเยื่อผิวด้านนอกของกาบจะมีค่าดัชนีต้านทานแรงฉีกขาดตี่ที่สุด ดังนั้นเยื่อจากผิวต้านในเหมาะสมในการใช้ทำกระดาษกลัวย และผสมในเยื่อสาเพื่อลดปริมาณการใช้เยื่อสาได้เป็นการลดต้นทุน

## บทที่ 3 วิธีดำเนินโครงการ

### 3.1 แผนการดำเนินงาน

วิธีการดำเนินงานแบ่งออกเป็น 6 ขั้นตอนหลัก ดังนี้

3.1.1 ศึกษากระบวนการเตรียมเส้นใย

3.1.2 ศึกษาข้อมูลสัตว์ทดลองประเภทฟันแทะทางด้านพฤติกรรม ขนาด และลักษณะของกรงเลี้ยง ณ สถานสัตว์ทดลองเพื่อการวิจัย มหาวิทยาลัยนเรศวร

3.1.3 ขั้นรูปแผ่นเส้นโดยตามค่าการทดลองที่กำหนด และทดสอบคุณสมบัติของแผ่นเส้นใย และขั้นงาน โดยการทดสอบแรงดึง และเปอร์เซ็นต์การซึม้ำของเส้นใย เพื่อสรุปและหาสภาวะการขั้นรูปขั้นงานที่เหมาะสม

3.1.4 รวบรวมข้อมูลที่ได้มาใช้สำหรับออกแบบสิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดล้อมต้นแบบ และขั้นรูปสิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดล้อมต้นแบบ เมื่อได้ขั้นงานต้นแบบแล้วจัดทำแบบสอบถามความคิดเห็นด้านรูปแบบจากผู้ใช้ เพื่อนำข้อเสนอแนะมาสรุปและปรับปรุงแก้ไขรูปแบบ

3.1.5 นำส่งขั้นงานต้นแบบให้กับสถานสัตว์ทดลองเพื่อการวิจัย มหาวิทยาลัยนเรศวร เพื่อทดสอบการใช้งานจริง

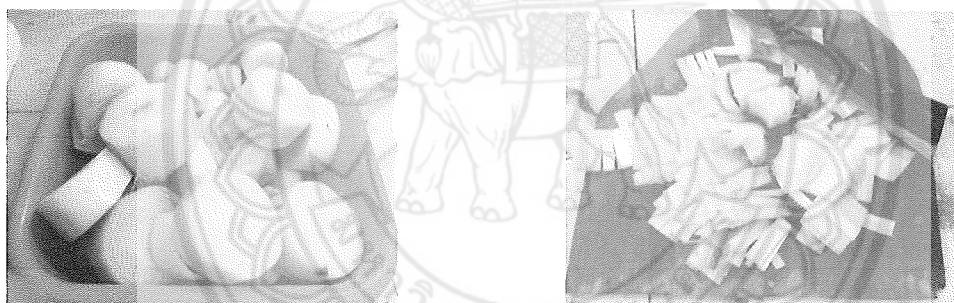
### 3.2 กระบวนการเตรียมเส้นใย

3.2.1 สำรวจและตัดต้นกลวยที่มีขนาดเหมาะสม โดยตัดลำต้นให้มีความสูงเหนือจากพื้นระยะ 50 เซนติเมตร และมีระยะจากปลายยอด 5 เซนติเมตร จากนั้นตัดแต่งลำต้นและการบุกลวยในส่วนที่เน่าเสียออก นำเฉพาะลำต้นส่วนที่สมบูรณ์มาใช้



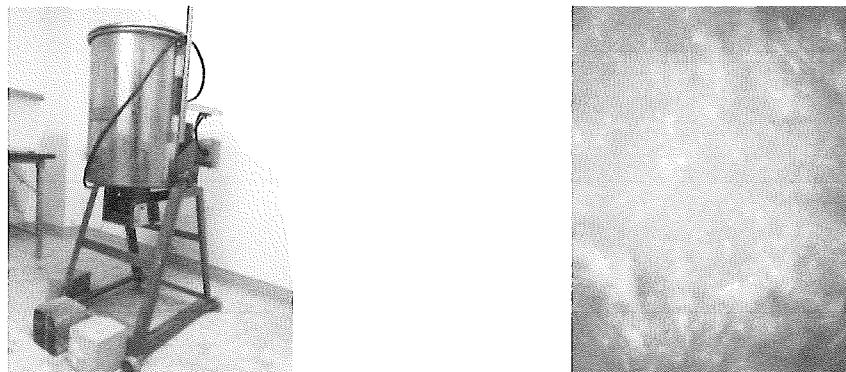
รูปที่ 3.1 สวนกลวยน้ำว้าสายพันธุ์มูลอ่อง

3.2.2 หั่นต้นกลวยออกเป็นท่อนๆให้มีความยาวท่อนละประมาณ 5 เซนติเมตร จากนั้นย่ออยขนาดด้วย การสับตามแนวยาวของเส้นใย เพื่อให้กาบกลวยมีขนาดเล็กลงก่อนนำไปเข้าเครื่องป่น



รูปที่ 3.2 หั่นต้นกลวยออกเป็นท่อนละ 5 เซนติเมตร และสับตามแนวยาวของเส้นใย

3.2.3 นำต้นกลวยที่ผ่านการสับย่อยขนาดและน้ำสะอาดใส่ลงในเครื่องป่นอาหารขนาด 30 ลิตร มีกำลังモเตอร์ 3 แรงม้า ด้วยอัตราส่วนระหว่างต้นกลวยกับน้ำเป็น 2:3 โดยน้ำหนัก โดยป่นให้เป็นเส้นใยที่มีความละเอียดด้วยระยะเวลา 20-30 นาที เพื่อให้ส่วนประกอบต่าง ๆ ของเส้นใยแตกตัวและแยกจากกันได้ดี



### รูปที่ 3.3 ปั่นให้ละเอียดด้วยระยะเวลา 20-30 นาที

3.2.4 นำกล้ายที่เตรียมไว้ใส่ในหม้อต้มแรงดัน เติมน้ำให้ท่วมขึ้นมาประมาณ 1 นิ้ว โดยต้มที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียสและเวลาที่กำหนด จากนั้นทำการปั่นเยือกอีกรอบ เพื่อให้เยื่อฟู และละเอียดมากขึ้น

3.2.5 นำภาชนะที่ได้จากขั้นตอนที่ 3.2.4 นำไปอบด้วยอุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 11 ชั่วโมง ก็จะได้เส้นใยแห้ง

3.2.6 ทำขั้นตอน 3.2.1 ถึง 3.2.5 โดยเปลี่ยนวัตถุติดจากการบักลายเป็นชานอ้อย

3.2.7 นำเยื่อที่ได้จากการต้มมาปั่นแล้วขึ้นรูปเป็นแผ่นเปียก อบแผ่นเยือกที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 ชั่วโมง และนำแผ่นที่ได้จากการอบเข้าสู่กระบวนการกดอัดด้วยความร้อน ด้วยเครื่องขึ้นรูปโดยใช้แม่พิมพ์แบบกดอัด (Compression molding)

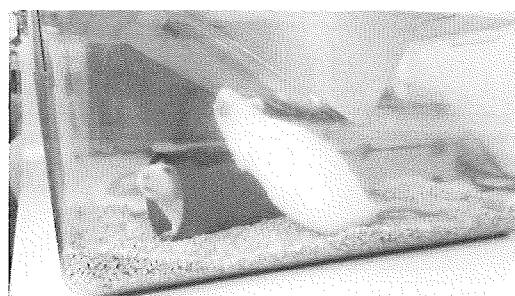
## 3.3 การทดสอบคุณสมบัติเชิงกายภาพและเชิงกล

3.3.1 การดูดซึมน้ำ (Water Absorption) หาได้จากการนำแผ่นทดสอบจำนวน 1 แผ่น หยดน้ำปริมาตร 0.05 ลูกบาศก์เซนติเมตร พร้อมทั้งจับเวลา โดยบันทึกค่าที่ได้เมื่อน้ำซึมเข้าสู่ผิวของชิ้นงาน และทดสอบปริมาตรน้ำที่ชิ้นงานรับได้ทั้งหมดต่อพื้นที่ใช้งาน

3.3.2 การทดสอบคุณสมบัติเชิงกลจะใช้เครื่อง Universal Testing Machine ทำการทดสอบค่าความต้านทานแรงดึง (Tensile strength) ได้จากการนำแผ่นทดสอบ มาวัดความต้านทานแรงดึง โดยให้ระยะห่างระหว่างตัวหนีบ (Gauge range) ทั้งสองตัว เท่ากับ 10 เซนติเมตร โดยใช้ load cell ขนาด 10 กิโลนิวตัน

## 3.4 ศึกษาข้อมูลและออกแบบสิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดล้อมสำหรับสัตว์ทดลองประเภทพื้นแท้ ต้นแบบ

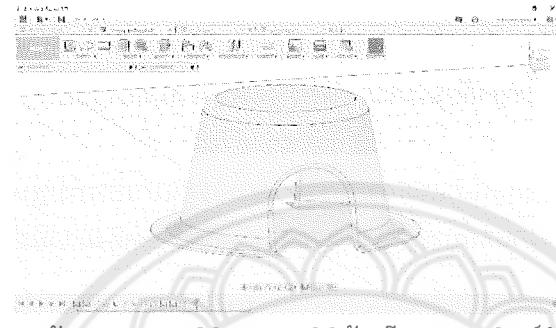
เป็นการศึกษาข้อมูลจากสถานสัตว์ทดลองมหาวิทยาลัยเรศวร ด้วยการสังเกตุพฤติกรรมทางชีวมวลชนที่แสดงออกมา เก็บข้อมูลทางด้านขนาดของลำตัว ความยาวตั้งแต่ปลายหัวจรดโคนหาง และน้ำหนักของสัตว์ทดลองแต่ละช่วงวัย รวมทั้งการเก็บข้อมูลของกรงเลี้ยงที่มีหลากหลายขนาด หลากหลายขนาด และรูปทรงที่แตกต่างกันออกไป เพื่อนำข้อมูลต่าง ๆ มาประกอบกับการออกแบบแบบสิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดล้อมต้นแบบ ให้มีขนาดและรูปทรงที่เหมาะสม



รูปที่ 3.4 สัตว์ทดลองประเภทพื้นแท้และกรงเลี้ยง

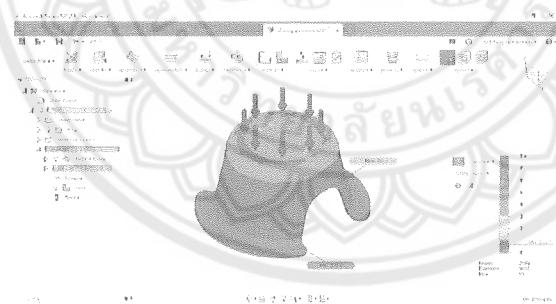
3.4.1 การออกแบบสิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดล้อมต้นแบบนั้น จะนำข้อมูลทางด้านพุทธิกรรม ขนาด และลักษณะของกรงเลี้ยงที่ได้ศึกษามาร่วม ซึ่งจะนำข้อมูลต่าง ๆ เหล่านี้มาวิเคราะห์ถึงแนวทางการออกแบบชิ้นงาน ให้มีความเหมาะสมกับการใช้งานของการเลี้ยงสัตว์ทดลองและกรงเลี้ยงให้มากที่สุด

3.4.2 ออกแบบชิ้นงานต้นแบบ แบบดิจิตอล 3 มิติ ด้วยโปรแกรมพิวเตอร์ชั้น 360 (Fusion360) ซึ่งเป็นโปรแกรมการออกแบบ 3 มิติ ที่สามารถขีดรูปชิ้นงาน จำลองรูปแบบสถานการณ์ต่าง ๆ ที่อาจเกิดขึ้นกับชิ้นงาน รวมถึงใช้ในกระบวนการเตรียมการผลิตได้



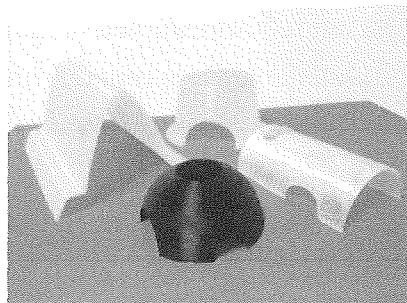
รูปที่ 3.5 สร้างชิ้นงานต้นแบบ แบบดิจิตอล 3 มิติด้วยโปรแกรมพิวเตอร์ชั้น 360 (Fusion360)

3.4.3 ชิ้นงานต้นแบบที่ออกแบบมานั้นจะไม่สามารถบ่งบอกถึงการเสียหายที่อาจจะเกิดขึ้นระหว่างการใช้งานในรูปแบบต่าง ๆ ได้ การวิเคราะห์การเสียรูปเนื่องจากแรงหรือภาระที่เป็นเครื่องมือหนึ่งของโปรแกรมพิวเตอร์ชั้น 360 จะช่วยให้ผู้ออกแบบสามารถทราบถึงแนวโน้มการเสียหายเนื่องจากการใช้งานที่อาจเกิดขึ้นได้



รูปที่ 3.6 การวิเคราะห์การเสียรูปเนื่องจากแรง

3.4.4 ชิ้นงานต้นแบบที่ได้รับการออกแบบจนเสร็จสมบูรณ์แล้ว จะขีดรูปชิ้นงานด้วยเครื่องพิมพ์ 3 มิติ แบบเติมเนื้อวัสดุที่จะสามารถขีดรูปชิ้นงานจากรูปแบบดิจิตอล 3 มิติ ให้เป็นชิ้นงานต้นแบบที่สามารถใช้งานได้



รูปที่ 3.7 ชิ้นงานต้นแบบที่ขึ้นรูปจากเครื่องพิมพ์ 3 มิติ

3.4.5 นำชิ้นงานต้นแบบที่จัดทำขึ้นเข้านำเสนอและสอบถามความคิดเห็นของผู้ดูแลสัตว์ทดลอง ณ สถานีสัตว์ทดลองเพื่องานวิจัย มหาวิทยาลัยเกรียง ถึงความเหมาะสมของรูปแบบ การนำไปใช้จริง รวมถึงข้อเสนอแนะต่าง ๆ

3.4.6 สรุปความคิดเห็นและข้อเสนอแนะจากการนำเสนอรูปแบบสิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดล้อมต้นแบบ เพื่อนำข้อมูลมาปรับปรุงรูปแบบให้มีความสมบูรณ์และเหมาะสมกับสัตว์ทดลองมากยิ่งขึ้น

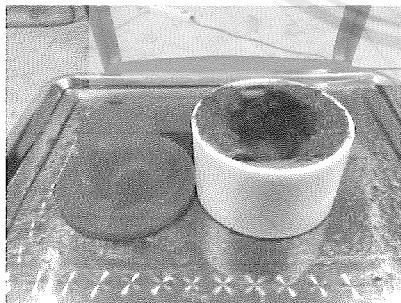
### 3.5 การขึ้นรูปสิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดล้อมจากแม่พิมพ์ 3 มิติ

3.5.1 การขึ้นรูปสิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดล้อมจากเส้นไอกล้ายจะเริ่มจากการกำหนดปริมาณเส้นใยที่ต้องการผ่านการซั่งน้ำหนักเส้นไอกล้ายแห้ง โดยซั่งเส้นไอกล้ายแห้งน้ำหนัก 32 กรัม

3.5.2 นำเส้นใยแห้งต้มในน้ำด้วยอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ด้วยระยะเวลา 15 นาที ด้วยอัตราส่วนผสมเส้นใยแห้งต่อน้ำสะอาด 2:3 โดยน้ำหนัก

3.5.3 นำเส้นใยที่ผ่านการต้มมาปั่นในเครื่องปั่นให้ละเอียด เพื่อให้เส้นใยที่ยึดเกาะกันเกิดการแตกตัวและกระจายตัวกันได้ดีขึ้น

3.5.4 เส้นใยที่ได้จากการปั่นจะเอิดแล้วนำบรรจุลงในแม่พิมพ์ตัวเมียวีการกระจายของเส้นใยที่เท่า ๆ กันในทั่วบริเวณ จากนั้นกดไلن้ำด้วยแม่พิมพ์ตัวผู้เป็นระยะเวลา 5 นาที เพื่อลดปริมาณน้ำที่แทรกตัวอยู่ในเส้นใย ซึ่งจะทำให้เส้นใยมีการเกาะตัวที่แน่นมากขึ้น และสามารถคงรูปอยู่ได้เมื่อนำออกจากแม่พิมพ์



รูปที่ 3.8 บรรจุเส้นไยลงในแม่พิมพ์ 3 มิติ และกดไلن้ำเป็นระยะเวลา 5 นาที

3.5.5 อบลดความชื้นชิ้นงานด้วยอุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 11 ชั่วโมง เพื่อให้ชิ้นงานแห้งและมีรูปทรงที่คงรูปอยู่ได้

3.5.6 ตัดแต่งชิ้นงานในส่วนขอบที่เกินออก เพื่อให้ชิ้นงานมีความเรียบร้อยสมบูรณ์ก่อนการนำไปใช้

3.5.7 นึ่งผ่าเขือขันงานด้วยเครื่องนึ่งผ่าเขือ แบบผ่าเขือด้วยไอน้ำ ด้วยอุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 60 นาที โดยนำขันงานที่ผ่านการตัดแต่งมาเรียงในตะแกรงของตู้นึ่งผ่าเขือ ซึ่งการเรียงขันงานนั้น จะเรียงในลักษณะที่ไม่ซ้อนทับกัน เพื่อให้ขันงานได้สัมผัสกับไอน้ำร้อนได้อย่างทั่วถึง

3.5.8 นำสีเพิ่มพูนสภาพแวดล้อมผ่านการนึ่งผ่าเขือแล้วมาบรรจุลงในแม่พิมพ์สำหรับปรับสภาพขันงาน และกดอัดด้วยเครื่องอัดไฮดรอลิกด้วยแรงดัน 1500 psi กดอัดด้วยระยะเวลา 8 นาที

### 3.6 ทดสอบการใช้งาน

สีงเพิ่มพูนสภาพแวดล้อมที่ผ่านขั้นตอนและกระบวนการต่าง ๆ จนได้เป็นขันงานที่สมบูรณ์ จะถูกส่งไปทดสอบการใช้งานจริงในกรงเลี้ยงสัตว์ทดลองประเภทฟันแทะที่สถานสัตว์ทดลองเพื่อการวิจัย มหาวิทยาลัยนเรศวร ซึ่งผลการทดสอบจะได้รับจากการสังเกตและบันทึก โดยผู้ดูแลการเลี้ยงสัตว์ทดลองถึงความเหมาะสมและขันงานสามารถใช้งานได้จริง



## บทที่ 4

### ผลการดำเนินงานและวิเคราะห์ผล

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาเพื่อแยกเส้นไขของพีช 2 ชนิด คือ กากกลวยและ chan อ้อย ใน การขึ้นรูปเป็น อุปกรณ์ที่ใช้ในการเลี้ยงสัตว์ทดลอง โดยแบ่งการศึกษาออกเป็น 5 ขั้นตอนหลัก ดังนี้

#### 4.1 กระบวนการเตรียมเส้นไข

4.1.1 การลงพื้นที่จัดหาต้นกลวยที่เหลือทิ้งจากการเกษตร เพื่อนำมาเป็นวัตถุดิบในการแปรรูปต้น กลวยเป็นเส้นไขแห้ง โดยทำการตัดแต่งส่วนของลำต้นกลวยให้มีความยาวท่อนละ 1 เมตร และทำการเก็บ ข้อมูลตัวอย่างทางด้านขนาดของต้นกลวยที่จะนำมาแปรรูปเป็นเส้นไข มีข้อมูลดังนี้

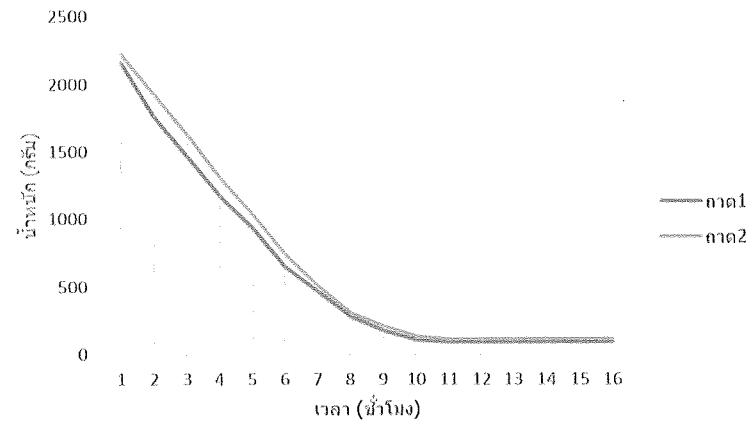
**ตารางที่ 4.1** ตารางข้อมูลน้ำหนักและเส้นรอบวงเฉลี่ยของต้นกลวยที่นำมาเป็นวัตถุดิบในการแปรรูปเป็นเส้น ไข

ลำดับ	น้ำหนัก (kg)	เส้นรอบวงเฉลี่ย (cm)
1	5.5	38
2	7	42
3	8.8	42.67
4	6.3	35.67
5	6.2	39
6	8.8	44.33
7	4.9	35
8	5.2	35
9	4.9	34.33
10	6.9	41
เฉลี่ย	6.45	38.7

จากข้อมูลที่ได้พบว่าต้นกลวยที่นำมาเป็นวัตถุดิบสำหรับแปรรูปเป็นเส้นไขมีน้ำหนักเฉลี่ย 6.45 กิโลกรัม ต่อตัน และมีเส้นรอบวงเฉลี่ย 38.7 เซนติเมตร ซึ่งจากการลงพื้นที่เก็บข้อมูลการปลูกสวนกลวยของกลุ่ม วิสาหกิจชุมชนตะไม่สร้างสรรค์ที่มีจำนวนการปลูกต้นกลวยเฉลี่ย 200 ตันต่อไร่ โดยการแปรรูปต้นกลวย เพื่อให้ได้เส้นไขน้ำหนัก 1 กิโลกรัม จะต้องใช้ต้นกลวยสดน้ำหนัก 20 กิโลกรัม หรือเท่ากับต้องนำต้นกลวยมา แปรรูปที่มีจำนวนประมาณ 3 ตัน

4.1.2 ต้นกลวยที่ผ่านการป่นย่อยขนาดและกดไล่น้ำ เมื่อนำไปอบแห้งในเตาอบที่กำหนดค่าอุณหภูมิ ไว้ที่ 105 องศาเซลเซียส โดยการอบแห้งน้ำได้บันทึกน้ำหนักของเส้นไขเป็นระยะ ๆ ซึ่งบันทึกน้ำหนักคาดเส้นไข ก่อนเข้าเตาอบ และบันทึกน้ำหนักทุก ๆ ชั่วโมง จนกระทั่งน้ำหนักของคาดไม้เป็นเปลี่ยนแปลง โดยข้อมูลที่

นำมาสร้างกราฟเพื่อหาแนวโน้มความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักของถ้วยเส้นไข่กับเวลาได้หักลบน้ำหนักของถ้วย เปลา่ออกจากน้ำหนักรวมที่ได้ ซึ่งข้อมูลที่ระบุในกราฟจะเป็นน้ำหนักของเส้นไข่ในแต่ละช่วงเวลา ดังต่อไปนี้



รูปที่ 4.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักของเส้นไข่กับเวลา

#### ผลของเวลาในการแข็งตัวถูกดิบ

การศึกษาเวลาในการต้มวัตถุดิบเป็นการทดลองเพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมในการนำเยื่อไปชีนรูปเป็นแผ่น ซึ่งก่อนต้มนั้นต้องทำการแข็งตัวให้วัตถุดิบอ่อนตัว ชุมน้ำ และเป็นการชะล้างสิ่งสกปรกที่ติดมากับวัตถุดิบ โดยแข็งตัวถูกดิบเป็นเวลา 2 วัน (48 ชั่วโมง) จากนั้นนำไปปั่นด้วยเครื่องปั่น และต้มตามเวลาที่กำหนด พบร่ว่ายieldingที่ได้มีลักษณะไม่แตกต่างจากเยื่อก่อนการ ทำการทำแผ่นเยื่อเปียกทำได้ยากเมื่อนำไปชีนแผ่น ในอ่างขอนเยื่อ เพราะเยื่อไม่กระจายตัวในน้ำ ซึ่งส่งผลต่อการประสานกันของเส้นไข่ และความแข็งแรงของแผ่นชีนงาน คือ เส้นไข่ไม่ประสานและไม่เกาะตัวกัน เมื่อจับหรือเคลื่อนย้ายแผ่นชีนงานพบว่า เส้นไข่ขาดและหลุดออกจากแผ่นชีนงาน

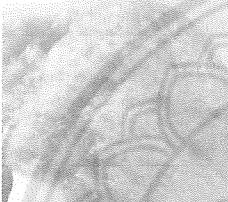
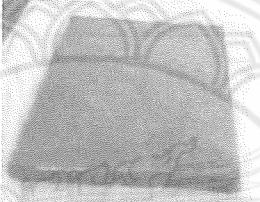
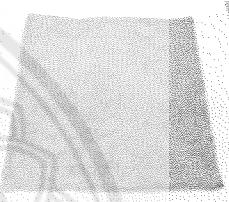
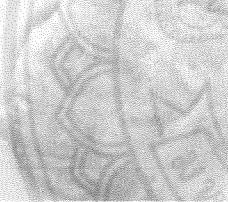
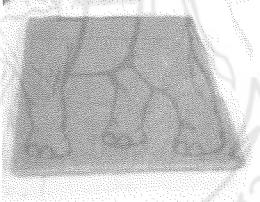
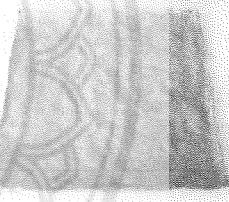
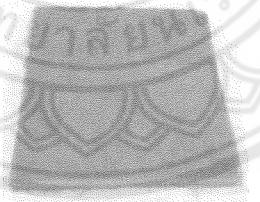
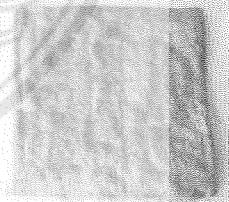
จากการทดลองข้างต้น ไม่สามารถน้ำแผ่นเยื่อมาใช้งานได้ คงจะผู้วิจัยจึงทำการทดลองหาเวลาที่เหมาะสมในการแข็งตัวถูกดิบ เพื่อให้วัตถุดิบเป้อยู่ยุ่ย และสามารถนำมาราบเป็นแผ่นเยื่อเปียกได้ โดยเพิ่มเวลาในการแข็งตัวถูกดิบ 24 ชั่วโมง พบร่วยว่าเวลาในการแข็งตัวถูกดิบ 7 วัน (168 ชั่วโมง) ทำให้วัตถุดิบจากกระบวนการกลั่นสามารถนำมาราบเป็นแผ่นเยื่อเปียกได้ ซึ่งเวลาการแข็งตัวถูกดิบเพิ่มขึ้นทำให้น้ำสามารถแทรกเข้าสู่โครงสร้างภายในของกาบกล้วยได้มากขึ้น และทำให้เส้นไข่พองตัว เป้อยู่ยุ่ย ซึ่งเส้นไข่นี้มีเซลลูโลสเป็นองค์ประกอบหลัก ประมาณ  $50.15\% \pm 1.09\%$  [22] และเซลลูโลสมีสมบัติการชอบน้ำ (Hydrophilic) [30] จึงดูดน้ำเข้าไปในกาบกล้วยได้ดี เวลาแข็งตัวถูกดิบ 7 วันสามารถนำกาบกล้วยไปต้มและนำเยื่อมาชีนรูปเป็นแผ่นได้ อย่างไรก็ตาม เวลาแข็งตัวถูกดิบ 7 วันนี้ ไม่สามารถนำเยื่อจากชานอ้อยมาชีนรูปเป็นแผ่นได้ จึงทำการเพิ่มเวลาการแข็งตัวถูกดิบ 24 ชั่วโมง พบร่วยว่าเวลาแข็งตัวถูกดิบ 14 วัน (336 ชั่วโมง) ทำให้ได้เยื่อจากชานอ้อยที่เหมาะสมต่อการชีนรูปเป็นแผ่น เพราะชานอ้อยมีลิกนิน 23.33 % หากกว่ากาบกล้วยที่มีลิกนิน 17.44 % ซึ่งลิกนินมีโครงสร้างที่แข็งแรง [18] ทำให้น้ำแทรกเข้าสู่โครงสร้างของชานอ้อยได้ยากจึงใช้เวลาในการแข็งตัวถูกดิบกว่ากาบกล้วย

เมื่อนำแผ่นเยื่อเปียกที่ได้จากการต้มกาบกล้วยและชานอ้อยไปอบที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 ชั่วโมง พบร่วยว่าแผ่นเยื่อมีการเกาะและประสานตัวของเส้นไข่ได้ดีขึ้น เพราะน้ำที่แทรกตัวในแผ่นเยื่อออกเมื่อได้รับความร้อนจากการอบทำให้เส้นไข่จับตัวกันได้มากขึ้น

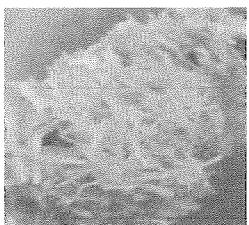
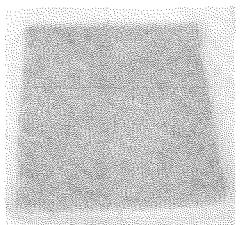
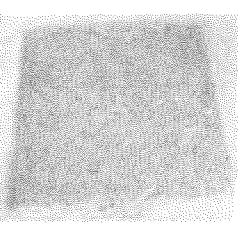
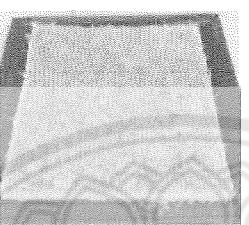
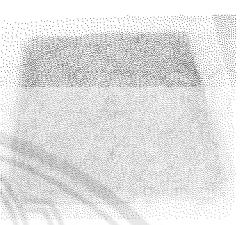
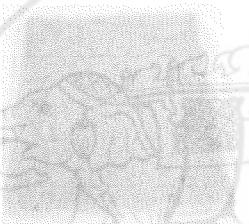
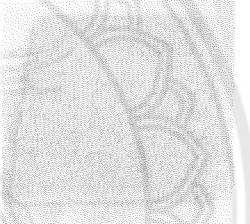
### ผลของเวลาในการต้มวัตถุดิบและอุณหภูมิในการขึ้นรูป

การต้มวัตถุดิบตามสภาพที่กำหนดเป็นการศึกษาผลของเวลาที่ส่งผลต่อลักษณะของเส้นใยที่ได้จาก การทดลอง เมื่อเวลาในการต้มเพิ่มขึ้น พบร่วมเยื่อที่ได้มีลักษณะนุ่มและอ่อนตัวมากขึ้น และกระจายตัวในอ่าง ซ้อนเยื่อได้ดี เพราะเวลาในการต้มที่มากขึ้นทำให้น้ำสามารถแทรกตัวเข้าไปในโครงสร้างของวัตถุดิบได้มาก ยิ่งขึ้น และความร้อนจากน้ำที่มีอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ทำให้พันธะของเซลลูโลสถูกทำลาย [31] เกิดการ จับตัวระหว่างน้ำกับเซลลูโลสทำให้เส้นใยพองตัวมากขึ้น เมื่อนำไปปั่นก่อนขึ้นเป็นแผ่นเยื่อเปียก จึงได้เยื่อที่มี ความเปื่อยยุ่ย

ตารางที่ 4.2 ลักษณะเยื่อจากกาบกลวยที่เวลาการแข็ง 7 วัน

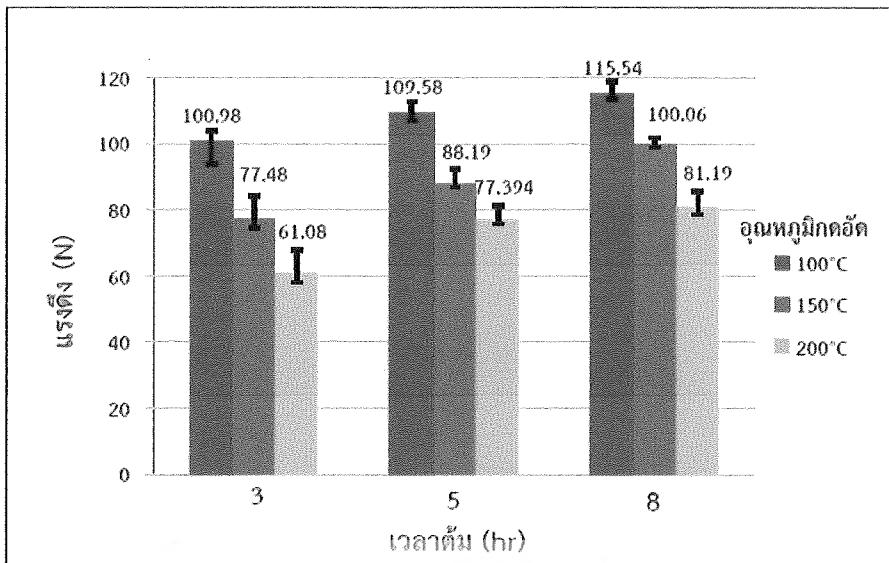
เวลา (ชม.)	หลังต้ม	แผ่นเปียก(ก่อนอบ)	แผ่นแห้ง(หลังอบ)
3			
5			
8			

ตารางที่ 4.3 ลักษณะเยื่อจากชานอ้อยที่เวลาการแข่น้ำ 14 วัน

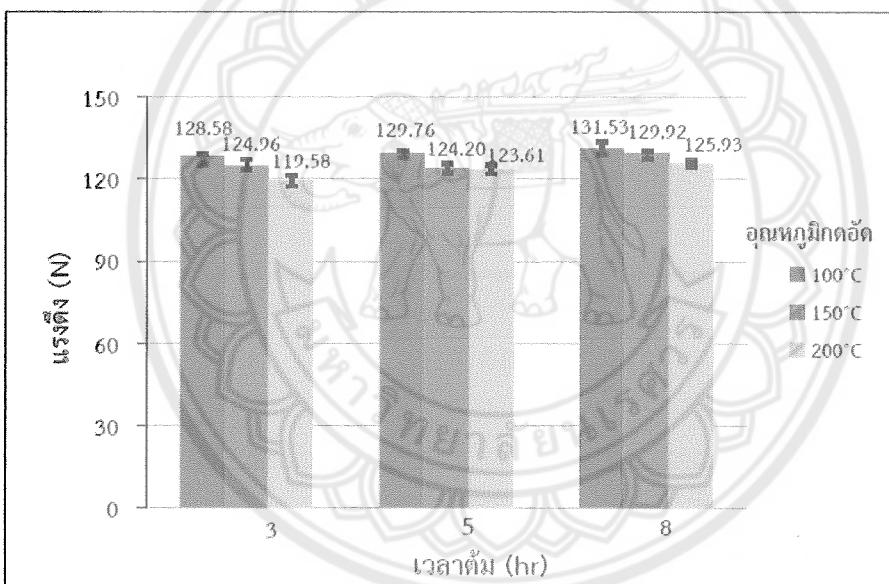
เวลา (ชม.)	หลังตื้น	แผ่นเปียก(ก่อนอบ)	แผ่นแห้ง(หลังอบ)
3			
5			
8			

#### 4.2 การทดสอบคุณสมบัติเชิงกายภาพและเชิงกล

จากการวิเคราะห์การเรียงตัวของเส้นใยในชิ้นงานกากล้วยและชานอ้อย พบร่วมกับเส้นใยมีพิษทางการเรียงตัวแบบสุ่ม คือ มีการซ้อนทับและประสานกันไปมา ซึ่งการเรียงตัวลักษณะนี้ส่งผลให้แผ่นชิ้นงานมีความแข็งแรง ทนแรงดึงได้ดี โดยขนาดเส้นใยเฉลี่ยของกากล้วยและชานอ้อยเท่ากับ 0.2 และ 0.4 มิลลิเมตร ตามลำดับ



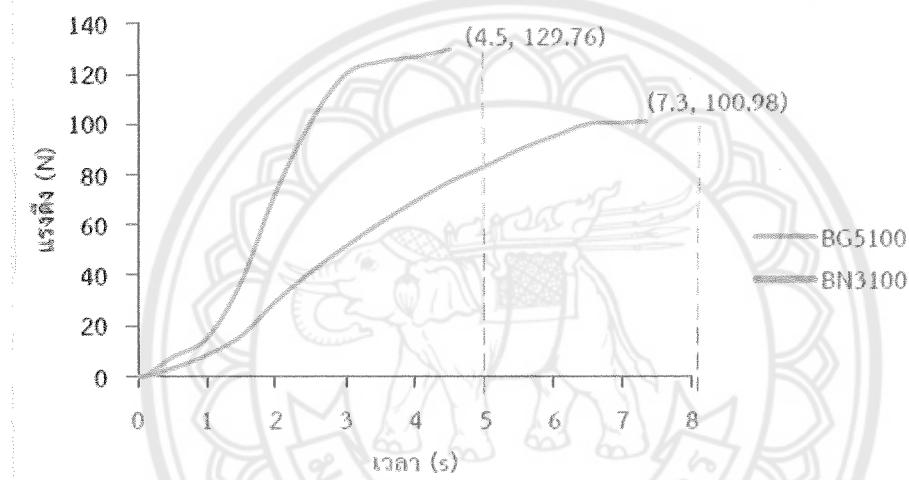
รูปที่ 4.2 กราฟแสดงค่าความต้านทานแรงดึงของชิ้นงานจากการกลั่ว



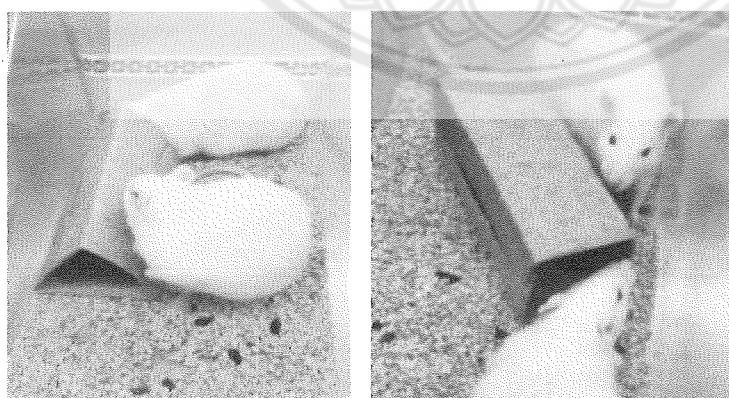
รูปที่ 4.3 กราฟแสดงค่าความต้านทานแรงดึงของชิ้นงานจากขานอ้อย

จากการทดสอบแรงดึง พบร่วมกับอุณหภูมิในการกดอัดเพิ่มชิ้นงานมีความสามารถในการต้านทานแรงดึงได้ลดลง เมื่อพิจารณาที่อุณหภูมิกดอัดเดียวกันคือ 100 องศาเซลเซียส แต่เวลาในการต้มต่างกัน พบร่วมกับค่าความต้านทานแรงดึงเพิ่มขึ้นตามเวลาในการต้มที่เพิ่มขึ้น เพราะที่เวลาในการต้มเพิ่มขึ้น เส้นใยที่ได้มีการพองตัวและเปื้อยยุ่ยมากทำให้เกิดการยึดเกาะระหว่างเส้นใยได้ดี เมื่อมีการระเหยน้ำออกจากแผ่นชิ้นงานในช่วงขั้นตอนการอบ โดยที่เวลาในการต้ม 8 ชั่วโมง ชิ้นงานทนแรงดึงได้มากที่สุด แต่เมื่อพิจารณาที่เวลาการต้มเดียวกัน อุณหภูมิกดอัดต่างกัน การเพิ่มอุณหภูมิกดอัดให้สูงขึ้นพบว่าทำให้ค่าการต้านทานแรงดึงของชิ้นงานลดลง เพราะเส้นใยที่มีการประสานตัวกันแน่นถูกให้ความร้อนสูงจึงเปลี่ยนสมบัติจากเหนียวไปเป็นแข็ง แต่ประหนึ่งในกระบวนการการกดอัดเป็นการให้ความร้อนทั่วทั้งแผ่นชิ้นงาน ไอน้ำในแผ่นมีการระเหยออก

อย่างรวดเร็ว ทำให้เกิดไฟรกรากาศขึ้นภายในชิ้นงาน [30] ซึ่งส่งผลให้ชิ้นงานเปราะและขาดง่าย เมื่อนำมาทดสอบจึงมีค่าความต้านทานแรงดึงที่น้อยกว่าชิ้นงานที่กัดอัดด้วยอุณหภูมิต่ำกว่า และจากการทดสอบค่าความต้านทานแรงดึงของชิ้นงานจากชานอ้อย พบร่วมค่าความต้านทานแรงดึงมีแนวโน้มเช่นเดียวกับชิ้นงานจากกาบกล้วย คือ เมื่อเวลาในการต้มมากขึ้นค่าความต้านทานแรงดึงของชิ้นงานก็มากขึ้น และอุณหภูมิกัดอัดเพิ่มขึ้นค่าความต้านทานแรงดึงจะลดลง เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกาบกล้วยและชานอ้อยพบว่า ชานอ้อยมีค่าความต้านทานแรงดึงที่มากกว่ากาบกล้วย เพราะชิ้นงานจากชานอ้อยหลังการกัดอัดมีความแข็งแรงมากกว่าชิ้นงานจากการกาบกล้วย แต่เมื่อพิจารณาช่วงเวลาในการทนแรงดึงก่อนขาด พบร่วมชิ้นงานจากชานอ้อยมีการขาดเร็วกว่าเส้นใยของชานอ้อยมีขนาดใหญ่กว่า การซ้อนทับและประสานตัวระหว่างเส้นใยจึงไม่ได้เท่าเส้นใยของกาบกล้วยที่มีขนาดเรียวเล็ก เหนียว และผسانตัวกันได้ดี จึงขาดได้ช้ากว่า ซึ่งชิ้นงานจากการกาบกล้วยนั้นสามารถหักพับและโค้งงอได้ คุณสมบัตินี้ทำให้ชิ้นงานจากการกาบกล้วยสามารถนำมาประยุกต์เป็นวัสดุรองนอน วัสดุทำรัง หรือวัสดุผ่อนคลายความเครียดโดยผ่านการขึ้นรูปทรงแบบต่างๆได้



รูปที่ 4.4 กราฟแสดงค่าความต้านทานแรงดึงของชิ้นงานจากการกาบกล้วยและชานอ้อย



รูปที่ 4.5 การทดลองนำชิ้นงานแบบพับไปใช้ที่สถานสัตว์ทดลอง มหาวิทยาลัยนเรศวร

จากการทดสอบคุณสมบัติการดูดซึมน้ำของแผ่นชี้นงานจากการกล่าวและงานอ้อย โดยวัดการซึมน้ำ 9 จุดบนแผ่นชี้นงาน พบร่วมกับการดูดซึมน้ำเฉลี่ยอยู่ในช่วง 5 วินาที ซึ่งเป็นช่วงที่อยู่ในมาตรฐานการซึมน้ำของวัสดุรองนอนของสัตว์ทดลองที่ต้องมีการซึมน้ำอย่างรวดเร็วเพื่อรับการขับถ่ายของสัตว์ และป้องกันการอับชื้นที่เป็นแหล่งสะสมของเชื้อโรคในกรุงเลี้ยงสัตว์ และจากการทดสอบความสามารถในการดูดซึมน้ำได้มากที่สุดของชี้นงานพบว่า ชี้นงานจากการกล่าวรับน้ำได้เฉลี่ย 30 มิลลิลิตรต่อชี้นงาน 1 แผ่น และชี้นงานจากงานอ้อยรับน้ำได้เฉลี่ย 20 มิลลิลิตรต่อชี้นงาน 1 แผ่น ซึ่งสามารถรองรับปริมาณการขับถ่ายของสัตว์ทดลองได้

#### 4.3 การออกแบบสิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดล้อมสำหรับสัตว์ทดลองประเภทแทะ

##### 4.3.1 ข้อมูลสัตว์ทดลองประเภทพื้นทางด้านพฤติกรรม ขนาด และกรุงเลี้ยง

จากการศึกษาข้อมูลสัตว์ทดลองประเภทพื้นทาง ณ สถานสัตว์ทดลองเพื่อการวิจัย มหาวิทยาลัยนเรศวร สัตว์ทดลองประเภทพื้นแทะมีอยู่ 2 ชนิด ได้แก่ หนูเม้าส์และหนูแรท ซึ่งมีพฤติกรรม, ขนาดและกรุงเลี้ยงดังนี้

##### พฤติกรรม

สัตว์ทดลองประเภทพื้นแทะนั้นจะมีพฤติกรรมที่มีลักษณะที่คล้ายคลึงกัน ของทั้งสองสายพันธุ์ สัตว์ประเภทนี้จะมีพฤติกรรมชอบกัดและส่องของ วิง หรือเข้าไปนอนมุดในบริเวณที่แคบ โดยมีข้อแตกต่างของพฤติกรรมของหนูเม้าส์ที่ชอบนอนและอาศัยร่วมกันเป็นกลุ่ม ส่วนหนูแรทจะมีการอาศัยที่สันโดยมากกว่า เนื่องจากจำนวนการเลี้ยงในแต่ละกรง ซึ่งพฤติกรรมเหล่านี้เป็นการแสดงออกถึงธรรมชาติของสัตว์ที่มีต่อสภาพแวดล้อมรอบตัว

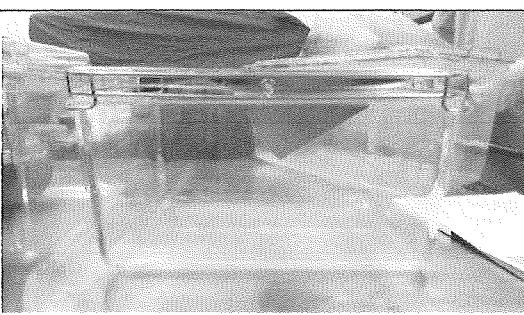
ตารางที่ 4.4 ขนาดของหนูเม้าส์และหนูแรท

หนูเม้าส์	หนูแรท
- น้ำหนักโดยเฉลี่ย 15-50 กรัม	- น้ำหนักโดยเฉลี่ย 150-700 กรัม
- ความยาว 10-11 ซม.	- ความยาว 13-20 ซม.
- ความยาวรอบลำตัว 10 ซม.	- ความยาวรอบลำตัว 15-20 ซม.

##### กรุงเลี้ยง

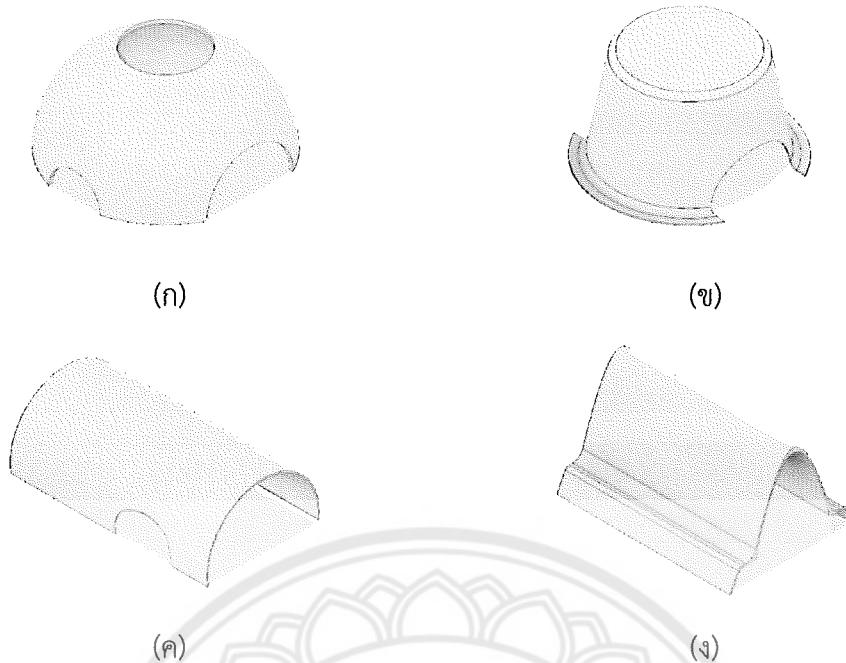
กรุงเลี้ยงสัตว์ทดลองประเภทพื้นแทะของสถานสัตว์ทดลองเพื่อการวิจัย มหาวิทยาลัยนเรศวร แบ่งออกเป็น 3 ประเภท ดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 ประเภทกรงเลี้ยงสัตว์ทดลองประเภทฟันแทะ

ลำดับ	ชื่อ	รูปภาพ	ขนาด (กว้างxยาวxสูง)(ซม. <sup>3</sup> )	
			หนูแมส	หนูแรท
1	Salaya		17x27x13	24x33x18
2	Filter on top		17x33x13	32x33x18
3	IVC		17x33x13	24x48x22

#### การออกแบบสิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดล้อมต้นแบบ

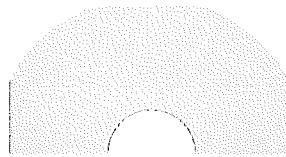
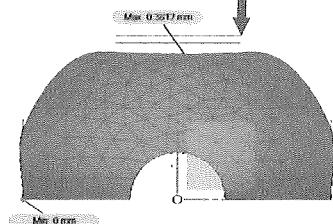
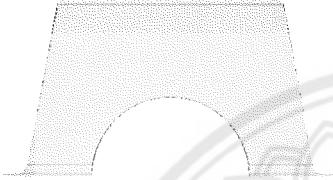
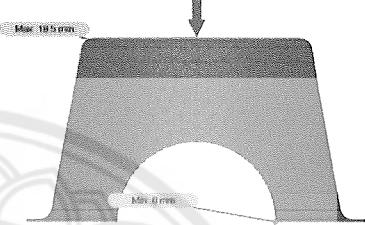
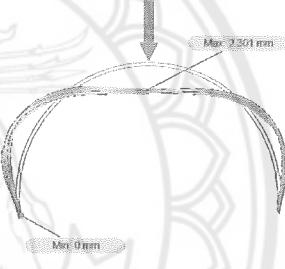
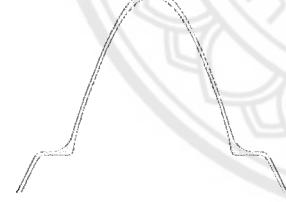
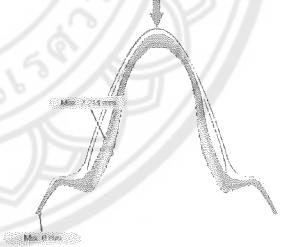
จากข้อมูลสัตว์ทดลองประเภทฟันแทะที่ศึกษามาได้ข้างต้น คณะผู้จัดทำได้ออกแบบสิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดล้อมต้นแบบ โดยคำนึงถึงขนาดของกรงห้อง 3 ประเภท และพฤติกรรมของสัตว์ลองที่ชอบมุดในบริเวณที่แคบ รวมทั้งการกัดแทะที่เป็นสัญชาตญาณโดยธรรมชาติของสัตว์ประเภทฟันแทะ ซึ่งสถานสัตว์ทดลองเพื่อการวิจัย มหาวิทยาลัยนเรศวร “ได้เลี้ยงสัตว์ทดลองประเภทฟันแทะ 2 ประเภท คือ หนูแรท และแมส ซึ่งสัตว์ 2 ประเภท นี้มีขนาดที่แตกต่างกัน โดยโครงงานนี้จะออกแบบสิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดล้อมสำหรับสัตว์ทดลอง ประเภทหนูแมส โดยมีการออกแบบสิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดล้อมต้นแบบทั้งหมด 4 แบบ ดังรูปที่ 4.6 ดังต่อไปนี้”



รูปที่ 4.6 โมเดล 3 มิติ สิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดล้อมต้นแบบ  
แบบที่ 1 (ก), แบบที่ 2 (ข), แบบที่ 3 (ค), แบบที่ 4 (ง)

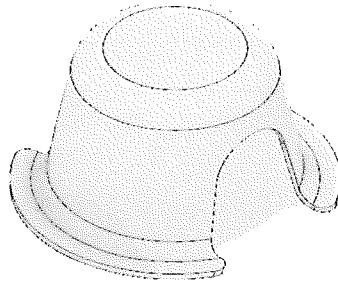
เมื่อออกแบบสิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดล้อมต้นแบบเรียบร้อยแล้ว ได้นำโมเดล 3 มิติ สิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดล้อมต้นแบบที่ 4 แบบ มาจำลองทำการเสียรูปโดยการให้น้ำหนักแกโมเดลทางด้านบนจำนวน 10 กิโลกรัม โดยทำการจำลองในคอมพิวเตอร์ด้วยโปรแกรมฟิวชัน 360 (Fusion360) ได้ผลดังตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 ผลการจำลองก่อนและหลังให้น้ำหนัก

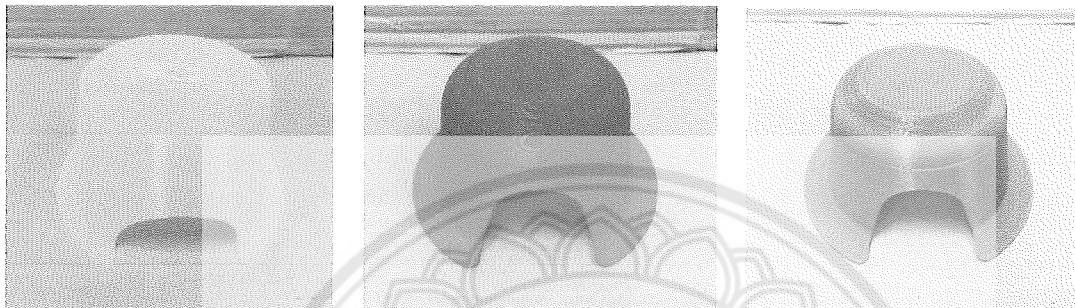
แบบที่	ก่อนให้น้ำหนัก	หลังให้น้ำหนัก
1		
2		
3		
4		

จากตารางที่ 4.6 พบว่าสิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดล้อมต้นแบบ แบบที่ 2 เสียรูปน้อยที่สุดจากทั้งหมด 4 แบบ แสดงว่ามีความความแข็งแรงที่ดี จึงเป็นตัวเลือกที่เหมาะสมที่จะนำมาใช้งาน

จากการทดสอบและผลจากแบบทดสอบสามจากสถานศักดิ์ทดลองเพื่อการวิจัย มหาวิทยาลัยนเรศวร ได้มีการปรับปรุงขนาดของสิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดล้อมให้เล็กลงเหมาะสมสำหรับอนุเมินส์เพียงชนิดเดียว จึงสรุปรูปแบบของสิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดล้อมสำหรับสัตว์ทดลองประเภทพื้นแท้ดังรูปที่ 4.7



รูปที่ 4.7 โมเดล 3 มิติ สิงเพิ่มพูนสภาพแวดล้อม



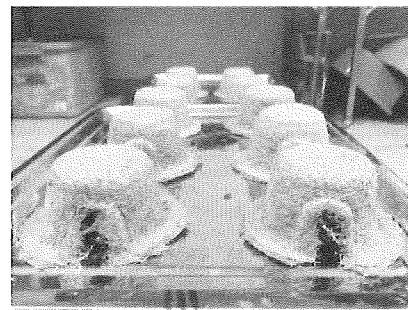
รูปที่ 4.8 ลำดับการพัฒนาของสิงเพิ่มพูนสภาพแวดล้อม

#### 4.4 การขึ้นรูปสิงเพิ่มพูนสภาพแวดล้อม

การขึ้นรูปเส้นโดยด้วยแม่พิมพ์ขึ้นรูปเส้นโดยจากแม่พิมพ์ 3 มิติ จะทำให้ได้ชิ้นงานที่มีเส้นใยยืดเกาตัวกันเป็นรูปทรงตามแบบที่แม่พิมพ์กำหนด โดยในขั้นตอนนี้จะได้ชิ้นงานที่มีลักษณะขั้น แต่เมื่อนำไปอบแห้งจะทำให้เส้นใยมีการยืดเกาตัวกันที่แข็งแรงมากขึ้น มีรูปทรงที่แน่นอน และหลังจากที่ตัดแต่งชิ้นงานแล้วจะได้สิงเพิ่มพูนสภาพแวดที่มีรูปทรงตามที่ออกแบบไว้ แต่รอบพื้นผิวของชิ้นงานจะมีลักษณะที่หยาบ และขรุขระเนื่องจากการกดอัดขึ้นรูปในแม่พิมพ์ที่สร้างจากเครื่องพิมพ์ 3 มิติ

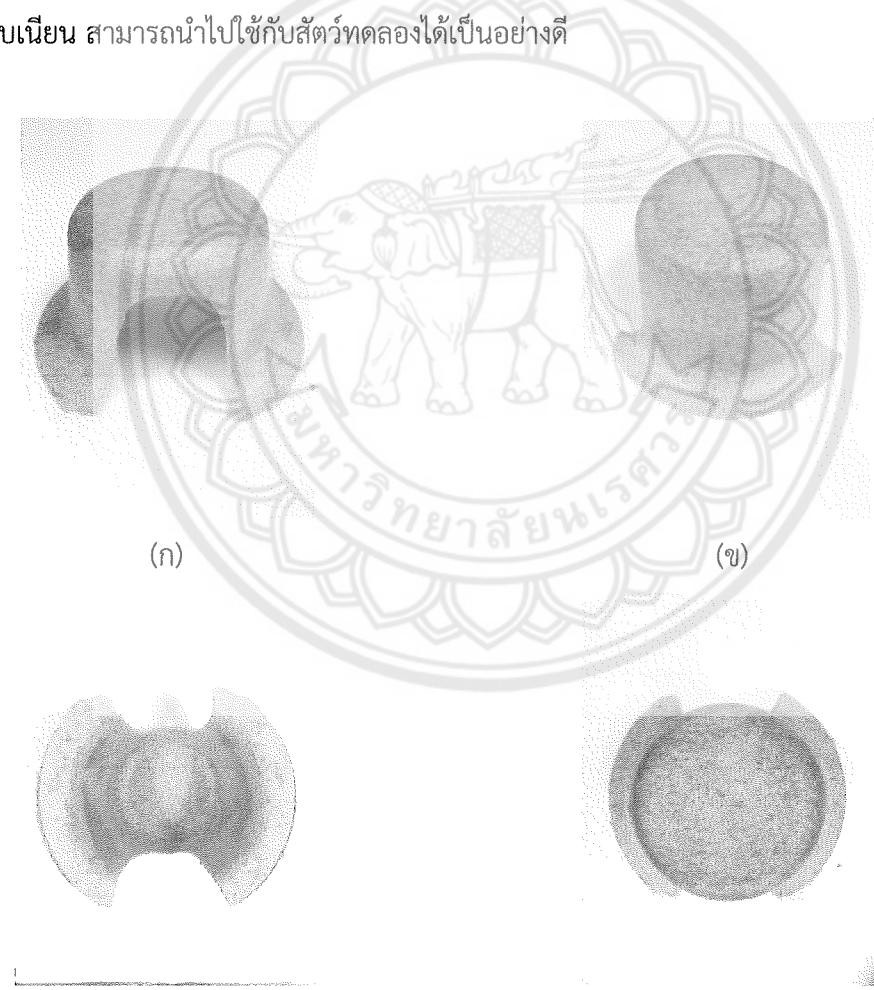


รูปที่ 4.9 การขึ้นรูปด้วยแม่พิมพ์ขึ้นรูปเส้นโดยจากแม่พิมพ์ 3 มิติ



รูปที่ 4.10 ขั้นงานที่ผ่านการอบแห้งแล้ว

จากการนำสิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดล้อมไปอบจากอุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ความร้อนและความชื้นจากไอน้ำจะทำให้ขั้นงานมีลักษณะที่อ่อนนุ่มลง ซึ่งเมื่อนำขั้นงานไปอีกขั้นรูปด้วยแรงดัน 1,500 psi อุณหภูมิ 160 องศาเซลเซียส และระยะเวลาในการกดอัด 8 นาที จะทำให้ขั้นงานมีการเรียงตัวของเส้นใยที่แน่นสนิทกันมากขึ้น ส่งผลให้ขั้นงานที่ได้นี้มีลักษณะที่แข็งแรง พื้นผิวโดยรอบขั้นงานมีความเรียบเนียน สามารถนำไปใช้กับสัตว์ทดลองได้เป็นอย่างดี



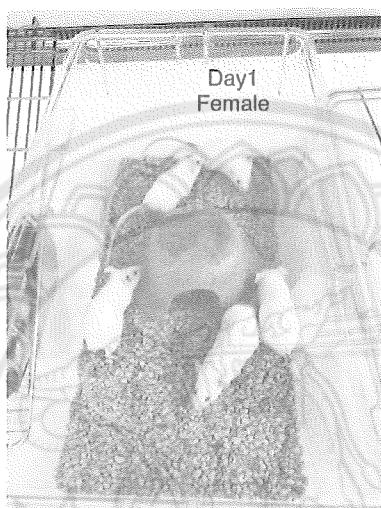
รูปที่ 4.11 ลักษณะของสิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดล้อมในแต่ละด้าน

ด้านหน้า (ก), ด้านข้าง (ข), ด้านล่าง (ค), ด้านบน (ง)

#### 4.5 ทดสอบการใช้งาน

สิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดล้อมที่ผ่านกระบวนการขึ้นรูปชิ้นงานในทุกขั้นตอน โดยแรงดันที่ใช้ในการกดอัด จะส่งผลให้เส้นใยมีการเรียงตัวที่หนาแน่น ส่วนความร้อนของแม่พิมพ์ที่ใช้ในการปรับสภาพชิ้นงานจะทำให้พื้นผิวชิ้นงานมีลักษณะที่เรียบ มีสีที่เข้ม และความชื้นที่เหมาะสมตัวอยู่ในชิ้นงานก็จะระเหยออกจากชิ้นงานทำให้ชิ้นงานแห้งสนิท

โดยสิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดล้อมจะถูกนำไปใช้กับการเลี้ยงสัตว์ทดลองประเภทฟันแทะ โดยนำสิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดล้อมใส่ไว้ในกรงเลี้ยง จากการสังเกตและบันทึกผลพบว่าสัตว์ทดลองได้มีการวิ่งเข้าออกบริเวณทางเข้าและทางออกในบ่อยครั้ง รวมทั้งการกัดแตะที่เป็นสัญชาตญาณของสัตว์



รูปที่ 4.12 สิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดล้อมที่ผ่านการใช้งาน 1 วัน



รูปที่ 4.13 สิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดล้อมที่ผ่านการใช้งาน

## บทที่ 5

### บทสรุปและข้อเสนอแนะ

#### 5.1 สรุปผลการทดลอง

##### 5.1.1 กระบวนการเตรียมเส้นไยธรรมชาติที่ไม่ใช้สารเคมี และวิเคราะห์เส้นไยของกาบกล้วยและ chan อ้อยที่ส่งผลต่อคุณสมบัติต้านการใช้งานของแผ่นชีนงาน

จากการทดลองพบว่าเวลาในการต้มเยื่อเมล็ดต่อการแยกเส้นไย คือ เมื่อเพิ่มเวลาในการต้มพบร่วมเส้นไยที่ได้มีความเปื่อยยุ่ยและเกะตัวกันได้ดีหากให้ชีนงานคงรูปเป็นแผ่นได้ โดยที่เวลาในการต้มเยื่อจากพืชทั้งสองชนิด คือ 8 ชั่วโมง ทำให้ได้เส้นไยที่เปื่อยยุ่ยและจับตัวกันระหว่างเส้นไยดีที่สุด และมีค่าการต้านทานแรงดึงมากที่สุด และอุณหภูมิในการกดอัดแผ่นชีนงานส่งผลต่อความเรียบและความแข็งแรงของแผ่นชีนงาน เมื่อเพิ่มอุณหภูมิในการกดอัดสูงขึ้น ทำให้แผ่นชีนงานจากกาบกล้วยมีค่าความต้านทานแรงดึงลดลง ส่วนชีนงานจาก chan อ้อยมีค่าลดลงเข่นเดียวกัน ตามลำดับ และจากการทดสอบอัตราการดูดซึมน้ำของแผ่นชีนงานจากกาบกล้วยและ chan อ้อยพบว่า ทั้งสองชนิดมีอัตราการดูดซึมน้ำอยู่ในช่วง 5 วินาที ซึ่งเป็นช่วงที่อยู่ในมาตรฐาน การซึมน้ำของวัสดุรองนอนของสัตว์ทดลองที่ต้องมีการซึมน้ำอย่างรวดเร็วเพื่อรองรับการขับถ่ายของสัตว์ และป้องกันการอับชื้นที่เป็นแหล่งสะสมของเชื้อโรคในกรงเลี้ยงสัตว์

จากการวิเคราะห์พบว่าเส้นไยในแผ่นชีนงานของกาบกล้วยและ chan อ้อยมีทิศทางการเรียงตัวแบบสุ่ม คือ มีการซ่อนทับและประสานกันไปมาส่งผลให้แผ่นชีนงานมีความแข็งแรง โดยชีนงานจาก chan อ้อยมีความแข็งแรงมากกว่าชีนงานจากกาบกล้วยและมีค่าการต้านทานแรงดึงสูงกว่า อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาเทียวกับเวลา พบว่าชีนงานจาก chan อ้อยขาดเร็กว่าชีนงานจากกาบกล้วย เพราะ chan อ้อยมีความแข็งแต่ประจังหาให้ขาดได้เร็วกว่า

##### 5.1.2 พัฒนาสิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดล้อมสำหรับสัตว์ทดลองประเภทฟันแทะที่ชีนรูปจากเส้นไยกล้วย

จากการศึกษาและพัฒนาสิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดล้อม พบว่าสิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดล้อมที่ทำจากแผ่นเส้นไยกล้วยในลักษณะพับแล้วประกอบเข้าด้วยกันมีความแข็งค่อนข้างน้อยและเสียรูปง่าย เนื่องจากรูปทรงที่มีชิ้นส่วนคำจุนโครงสร้างที่ไม่แข็งแรง จึงได้ทำการพัฒนารูปแบบและกระบวนการขึ้นรูปชีนงานในรูปแบบใหม่ที่มีรูปทรงแตกต่างออกไปจากเดิม โดยรูปทรงที่เลือกชีนงานนี้เป็นทรงถ้วยที่มีปากกล้วยและก้นถ้วยเป็นวงกลม ซึ่งบริเวณฐานของชีนงานมีครีบแบบสำหรับรับแรง รวมทั้งผนังด้านข้างที่ลาดเอียง ประกอบกับเหลี่ยมมุมที่มีการปรับแก้ให้ได้ mun ทำให้สิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดล้อมสำหรับสัตว์ทดลองชีนนี้มีความแข็งแรง รูปทรงมั่นคงสวยงามมากกว่าในแบบเดิม ซึ่งจากการพัฒนาสิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดล้อมได้ทำการทดสอบการใช้งานจริง โดยนำชีนงานไปใช้กับกรงเลี้ยงสัตว์ทดลองพบว่า ชีนงานที่พัฒนาขึ้นสามารถนำไปใช้ได้ดีกับการเลี้ยงสัตว์ทดลอง

## 5.2 ข้อเสนอแนะ

จากการทดลองพบว่ากระบวนการเตรียมเส้นใย มีกระบวนการและขั้นตอนการเตรียมเส้นใยที่ซับซ้อน สำหรับให้กระบวนการเตรียมเส้นใยเป็นไปด้วยความล้าช้า ซึ่งรวมมีการปรับปรุงและพัฒนากระบวนการเตรียมเส้นใยที่รวดเร็วมาก และเนื่องจากงานวิจัยนี้เป็นการศึกษาชิงงานต้นแบบสิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดล้อมสำหรับสัตว์ทดลองประเภทฟันและด้วยเส้นใยธรรมชาติ จึงมีข้อเสนอแนะเพื่อเป็นแนวทางในการศึกษาในงานด้านอื่น ๆ ต่อไปคือ

- 1) ควรมีอุปกรณ์และเครื่องมือสำหรับช่วยลดขั้นตอนในการปฏิบัติงาน เพื่อลดระยะเวลา เพิ่มความสะดวก และเพิ่มความปลอดภัยในขั้นตอนการดำเนินงาน
- 2) ควรพัฒนารูปแบบของสิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดล้อมสำหรับสัตว์ทดลองให้มีความหลากหลายและเหมาะสมกับการนำไปใช้งานได้หลากหลายมากขึ้น
- 3) ควรพัฒนากระบวนการนำวัสดุหรือเส้นใยธรรมชาติชนิดอื่น ๆ มาใช้
- 4) จากการลงพื้นที่เก็บข้อมูลและศึกษาระบวนการเตรียมเส้นใยจากต้นกล้า พบว่าต้นกล้าที่เหลือทึ้งจากอุตสาหกรรมมีจำนวนมาก ซึ่งต้นกล้าที่เหล่านี้สามารถนำมาแปรรูปผลิตเป็นเส้นใยสำหรับนำไปใช้ประโยชน์ได้ โดยกลุ่มเกษตรกรที่ปลูกกล้ามันว้ามจะลือว่างานนี้สามารถนำไปขายให้กับกลุ่มนักวิชาชีวภาพและแหล่งแปรรูป หรือส่งขายในพื้นที่ใกล้เคียงต่าง ๆ ซึ่งการเก็บเกี่ยวผลผลิตจะเก็บเกี่ยวเฉลี่ยทุก ๆ 20 วัน เท่ากับมีการเก็บเกี่ยวประมาณ 18 ครั้งต่อปี โดยการเก็บเกี่ยวผลผลิตจากสวนปลูกอที่ปลูกต้นกล้าเฉลี่ย 200 ต้นต่อไร่ การเก็บเกี่ยวผลผลิตแต่ละครั้งจะสร้างต้นกล้าที่เหลือทึ้งประมาณ 100 ต้นต่อครั้ง ดังนั้น สิ่งเหลือทึ้งจากการเกษตรจำนวนมากที่ไม่มีมูลค่าในอดีตนั้น หากนำมาแปรรูป สร้างผลิตภัณฑ์ และนำมาทำให้เกิดประโยชน์ สามารถสร้างรายได้ให้กับเกษตรกรหรือคนในชุมชน เป็นการใช้ทรัพยากรธรรมชาติให้เกิดประโยชน์สูงสุด และเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

## เอกสารอ้างอิง

- [1] สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ. (2006). จรรยาบรรณการใช้สัตว์เพื่องานทาง วิทยาศาสตร์. กรุงเทพมหานคร.
- [2] สำนักงานมาตรฐานการเลี้ยงและใช้สัตว์เพื่องานทางวิทยาศาสตร์และสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ. (2014). ร่างมาตรฐานและแนวทางปฏิบัติการเลี้ยงและใช้สัตว์ทดลองเพื่องานทางวิทยาศาสตร์. กรุงเทพมหานคร.
- [3] Janet C. Garbour. et al. (2011). Guide for the care and use of laboratory animals. (8th ed). National research council of the national academies. (pp. 51- 53).
- [4] กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. (2008). อ้อย. กรุงเทพมหานคร. บริษัท รักบ้านเกิด จำกัด.
- [5] สำนักความหลากหลายทางชีวภาพ สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. (2012). กล้วยน้ำว้าพันธุ์มูลลิอ่อง. กรุงเทพมหานคร.
- [6] ขยายสาส หับทอง. (2006). กระดาษทำมือจากต้นกล้วย. คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนรินกโญ วิทยาเขตองครักษ์.
- [7] ดร.ประดุน ชาติกานนิช. (2007). สารพัดอุปกรณ์เพาะเลี้ยงสัตว์ทดลอง. คณะกรรมการเพื่อการพัฒนางานเลี้ยงและใช้สัตว์เพื่องานทางวิทยาศาสตร์.
- [8] รัฐนา หาปา. (2011). สารานุกรมไทยสาหรับเยาวชน ฯ. (เล่มที่ 17 หน้า 205 - 206). กรุงเทพมหานคร : บริษัท ซีเอ็ดดูเคชั่น จำกัด (มหาชน).
- [9] เบญจมาศ ศิล้าย้อย. (2002). กล้วย. พิมพ์ครั้งที่ 3. (หน้า 357). ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพมหานคร.
- [10] Hearle J.W.S., Peters R.H. Fibre structure. London: The Textile Institute Butterworths; 1963.
- [11] สุกรี มະดาภกุน. (2016). ต้นกล้วยทำได้มากกว่ากระถาง. วารสารเทคโนโลยีชาวบ้าน (ฉบับที่ 625). บริษัท มติชน จำกัด(มหาชน).



- [12] จุฬาลักษณ์ ศรีบัว และคณะ. (2014). สารสนเทศภูมิปัญญาท้องถิ่nl้านนา. โคมไฟ 700 ปี. ศูนย์วิสาหกิจ กลุ่มจักسانบ้านม่วงค่า จังหวัดเชียงใหม่.
- [13] เกษม สุขสถาน. (2006). สารานุกรมไทยสรับເຍວชน ၁. (ເລີ່ມທີ 5 ພັນ 74 - 75). กรุงเทพมหานคร : บริษัท ຂຶ້ເດືອນເຊົ່າ ຈຳກັດ (ມາຫານ).
- [14] ชัยันต์ พิเชียรสุนทร และคณะ. (2001). อ้อยหวาน. คำอธิบายตำราพะໂອສັພຣະນາຮາຍ໌. พິມປົງຮັ້ງທີ 1. กรุงเทพมหานคร: บริษัท ອມຣິນທົຣພຣິນຕິ່ງແອນດີພັບລິ້ຈິ່ງ ຈຳກັດ.
- [15] ผศ. ดร. ประพิศ ขัยรัตน์โนigr. ประโยชน์ของชานอ้อยผลิตแก๊สเมเทนโดยวิธีการหมักแบบ ส่องขั้นตอน.
- [16] Kirk, T. K. and Farrell, R. L. (1987). Enzymatic “combustion”: the microbial degradation of lignin. Ann. Rev. Microbiol. ອ້າງອີງໃນ ສຸຈາຍ ຄູທີສີ ແລະ ດະນະ. (2011). ກາຣົລິຕີເຢືອກະດາຫາກກາບກລ້ວຍນໍ້າວ້າດ້ວຍວິທີທາງໝົວກາພໂດຍໃໝ່ Trichoderma viride. ດະນະ ວິທະຍາສາສົກລະເຄດໂນໂລຢີ ມາວິທາລ້ຽນເທດໂນໂລຢີຮາໝາງຄລັງບຸຮຸງ. (ໜ້າ 8 - 9).
- [17] ผศ. ดร. ພິມພີເພິ່ນ ພຣແລິນພົງ. (2012). ເໜລຸໄລສ. ສູນຍົກເວົ້າຂ່າຍຂ້ອນມູນຄາຫາຮຽບງຈຣ. ກຽມງານທີ່ມາວິທາລ້ຽນເທດໂນໂລຢີ.
- [18] Dr. Namrata Chhabra. (2012). Dietary fiber and total fiber. Biochemistry for midics.
- [19] ສຸຈາຍ ຄູທີສີ ແລະ ດະນະ. (2011). ກາຣົລິຕີເຢືອກະດາຫາກກາບກລ້ວຍນໍ້າວ້າດ້ວຍວິທີທາງໝົວກາພໂດຍໃໝ່ Trichoderma viride. (ໜ້າ 11 - 13). ດະນະ ວິທະຍາສາສົກລະເຄດໂນໂລຢີ ມາວິທາລ້ຽນເທດໂນໂລຢີ.
- [20] ວິ້ຫຼ່ທໍ່ ອຣຣນພານຸກັກ. (2002). ກາຣົລິຕີສອບແລະ ຄຸມຄຸນກາພເຢືອ ແລະ ກະດາຫາສາ. ເອກສາຮ ປະກອບກາຮອບຮມເຊີງປົງບັດກາຮ ເຮືອງ ຈານວິຈີຍແລະ ພັຜນາເກີຍກັບກາຮກາຣົລິຕີເຢືອ ແລະ ກະດາຫາຈາກປອສາ. (ໜ້າ 127 - 130). ສຄາບັນດັນຄວ້າແລະ ພັຜນາຜລິຕົກທາງກາຮເກະຫຼາກແລະ ອຸຫສາກຮຽມເກະຫຼາກ. ມາວິທາລ້ຽນເກະຫຼາກສາສົກລະເຄດ ວິທາເບືດຈຸດຈັກ. ກຽມງານທີ່ມາວິທາລ້ຽນເທດໂນໂລຢີ.
- [21] ປ່ານຍູ້ ອຣຍະພົງພັນ. (2013). ກາຣົລິຕີແລະ ກາຣົດ ເສັ້ວຍທົດລອງໃນຈານວິທະຍາສາສົກລະເຄດ ສັ້ວຍທົດລອງ. ສູນຍົກເວົ້າຂ່າຍຂ້ອນມູນຄາຫາຮຽບງຈຣ.
- [22] M. Sfiligoj Smole. et al. (2013). Plant Fibers for Textile and Technical Applications. Advances in Agrophysical Research.



- [23] วิทวัส จิรัชพงศ์ และคณะ. (2011). การศึกษาปริมาณเซลลูโลส เยมิเซลลูโลส และลิกนินจาก ของ เหลือทิ้งจากพืชเพื่อใช้ในการผลิต แผ่นพิล์ม พลาสติกชีวภาพ. สาขาวิชาเทคโนโลยีสิ่ง แวดล้อมภาควิชา เทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตรคณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์. มหาวิทยาลัย เทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระ นครเหนือ.
- [24] วิทยา ปั้นสุวรรณ. (2011). การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของวัตถุดิบที่ไม่ใช้สำหรับ อุตสาหกรรมเยื่อและกระดาษ. ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน กรุงเทพฯ.
- [25] ชัยพร สามพุ่มพวง และคณะ. (2003). การศึกษาคุณสมบัติของกระดาษจากเยื่อกล้ำยน้ำว้า พันธุ์มະคลิอ่องเพื่องานหัตถกรรม. (หน้า 79 - 84). เอกสารการประชุมทางวิชาการของ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 41. กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม. กรุงเทพมหานคร.
- [26] ศราุต โถสวัสดิ์. (2011). การศึกษาการแยกไข่ไก่สู่เพื่อนำมาเป็นวัตถุดิบทาง สิ่งทอ. สาขาวิชาสิ่งทอ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.
- [27] วิชัย ฤทธิยธนาสันต์ และคณะ. (2006). การทำกระดาษเย็นໄล่ยุ่งจากขานอ้อย. สถาบันวิจัยและ พัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- [28] พินิกานต์ อารีวงศ์ และคณะ. (2012). การผลิตเยื่อกระดาษจากฟางข้าวด้วยวิธีทางชีวภาพ ร่วมกับกรรมวิธีชา. สาขาวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัย เทคโนโลยี ราชมงคลธัญบุรี.
- [29] Erin Barley et al. (2011). The structure and function of large biological molecules. (9th ed). Lecture presentations for CAMPBELL BIOLOGY.
- [30] マルスカラ リヴィエラ. (2013). การผลิตภัณฑ์อย่างสวยงามได้ทางชีวภาพจากการกล้ำย. สาขาวิชา วิศวกรรมเครื่องกล. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีศรีราชา.
- [31] รัชพล พะวงศ์รัตน์. (2015). กระบวนการปรับสภาพเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตเอทานอล จากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรประเภทกลูโคส. หน่วยวิจัยจุลทรรศ์เพื่อการเกษตร. คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- [32] การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของกระดาษกาบกล้ำยผสมกระดาษเหลือใช้. 2017. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา : <https://swscience.wordpress.com/2012/02/23/การเปรียบเทียบประสิทธิ>. (วันที่สืบค้น 17 พฤษภาคม 2017)

