

# การออกแบบบรรจุภัณฑ์อาหารที่ย่อยสลายได้ จากแกนต้นคล้าวัสดุเหลือทิ้ง

## Design Biodegradable Food Packaging from Marantaceae Plant Waste Materials

ธนสิทธิ์ จันทะรี\* และ ชลวุฒิ พรหมสาขา ณ สกลนคร\*

Thanasit Chantaree\* and Chonlawut Brahmasakha\*

Received: December 14, 2023

Revised: April 21, 2024

Accepted: April 22, 2024

### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อทดลองวัสดุและออกแบบบรรจุภัณฑ์อาหารจากเศษวัสดุเหลือใช้จากระบวนการจักสานต้นคล้า วิจัยด้านทดลองวัสดุ นำเศษวัสดุเหลือใช้จากระบวนการจักสานต้นคล้าซึ่งมีสองลักษณะคือ แกนใส่ในของต้นคล้า และเปลือกด้านในของต้นคล้า นำมาทดลองให้ได้เส้นใยโดยการต้มกับโซเดียมไฮดรอกไซด์ และต้มกับไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ เป็นเวลา 1 ชั่วโมง จะได้เส้นใยจากเปลือกด้านในของต้นคล้า ส่วนแกนใส่ในของต้นคล้าเมื่อต้มแล้วนำไปปั่นด้วยเครื่องปั่นจะได้เส้นใยละเอียดที่นุ่ม นำไปผสมกับกาวแปงเปียกที่ทำจากแปงมันส้มปะหลังผสมน้ำและน้ำส้มสายชู นำไปเทในตระแกรงผึ่งให้หมาดแล้วนำไปอัดเป็นแผ่นด้วยเครื่องอัดไฮดรอลิกแล้วนำไปกดในแม่พิมพ์ ได้ต้นแบบงานจากเส้นใยคล้า นำไปทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ แล้วประเมินต้นแบบโดยผู้เชี่ยวชาญ

ผลการวิจัยด้านวัสดุได้วัสดุ 2 ลักษณะคือ ได้เส้นใยเป็นเส้นยาว และได้เส้นใยเล็กละเอียด นำไปเป็นวัตถุดิบในการผลิตต้นแบบ โดยผลการออกแบบเลือกแบบงานที่ออกแบบให้มีช่องสำหรับใส่ ซอส พริกน้ำปลา หรือน้ำจิ้มทำแม่พิมพ์และทำต้นแบบ นำต้นแบบไปทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ ได้ผลคือ การย่อยสลายโดยฝังกลบในดิน แบบที่ 1 งานแกนต้นคล้าไม่เคลือบไขฝั งย่อยสลายหมดภายใน 30 วัน แบบที่ 2 งานเปลือกด้านในของต้นคล้าเคลือบไขฝั งย่อยสลายหมดภายใน 35 วัน ผลการทดสอบ การทนต่อความร้อนด้วยเครื่อง Thermal Gravimetric Analyzer (TGA) แบบที่ 1 เริ่มสลายตัวเมื่อเวลาผ่านไป 26 นาทีที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส แบบที่ 2 เริ่มสลายตัวเมื่อเวลาผ่านไป 26 นาทีที่อุณหภูมิ 220 องศาเซลเซียส สรุปว่างานทั้งสอบบแบบทนความร้อนได้ถึง 200 องศาเซลเซียส ผลการทดสอบแรงดึงขาดสูงสุดที่ทำให้ชิ้นงานขาด (Tensile Strength) แบบที่ 1 ได้ค่า  $2.557 \pm 0.904$  (N/mm<sup>2</sup>) แบบที่ 2 ได้ค่า  $1.640 \pm 0.722$  (N/mm<sup>2</sup>), ร้อยละการยืดของชิ้นงานทดสอบที่จุดขาด (%Elongation at Break) แบบที่ 1 ได้ค่า  $1.53 \pm 0.39\%$  แบบที่ 2 ได้ค่า  $1.80 \pm 1.08\%$ , ความต้านทานแรงดันทะลุ (Burst Strength) แบบที่ 1 ได้ค่า  $34.983 \pm 12.223$  (N) แบบที่ 2 ได้ค่า  $70.085 \pm 18.147$  (N) และระยะห่างที่เจาะทะลุ (Distance to Burst)

\* สาขาวิชาการออกแบบ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ขอนแก่น 40002 ประเทศไทย

\* Department of Design, Faculty of Architecture, Khon Kaen University, Khon Kaen 40002, Thailand  
Corresponding Author E-mail : thacha1@kku.ac.th



extracted from 90% natural materials from Coconut & Jojoba Oil. Both the first type and the second type with beeswax coating resisted water well and can be used for liquid food. The assessment by three experts concludes that the research prototype, made from the Marantaceae fibers, has a surface unsuitable for food packaging but exhibits and interesting texture. It is environmentally friendly and versatile for various other product applications.

**คำสำคัญ:** การออกแบบบรรจุภัณฑ์ บรรจุภัณฑ์อาหาร ต้นกล้า วัสดุเหลือทิ้ง

**Keywords:** Packaging Design, Biodegradable Food Packaging, Marantaceae Plant, Waste Materials

## บทนำ

ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ชาวบ้านได้นำต้นคล้ามาจักสานเป็นกระติบข้าวเหนียว ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในชีวิตประจำวันของชาวอีสานที่ขาดไม่ได้ (ดังภาพที่ 1-2) ในจังหวัดขอนแก่นมีหมู่บ้านที่ทำกระติบข้าวเหนียวอยู่ที่บ้านโคก ตำบลกุดธาตุ อำเภอนองนาคำ จังหวัดขอนแก่น ซึ่งทำกันทั้งหมู่บ้าน ประมาณ 70 หลังคาเรือน และมีการรวมกลุ่มกันเป็นวิสาหกิจชุมชน (OTOP 2 ดาว) มีสมาชิก 40 คนการทำกระติบข้าวเหนียวทำโดยนำต้นคล้ามาผ่าเอาแต่เปลือก ส่วนแกนหรือไส้ใน นำไปทิ้งหรือนำไปทำปุ๋ย ซึ่งมีปริมาณมาก (ดังภาพที่ 3) ต้นคล้านี้กลุ่มชาวบ้านซื้อมาจากเกษตรกรผู้ปลูกคล้าราคา กิโลกรัมละ 4.5 บาท ยังไม่มีหน่วยงานใดคัดนำแกนหรือไส้ในคล้าที่เป็นเศษวัสดุเหลือทิ้งไปสร้างประโยชน์หรือสร้างมูลค่าเพิ่ม ผู้วิจัยสังเกตเห็น ว่าแกนหรือไส้ในของคล้านี้มีเส้นใยธรรมชาติที่มากพอ สามารถนำมาทำเป็นบรรจุภัณฑ์ใส่อาหารได้ซึ่งบรรจุภัณฑ์อาหารส่วนใหญ่ที่ใช้กันมายาวนานจนกระทั่งปัจจุบันทำด้วยพลาสติก ทำให้เกิดปัญหาขยะที่เพิ่มขึ้นมากมายและย่อยสลายได้ยาก เกิดเป็นมลภาวะและเป็นปัญหาสิ่งแวดล้อมของทั่วโลก

มูลนิธิสถาบันสิ่งแวดล้อมไทย (2563) รายงานว่า ในช่วงโควิด-19 พบว่าเขตเมืองต่างๆ ทั้งกรุงเทพมหานครและเมืองท่องเที่ยวอื่นๆ ต่างก็มีปริมาณขยะรวมลดลง แต่โดยรวมสัดส่วนขยะพลาสติกเพิ่มขึ้นในเกือบทุกเมือง โดยเฉพาะจากการสั่งอาหารรูปแบบเดลิเวอรี่ (Food delivery) ส่งถึงที่บ้านหรือที่ทำงานซึ่งมีหลายจังหวัดในประเทศไทย สิ่งที่ตามมา คือ ขยะพลาสติกที่มีปริมาณเพิ่มขึ้นจากกิจกรรมดังกล่าวด้วย ขยะจากการสั่งอาหารประกอบด้วยบรรจุภัณฑ์หีบห่อและอุปกรณ์ ได้ก่อให้เกิดขยะพลาสติกไม่น้อยกว่า 5 ชิ้นต่อการสั่งอาหารแต่ละครั้งได้แก่ ถุงพลาสติก กล่องกระดาษใส่อาหารกล่องพลาสติกใส่ อาหารกล่องพลาสติก/ซองพลาสติกแยกชนิดอาหาร ของเครื่องปรุงรส แก้วพลาสติกใส่เครื่องดื่ม ตะเกียบไม้หรือพลาสติก ช้อนและส้อมพลาสติก พร้อมซองพลาสติกใส่ตะเกียบหรือช้อน กระดาษทิชชูเป็นต้น ขยะพลาสติกจาก Food delivery การบริการอาหารในรูปแบบเดลิเวอรี่ (Food delivery) เริ่มเติบโตมาแล้วระยะหนึ่ง พร้อม ๆ กับการเติบโตของระบบ Online Shopping ซึ่งมีการขยายตัวชัดเจนมาตั้งแต่ 2-3 ปีที่ผ่านมาในกรุงเทพและปริมณฑล รวมทั้งเมืองใหญ่ต่าง ๆ เนื่องจากผู้บริโภคต้องการความสะดวกสบายมากขึ้น มีความก้าวหน้าด้านเทคโนโลยี และการเดินทางที่ไม่สะดวก ก่อนหน้านี้ มีการคาดการณ์ว่าจะเติบโตประมาณปีละ 10 -20 % ในภาวะการปกติแต่ในช่วงโควิด-19 และการประกาศภาวะฉุกเฉินในเดือนมีนาคมและเมษายน 2563จึงมีการเติบโตมากกว่า 100 % ([http://www.tei.or.th/th/blog\\_detail.php?blog\\_id=49](http://www.tei.or.th/th/blog_detail.php?blog_id=49))

ปัจจุบันได้มีการคิดค้นภาชนะที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมขึ้นมาเรียกว่า ภาชนะบรรจุอาหารชีวฐาน (Bio-Based Food Packaging) โดยทำขึ้นจากวัสดุธรรมชาติสามารถย่อยสลายได้ตามธรรมชาติ แต่ปัญหาของบรรจุภัณฑ์อาหารชีวฐานคือมีราคาสูงกว่าบรรจุภัณฑ์อาหารจากวัสดุสังเคราะห์ที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบันหลายเท่า เช่น ถาดใส่อาหารจาก

กาบหมาก ถ้วยจากกระดาษเยื่อไผ่ กล่องใส่อาหารที่ทำจากฟางข้าวสาลี ภาชนะใส่อาหารที่ทำจากแป้งมันสำปะหลัง เป็นต้น ซึ่งล้วนแล้วแต่มีต้นทุนการผลิตที่สูง จึงมีราคาที่สูงกว่าบรรจุภัณฑ์จากโพลีพลาสติกที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบันหลายเท่า นอกจากนี้ยังมีการคิดค้น บรรจุภัณฑ์ใส่อาหารจากวัสดุธรรมชาติที่ผสมกับพลาสติกชีวภาพ (Biodegradable Plastic) เช่นบรรจุภัณฑ์อาหารที่ทำจากใบตองตึง ใบบัว ใบสัก ใบทองกวาว ชานอ้อย เป็นต้น ซึ่งมีอายุการย่อยสลายหลายวัน ไม่ย่อยสลายทันที เกิดการสะสมเป็นขยะมากมาย (<https://urbancreature.co/eco-packaging>)

จากปัญหาดังกล่าว งานวิจัยนี้จึงมีแนวคิดที่จะนำวัสดุธรรมชาติเหลือทิ้งจากกระบวนการจักสาน ซึ่งเป็นวัสดุที่ไม่มีมูลค่าหรือมีมูลค่าต่ำนำกลับมาใช้อีก เป็นการลดต้นทุนในการผลิตบรรจุภัณฑ์ทดแทนโพลีพลาสติก ในการวิจัยจะมุ่งเน้นในการใช้วัสดุแกนของต้นคล้า ซึ่งเป็นวัสดุเหลือทิ้งจากการผลิตเครื่องจักสานของกลุ่มชาวบ้าน บ.โคก ต.กุดธาตุ อ.หนองนาคำ จ.ขอนแก่น โดยนำมาทดลองวัสดุแล้วออกแบบและผลิตเป็นบรรจุภัณฑ์สำหรับอาหารสุภาพ ที่มีคุณสมบัติตามมาตรฐาน ใช้งานได้เทียบเท่ากับบรรจุภัณฑ์ในท้องตลาด แต่มีราคาต่ำกว่า และถ่ายทอดเทคโนโลยีให้กลุ่มชาวบ้านสามารถผลิตได้



ภาพที่ 1 ต้นคล้าและชาวสวนตัดต้นคล้าที่ปลูกในนา (ภาพถ่ายโดย : ผู้แต่ง)



ภาพที่ 2 ผ่าต้นคล้าลอกเอาแต่เปลือกแล้วใช้มีดเหลาให้บางเอาเนื้อในออก นำไปสานกระติบข้าวเหนียว (ภาพถ่ายโดย : ผู้แต่ง)



ภาพที่ 3 แขนกล้าและเปลือกด้านในเป็นวัสดุเหลือทิ้ง จากกลุ่มจักสานคล้า บ.โคก อ.หนองนาคำ จ.ขอนแก่น  
(ภาพถ่ายโดย : ผู้แต่ง)

### วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อทดลองวัสดุจากเศษวัสดุเหลือใช้จากกระบวนการจักสานต้นคล้า ที่เหมาะสมกับบรรจุภัณฑ์อาหาร สุขภาพที่ย่อยสลายได้
2. เพื่อออกแบบบรรจุภัณฑ์อาหารสุขภาพจากผลการทดลองวัสดุจากเศษวัสดุเหลือใช้จากกระบวนการจักสานต้นคล้า

### ทบทวนแนวคิดที่เกี่ยวข้อง และทบทวนวรรณกรรม

จากนโยบายของชาติด้าน เศรษฐกิจสร้างสรรค์ และ ประเทศไทย 4.0 สืบเนื่องจากประเทศไทย ในปัจจุบัน อยู่ในกับดักรายได้ปานกลางและในอนาคตจะกลายเป็นสังคมผู้สูงอายุเต็มรูปแบบ จะเห็นได้จากในช่วง 50 ปีที่ผ่านมา ในระยะแรก (พ.ศ. 2500-2536) เศรษฐกิจไทยมีการเติบโตอย่างต่อเนื่องอยู่ที่ 7-8% ต่อปี ต่อมา (พ.ศ. 2537-ปัจจุบัน) เศรษฐกิจไทยเริ่มมีการเติบโตในระดับเพียง 3-4% ต่อปีเท่านั้น รัฐบาลพลเอกประยุทธ์ จันทร์โอชา ได้เล็งเห็นปัญหานี้จึงมีนโยบาย “ประเทศไทย 4.0” เพื่อจะแก้ปัญหาโดยปรับเปลี่ยนโครงสร้างเศรษฐกิจไปสู่ “Value-Based Economy” หรือ “เศรษฐกิจขับเคลื่อนด้วยนวัตกรรม” ซึ่งประเทศไทยมีข้อเด่นอยู่ที่ความหลากหลายทางชีวภาพและความหลากหลายทางวัฒนธรรมจะนำมาสร้างความได้เปรียบทางการแข่งขัน โดยเติมเต็ม ด้วยวิทยาการ ความคิดสร้างสรรค์ นวัตกรรม วิทยาศาสตร์เทคโนโลยี ยุทธศาสตร์สำคัญของรัฐบาลเน้นการพัฒนา ไปสู่ “ความมั่นคง มั่งคั่ง และยั่งยืน” ด้วยการสร้าง “ความเข้มแข็งจากภายใน” ขับเคลื่อนตามแนวคิด “ปรัชญา เศรษฐกิจพอเพียง” ผ่านกลไก “ประชารัฐ” และแนวคิดการพัฒนาอย่างยั่งยืนคือการพัฒนาด้านเศรษฐกิจ ด้านสิ่งแวดล้อม และด้านสังคมให้สมดุลกัน โดยคำนึงถึงความเป็นอยู่ของลูกหลานในอนาคต การออกแบบที่ยั่งยืนเป็นส่วนหนึ่งของการพัฒนาที่ยั่งยืน แนวทางในการออกแบบที่ยั่งยืนคือการคำนึงถึงการใช้ทรัพยากรให้น้อยที่สุดหรือหมุนเวียนกลับมาใช้ใหม่ คำนึงถึงวัฒนธรรมดั้งเดิม อันหลากหลาย ลดความเหลื่อมล้ำของรายได้และการเข้าถึงผลิตภัณฑ์ที่ทำให้วิถีชีวิตดีขึ้นของประชากรทุกระดับ และสนับสนุนความเป็นอยู่อย่างพอเพียงไม่ตอบสนองกิเลสมากนัก (<https://www.isranews.org/>) จากแนวคิดดังกล่าวจึงนำมาสู่การพัฒนาวัสดุจากเศษวัสดุเหลือทิ้ง นำมาทดลองให้ได้วัสดุที่เหมาะสมกับการออกแบบเป็นบรรจุภัณฑ์อาหารสุขภาพ ที่นำไปใช้ประโยชน์เชิงพาณิชย์ได้ เป็นนวัตกรรมและช่วยเหลือชุมชน เพื่อทำให้สังคมและระบบนิเวศวิทยาดีขึ้นอย่างยั่งยืน

ปัจจุบันโลกกำลังเผชิญกับกระแสความเปลี่ยนแปลงแบบ Crisis Disruption ไม่ว่าจะเป็นวิกฤติโควิด-19 หรือภาวะโลกร้อน (Climate Disaster) ทำให้เกิดภัยคุกคามและความเสี่ยงต่างๆ ที่ทั้งโลกต้องรับชะตากรรมเดียวกัน เป็นเหตุผลที่โลกต้องมองหาเป้าหมายร่วมกันคือ “ความยั่งยืน” หรือ SDG (Sustainable Development Goals) วาระความยั่งยืน (SDGs) ทั้ง 17 ข้อสามารถแยกเป็น 2 กลุ่มใหญ่ คือสิ่งแวดล้อมและมนุษย์ กับการอยู่ร่วมกันเพื่อสร้างความมั่นคงที่กระจายและไม่กระจุก ดังนั้นความยั่งยืนอยู่ในชีวิตประจำวันและอยู่เป็นการพัฒนาเชิงพื้นที่ ทั้งในเมืองและชนบท เมื่อเกิดการพัฒนานในพื้นที่จะต่อยอดไปสู่ระดับประเทศและระดับโลกได้ ดังนั้น การพัฒนาเชิงพื้นที่จะต้องใช้โมเดลเศรษฐกิจ BCG (Bio-Circular-Green Economy) ทำให้เกิดการหมุนเวียนในมิติต่างๆ เช่น การหมุนเวียนในชุมชน (Circular Community) หรือการหมุนเวียนในเมือง (Circular City) เศรษฐกิจหมุนเวียน (Circular Economy) ผ่านการใช้ชีวิตแบบวิถีชีวิตหมุนเวียน (Circular Living) อีกทั้ง BCG จะสร้างความเข้มแข็งจากภายในโดยอาศัยหลักคิดเศรษฐกิจพอเพียง ดึงคุณค่าวัฒนธรรมและยกระดับภูมิปัญญาท้องถิ่นจนเป็น “ชุมชนกวีวัฒน์” (<https://thaipublica.org/>) โครงการวิจัยนี้สอดคล้องกับนโยบาย BCG ที่ใช้วัสดุหมุนเวียนในชุมชนและสร้างให้เกิดเศรษฐกิจหมุนเวียนในชุมชน

โสภิตา วิศาลศักดิ์กุล และอรวัลภ์อุทัยภานนท์ (2566) ได้วิจัย “สมบัติทางเคมีและกายภาพของภาชนะย่อยสลายได้ทางชีวภาพจากเปลือกกล้วยน้ำว้าเสริมกากกล้วย” พบว่า ภาชนะย่อยสลายได้ทางชีวภาพจากเปลือกกล้วยเสริมกากกล้วยร้อยละ 30 มีคุณสมบัติเหมาะสมสำหรับการนำไปใช้ประโยชน์ ซึ่งภาชนะที่ได้มีสีน้ำตาลขอบและกันภาชนะมีความหนา 1.83 มิลลิเมตร และ 2.03 มิลลิเมตร ตามลำดับ มีค่าการดูดซึมน้ำเท่ากับ 432.87 นาที/มิลลิลิตร มีค่าความต้านทานแรงดึงขาด 32.54 นิวตัน ค่าความต้านทานแรงกดทะลุเท่ากับ 11.28 นิวตัน จากการทดสอบการทนความร้อนของวัสดุ พบว่า วัสดุมีอุณหภูมิเริ่มต้นการสลายตัวที่ 266.40 องศาเซลเซียส มีปริมาณสารที่เปลี่ยนแปลงไปร้อยละ 86.62 จากการวิเคราะห์พื้นผิวภาชนะด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดตามโครงสร้างตัดขวาง พบว่า เส้นใยมีการจับตัวกันเป็นกลุ่มก้อน มีช่องว่างระหว่างชั้นน้อย ภาชนะมีปริมาณจุลินทรีย์เท่ากับ  $1.1 \times 10^2$  CFU/ชิ้น สามารถย่อยสลายได้ภายใน 45 วัน และผู้ตอบแบบสอบถามในกลุ่มผู้บริโภคทั่วไป รวมถึงกลุ่มผู้ประกอบการร้านอาหาร มีความพึงพอใจต่อผลิตภัณฑ์โดยรวมเท่ากับ  $4.73 + 0.45$  และ  $4.40 + 0.55$  ตามลำดับ ซึ่งผลิตภัณฑ์ดังกล่าวมีความเหมาะสมสำหรับนำไปใช้บรรจุอาหารทดแทนการใช้กล่องโฟมที่ไม่สามารถย่อยสลายได้เองในธรรมชาติ และเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรให้มีมูลค่าเพิ่มมากขึ้น

มลสุดา ลิวโรสง (2556) ได้ศึกษาการผลิตภาชนะย่อยสลายได้ทางชีวภาพจากกากกล้วย โดยศึกษาการใช้สายพันธุ์มันสำปะหลังที่ทำได้ง่ายในท้องถิ่น และแป้งมันสำปะหลังในท้องตลาดเป็นตัวประสาน จากการศึกษาพบว่าการใช้แป้งมันสำปะหลังในท้องตลาดเป็นตัวประสานจะทำให้ผลิตภัณฑ์มีคุณสมบัติที่ดีที่สุด

หลักการออกแบบ (Design Principle) การออกแบบคือ กิจกรรมการแก้ปัญหาเพื่อให้บรรลุตามเป้าหมายหรือวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้การออกแบบอย่างเป็นระบบช่วยลดข้อผิดพลาดในการทำงาน กระบวนการออกแบบมี 3 ขั้นตอนหลัก คือ 1) การวิเคราะห์ (Analysis) 2) การสังเคราะห์ (Synthesis) และ 3) การประเมินผล (Evaluation) ในการวิเคราะห์ข้อมูลการออกแบบต้องให้ได้ ความคิดหลักในการออกแบบ (Conceptual Design) หรือเป็นความคิดรวบยอดในการออกแบบ เป็นสิ่งใหม่ ไม่ซ้ำใคร เป็นแนวทางหลักที่จะควบคุมทิศทางการออกแบบไปจนจบ เมื่อได้ความคิดหลักในการออกแบบแล้ว ขั้นตอนต่อไปคือการออกแบบร่าง (Preliminary Design หรือ Sketch Design) เริ่มจากวาดภาพ 2 มิติ แล้วทำหุ่นจำลอง 3 มิติ โดยนำแนวคิดหลักในการออกแบบมาสร้างให้ปรากฏจริง โดยมีหลากหลายแนวทางการแก้ปัญหา หลายแบบให้เลือก เพื่อนำไปปรับปรุงพัฒนาแบบต่อมาเป็นการออกแบบรายละเอียด

(Detail Design) เป็นขั้นตอนสุดท้ายที่สร้างให้เกิดความสมบูรณ์แก่งานออกแบบที่สังเคราะห์ขึ้นมาจากแบบร่างจำนวนมากที่ได้จากแนวความคิดหลัก จะถูกพิจารณาเปรียบเทียบและเลือกเฟ้นแต่เฉพาะแบบร่างที่มีลักษณะเหมาะสมสูงสุดจำนวนหนึ่ง อาจมีเพียง 2-3 แบบ เพื่อนำมาพัฒนาต่อจนถึงขั้นรายละเอียด เพื่อนำไปสร้างเป็นแบบจริง หรือเป็นต้นแบบ (Prototype) และขั้นตอนสุดท้ายคือการประเมินผล เพื่อเป็นการเลือกแบบที่ดีที่สุดและเป็นการได้ข้อมูลการปรับปรุงพัฒนาแบบ การประเมินผลแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ ส่วนที่ประเมินผลทางศิลปะ ส่วนนี้ไม่มีเครื่องมือวัด การวัดจะใช้ความรู้สึกและประสบการณ์ของผู้ประเมิน อีกส่วนเป็นการประเมินทางกายภาพที่สามารถวัดได้ เช่น การรับแรงกดของแก้วที่ออกแบบ เป็นต้น หลักเกณฑ์ในการประเมินมีหัวข้อหลักๆ ดังนี้

- 1) ด้านการออกแบบ (Design Aspect) ประกอบด้วย ประโยชน์ใช้สอยทางกายภาพ (Practical Function) และประโยชน์ใช้สอยทางความงาม (Aesthetic Function)
- 2) ด้านการผลิต (Production Aspect) ประกอบด้วย วัสดุ และกรรมวิธีการผลิต
- 3) ด้านการตลาด (Marketing Aspect) ประกอบด้วย ราคา ลักษณะตรงตามความต้องการของกลุ่มเป้าหมาย แสดงภาพพจน์น่าเชื่อถือ คำนึงถึงปัญหาสิ่งแวดล้อม (นวน้อย บัญวรงค์, 2542)

## วิธีวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง ได้กำหนดตัวแปรต้นคือ วัสดุเหลือทิ้งจากกระบวนการจักสานคล้า ได้แก่ แกนของต้นคล้าและเปลือกด้านในของต้นคล้า ตัวแปรควบคุมคือ การทำให้เกิดเส้นใยเซลลูโลส โดยการต้มกับโซเดียมไฮดรอกไซด์ และไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ และการนำเส้นใยไปทำเป็นแผ่นกระดาษเพื่อขึ้นรูปเป็นงาน ส่วนตัวแปรตามคือการออกแบบบรรจุภัณฑ์และประโยชน์ใช้สอยที่เหมาะสมกับวัสดุที่ทดลองได้ วิธีวิจัยในการวิจัยนี้มีดังนี้

### 1. วิธีวิจัยด้านการทดลองเศษวัสดุเหลือใช้จากงานจักสาน มีดังนี้

1.1) เก็บรวบรวมวัสดุ (แกนหรือไส้ในของต้นคล้า) จากชาวบ้านที่ผลิตกระติบข้าวจากต้นคล้า ที่กลุ่มจักสานคล้า บ้านโคก ตำบลภูธรธาตุ อำเภอหนองนาคำ จังหวัดขอนแก่น

1.2) การทดลองวัสดุในห้องปฏิบัติการ ทดลองแยกเส้นใย สร้างเป็นวัสดุที่นำมาขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์ได้ มีวิธีการดังนี้

1.2.1) นำเศษวัสดุเหลือใช้จากกระบวนการจักสานต้นคล้าซึ่งมีสองลักษณะคือ แกนไส้ในของต้นคล้า และเปลือกด้านในของต้นคล้า นำมาทดลองให้ได้เส้นใยโดยการต้มกับโซเดียมไฮดรอกไซด์ และต้มกับไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ เป็นเวลา 1 ชั่วโมง จะได้เส้นใยจากเปลือกด้านในของต้นคล้า ส่วนแกนไส้ในของต้นคล้าเมื่อต้มแล้วนำไปปั่นด้วยเครื่องปั่นจะได้เส้นใยละเอียดที่นุ่ม

1.2.2) นำเส้นใยจากเปลือกด้านในของต้นคล้า ส่วนแกนไส้ในของต้นคล้าไปผสมกับกาวแป้งเปียกที่ทำจากแป้งมันสำปะหลังผสมน้ำและน้ำส้มสายชู นำไปเทในตระแกรงผึ่งให้หมาดแล้วนำไปอัดเป็นแผ่นด้วยเครื่องอัดไฮดรอลิก แล้วนำไปกดในแม่พิมพ์ ได้ต้นแบบงานจากเส้นใยคล้า

1.3) ทดสอบคุณสมบัติวัสดุ ทดสอบความแข็งแรง คงทนต่อการใช้งาน โดยทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพดังนี้

1.3.1) การทดสอบการกันน้ำ โดยนำต้นแบบทั้ง 2 แบบทดลองการเคลือบกันน้ำด้วยสเปรย์กันน้ำที่สกัดจากวัตถุดิบธรรมชาติ 90% จาก Coconut & Jojoba Oil ในแบบที่ 1 และเคลือบไขผึ้งในแบบที่ 2 แล้วนำไปทดสอบการกันน้ำ

1.3.2) การทดสอบการทนไฟ โดยการทดสอบคุณสมบัติทางความร้อน (TGA) เป็นการศึกษาการสลายตัวของวัสดุตัวอย่างชิ้นงาน ณ อุณหภูมิต่าง ๆ โดยวัดค่าการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักของตัวอย่างชิ้นงานเมื่อได้รับความร้อนภายใต้บรรยากาศที่สามารถควบคุมได้ โดยใช้เครื่อง Thermal Gravimetric Analyzer (TGA) ของศูนย์นวัตกรรมและบริการวิศวกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น โดยการเตรียมตัวอย่างชิ้นงานทดสอบ 10 – 12 มิลลิกรัม ซึ่งการทดสอบอยู่ภายใต้สภาวะบรรยากาศของไนโตรเจน โดยเริ่มที่อุณหภูมิห้อง แล้วเพิ่มอุณหภูมิถึง 100 องศาเซลเซียสภายใน 10 นาที แล้วคงอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียสไว้ 5 นาที จากนั้นเพิ่มอุณหภูมิให้สูงขึ้นคงที่จนถึง 500 องศาเซลเซียส ในเวลา 60 นาที

1.3.3) วิธีการวัด **Tensile Strength** และ **%Elongation at Break** ด้วยเครื่อง Texture Analyzer เป็นการทดสอบความต้านทานแรงดึง โดยใช้เครื่อง Texture analyzer ของห้องปฏิบัติการ สาขาวิชาเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยขอนแก่น เพื่อหาความสามารถของภาชนะที่จะต้านทานแรงดึงซึ่งทำให้ชิ้นงานทดสอบขาดจากรายเดิม โดยเตรียมตัวอย่างชิ้นงาน 3 ชิ้น เพื่อเปรียบเทียบผลการทดสอบ โดยมีตัวอย่างชิ้นงานดังนี้ ตัวอย่างที่ 1 งานเส้นใยเคลือบไขผึ้ง ตัวอย่างที่ 2 งานเส้นใยเคลือบไมเคลือบไขผึ้ง ตัวอย่างที่ 3 งานเยื่อชานอ้อยตราเอโร่ ตัวอย่างชิ้นงานเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาด 30 x 55 mm ทดสอบด้วยความเร็ว 25.2 mm/min โดยการใช้หัววัด Tensile Grips(A/TG) แล้วบันทึกผลที่ได้ โดยตั้งค่าที่เครื่องดังนี้

Method	Tensile test of thin plastic sheet
Test Mode	Tension
Test Speed	25.2 mm/min
Post Test Speed	600 mm/min
Distance	20 mm
Probe	Tensile Grips(A/TG)
Sample test	30 x 55 mm

1.3.4) วิธีการวัด **Burst Strength** และ **Distance to Burst** ด้วยเครื่อง Texture Analyzer เป็นการทดสอบความต้านแรงกดทะลุ โดยใช้เครื่อง Texture analyzer ของห้องปฏิบัติการ สาขาวิชาเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยขอนแก่น เพื่อหาความสามารถของภาชนะที่จะต้านทานแรงกดทะลุ โดยเตรียมตัวอย่างชิ้นงาน 3 ชิ้น เพื่อเปรียบเทียบผลการทดสอบ โดยมีตัวอย่างชิ้นงานดังนี้ ตัวอย่างที่ 1 งานเส้นใยเคลือบไขผึ้ง ตัวอย่างที่ 2 งานเส้นใยเคลือบไมเคลือบไขผึ้ง ตัวอย่างที่ 3 งานเยื่อชานอ้อยตราเอโร่ ตัวอย่างชิ้นงานเป็นวงกลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 5 cm ทดสอบด้วยความเร็ว 1 mm/s แล้วบันทึกผลที่ได้ โดยตั้งค่าที่เครื่องดังนี้

Method	Compression of the burst of white printer paper
Test Mode	Compression
Pre Test Speed	2 mm/s
Test Speed	1 mm/s
Post Test Speed	10 mm/s
Distance	1 0 mm
Probe	5 mm Spherical Probe (P/5s) and Heavy Duty Plate with Hold 90 mm

1.3.5) ทดสอบการย่อยสลายโดยฝังกลบในดิน โดยนำต้นแบบทั้งสองฝังกลบในดิน เมื่อครบ 20 วัน ชูตมาถ่ายภาพบันทึกผล ถ้ายังย่อยสลายไม่หมดบางส่วนที่เหลือฝังดินอีก เมื่อครบ 30 วัน ชูตขึ้นมาถ่ายภาพบันทึกผลอีก

1.4) สร้างวัสดุสำหรับนำไปออกแบบและสร้างต้นแบบผลิตภัณฑ์

## 2) วิจัยด้านการออกแบบบรรจุภัณฑ์อาหารสุขภาพจากเศษวัสดุเหลือใช้จากงานจักสานคล้า มีดังนี้

2.1) ออกแบบเครื่องมือวิจัย และทดสอบเครื่องมือวิจัย

2.2) เก็บข้อมูลผลิตภัณฑ์บรรจุภัณฑ์อาหารที่ทำจากวัสดุธรรมชาติที่มีในท้องตลาด และข้อมูลผู้บริโภคสำหรับการออกแบบ

2.3) วิเคราะห์และสรุปแนวคิดหลักในการออกแบบ

2.4) กระบวนการออกแบบ (ทำแบบร่างและพัฒนาแบบ)

2.5) สร้างต้นแบบเพื่อนำไปทดสอบการใช้งาน

2.6) นำต้นแบบไปประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบบรรจุภัณฑ์ 3 ท่าน

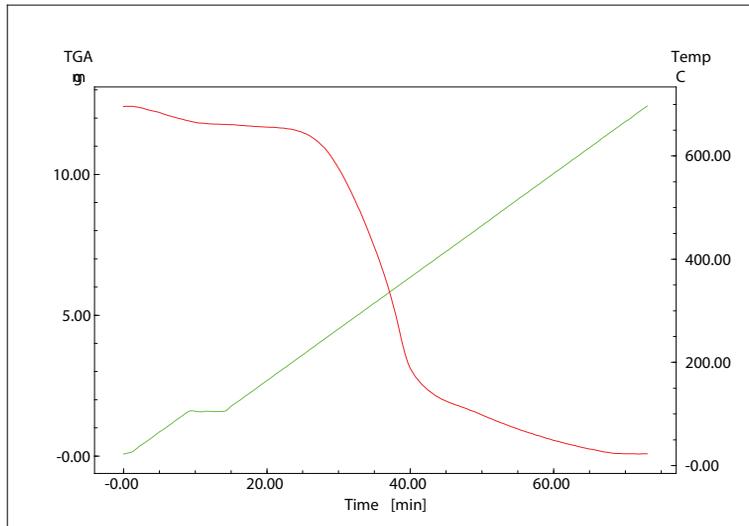
## ผลการวิจัย

ผลการวิจัยมี 2 ด้าน คือ ผลการวิจัยด้านการทดลองวัสดุที่เหมาะสมกับบรรจุภัณฑ์อาหารสุขภาพที่ย่อยสลายได้ และการออกแบบบรรจุภัณฑ์อาหารที่ใหม่ในท้องตลาด

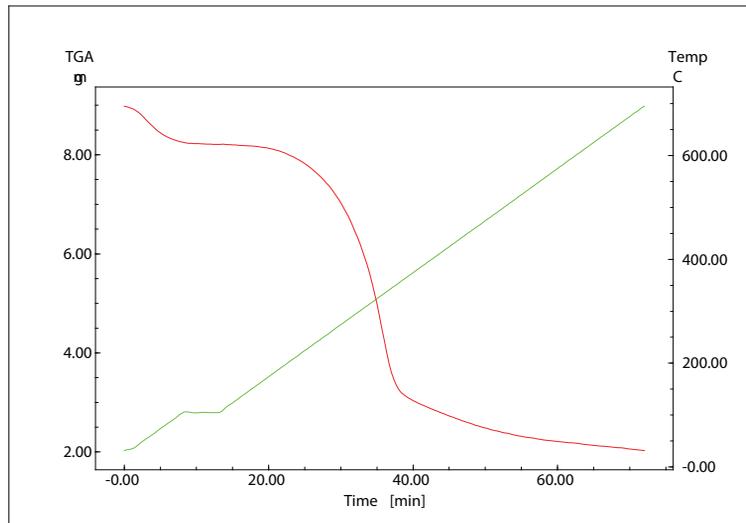
1) ผลการวิจัยด้านวัสดุ นำเศษวัสดุเหลือใช้จากกระบวนการจักสานต้นคล้าซึ่งมีสองลักษณะคือ แกนใส่ในของต้นคล้า และเปลือกด้านในของต้นคล้า นำมาทดลองให้ได้เส้นใยโดยการต้มกับโซเดียมไฮดรอกไซด์ และต้มกับไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ เป็นเวลา 1 ชั่วโมง อัตราส่วนโซเดียมไฮดรอกไซด์ 50 กรัม ต่อน้ำ 10 ลิตร และอัตราส่วนไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์(50%) 100 มิลลิลิตร ต่อน้ำ 10 ลิตร ผลการทดลอง เปลือกด้านในของต้นคล้า ต้มด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ จะได้เส้นใยสีซีด เปลือกด้านในของต้นคล้า ต้มด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ จะได้เส้นใยสีน้ำตาล ส่วนแกนใส่ในของต้นคล้าเมื่อต้มแล้วนำไปปั่นด้วยเครื่องปั่นจะได้เส้นใยละเอียดที่นุ่ม จากนั้นนำเส้นใยจากเปลือกด้านในของต้นคล้า ส่วนแกนใส่ในของต้นคล้าไปผสมกับกาวแป้งเปียกที่ทำจากแป้งมันสำปะหลังผสมน้ำและน้ำส้มสายชู โดยใช้ อัตราส่วน น้ำ 600 มิลลิลิตร แป้งมันสำปะหลัง 40 กรัม น้ำส้มสายชู 20 มิลลิลิตร ต้มด้วยไฟอ่อน ๆ คนจนเป็นน้ำเหนียวข้นพอดี นำไปผสมเส้นใยคลุกเคล้าให้ทั่วกันแล้วนำไปเทในตระแกรงผึ่งให้หมาดแล้วนำไปอัดเป็นแผ่นด้วยเครื่องอัดไฮดรอลิก แล้วนำไปกดในแม่พิมพ์ ได้ต้นแบบงานจากเส้นใยคล้า แล้วนำต้นแบบไปทดสอบคุณสมบัติวัสดุ ทดสอบความแข็งแรง คงทนต่อการใช้งาน โดยทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพดังนี้

ทดสอบการกันน้ำ โดยนำต้นแบบทั้ง 2 แบบทดสอบการเคลือบกันน้ำด้วยสเปรย์กันน้ำที่สกัดจากวัตถุดิบธรรมชาติ 90% จาก Coconut & Jojoba Oil ในแบบที่ 1 และเคลือบไขผึ้งในแบบที่ 2 แล้วนำไปทดสอบการกันน้ำ ผลการทดลองเมื่อนำสเปรย์กันน้ำที่สกัดจากวัตถุดิบธรรมชาติ 90% ไปเคลือบต้นแบบงานจากคล้า แล้วนำไปนำไปทดสอบการกันน้ำผลปรากฏว่ากันน้ำได้ดี และไขผึ้งนำไปให้ความร้อนจนเป็นของเหลวแล้วนำไปเคลือบผิวงานจากคล้าแล้วนำไปทดสอบการกันน้ำผลปรากฏว่ากันน้ำได้ดีเช่นกัน สรุปได้ว่าการสารทั้งสองช่วยให้บรรจุภัณฑ์อาหารงานจากเส้นใยคล้าสามารถใส่อาหารน้ำได้

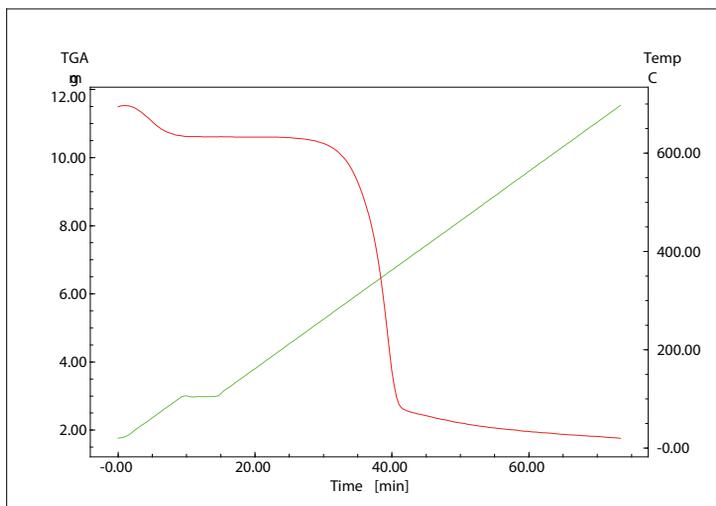
ทดสอบการทนไฟ โดยการทดสอบคุณสมบัติทางความร้อน (TGA) เป็นการศึกษาการสลายตัวของวัสดุตัวอย่างชิ้นงาน ณ อุณหภูมิต่าง ๆ โดยวัดค่าการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักของตัวอย่างชิ้นงานเมื่อได้รับความร้อนภายใต้บรรยากาศที่สามารถควบคุมได้ โดยใช้เครื่อง Thermal Gravimetric Analyzer (TGA) ของศูนย์นวัตกรรมและบริการวิศวกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น โดยการเตรียมตัวอย่างชิ้นงานทดสอบ 10 – 12 มิลลิกรัม ซึ่งการทดสอบอยู่ภายใต้สภาวะบรรยากาศของไนโตรเจน โดยเริ่มที่อุณหภูมิห้อง แล้วเพิ่มอุณหภูมิถึง 100 องศาเซลเซียสภายใน 10 นาที แล้วคงอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียสไว้ 5 นาที จากนั้นเพิ่มอุณหภูมิให้สูงขึ้นคงที่จนถึง 500 องศาเซลเซียส ในเวลา 60 นาที โดยใช้ตัวอย่างชิ้นงาน 3 ชนิด เพื่อเปรียบเทียบ ได้แก่ ตัวอย่างที่ 1 งานเส้นใยคัลลาเคลือบไขผึ้ง ตัวอย่างที่ 2 งานเส้นใยคัลลาไม่เคลือบไขผึ้ง ตัวอย่างที่ 3 งานเยื่อชานอ้อยตราเอโร่ ผลการทดสอบการทนต่อความร้อนด้วยเครื่อง Thermal Gravimetric Analyzer (TGA) แบบที่ 1 เริ่มสลายตัวเมื่อเวลาผ่านไป 26 นาทีที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส แบบที่ 2 เริ่มสลายตัวเมื่อเวลาผ่านไป 26 นาทีที่อุณหภูมิ 220 องศาเซลเซียส (ดังภาพที่ 4-6) สรุปว่างานทั้ง 2 แบบทนความร้อนได้ถึง 200 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 4 ตัวอย่างที่ 1 เริ่มสลายตัวเมื่อเวลาผ่านไป 26 นาทีที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส และสลายตัวอย่างรวดเร็วจนถึงนาทีที่ 42 ที่อุณหภูมิ 400 องศาเซลเซียส จึงสลายตัวข้าง



ภาพที่ 5 ตัวอย่างที่ 2 เริ่มสลายตัวเมื่อเวลาผ่านไป 22 นาทีที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส และสลายตัวอย่างรวดเร็วจนถึงนาทีที่ 38 ที่อุณหภูมิ 350 องศาเซลเซียส จึงสลายตัวช้าลง



ภาพที่ 6 ตัวอย่างที่ 3 เริ่มสลายตัวเมื่อเวลาผ่านไป 32 นาทีที่อุณหภูมิ 275 องศาเซลเซียส และสลายตัวอย่างรวดเร็วจนถึงนาทีที่ 41 ที่อุณหภูมิ 380 องศาเซลเซียส จึงสลายตัวช้าลง

ผลการทดสอบความต้านทานแรงดึง โดยใช้เครื่อง Texture analyzer ของห้องปฏิบัติการ สาขาวิชา เทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยขอนแก่น เพื่อหาความสามารถของภาชนะที่จะต้านทานแรงซึ่ง ทำให้ชิ้นงานทดสอบขาดจากรายเดิม โดยเตรียมตัวอย่างชิ้นงาน 3 ชิ้น เพื่อเปรียบเทียบผลการทดสอบ โดยมีตัวอย่าง ชิ้นงานดังนี้ ตัวอย่างที่ 1 งานเส้นใยคล้าเคลือบไขผึ้ง ตัวอย่างที่ 2 งานเส้นใยคล้าไม่เคลือบไขผึ้ง ตัวอย่างที่ 3 งาน เยื่อชานอ้อยตราเอโร่ ตัวอย่างชิ้นงานเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาด 30 x 55 mm ทดสอบด้วยความเร็ว 25.2 mm/min โดยการใช้อั้ววัด Tensile Grips(A/TG) ผลการทดสอบแรงดึงขาดสูงสุดที่ทำให้ชิ้นงานขาด (Tensile Strength) แบบ

ที่ 1 ได้ค่า  $2.557 \pm 0.904$  (N/mm<sup>2</sup>) แบบที่ 2 ได้ค่า  $1.640 \pm 0.722$  (N/mm<sup>2</sup>), ร้อยละการยืดของชิ้นงานทดสอบที่จุดขาด (%Elongation at Break) แบบที่ 1 ได้ค่า  $1.53 \pm 0.39\%$  แบบที่ 2 ได้ค่า  $1.80 \pm 1.08\%$  (ดังตารางที่ 1)

ผลการทดสอบความต้านแรงกดทะลุ โดยใช้เครื่อง Texture analyzer ของห้องปฏิบัติการ สาขาวิชาเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยขอนแก่น เพื่อหาความสามารถของภาชนะที่จะต้านทานแรงกดทะลุ โดยเตรียมตัวอย่างชิ้นงาน 3 ชิ้น เพื่อเปรียบเทียบผลการทดสอบ โดยมีตัวอย่างชิ้นงานดังนี้ ตัวอย่างที่ 1 จานเส้นใยคล้าเคลือบไขผึ้ง ตัวอย่างที่ 2 จานเส้นใยคล้าไม่เคลือบไขผึ้ง ตัวอย่างที่ 3 จานเยื่อขานอ้อยตราเอโร่ ตัวอย่างชิ้นงานเป็นวงกลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 5 cm ทดสอบด้วยความเร็ว 1 mm/s ความต้านทานแรงดันทะลุ (Burst Strength) แบบที่ 1 ได้ค่า  $34.983 \pm 12.223$  (N) แบบที่ 2 ได้ค่า  $70.085 \pm 18.147$  (N) และระยะห่างที่เจาะทะลุ (Distance to Burst) แบบที่ 1 ได้ค่า  $1.996 \pm 0.242$  (mm) แบบที่ 2 ได้ค่า  $2.935 \pm 0.471$  (mm) (ดังตารางที่ 1) สรุปได้ว่าจานคล้าทั้ง 2 แบบ มีความแข็งแรงไม่ขาดง่ายเมื่อนำไปใช้งาน

ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านกายภาพ จานจากเส้นใยคล้า ด้วยเครื่อง Texture Analyzer

Sample	Tensile Strength (N/mm <sup>2</sup> )	%Elongation at break	Burst Strength (N)	Distance to Burst (mm)
1. จานเส้นใยคล้าเคลือบไขผึ้ง	$1.640 \pm 0.722$	$1.80 \pm 1.08$	$70.085 \pm 18.147$	$2.935 \pm 0.471$
2. จานเส้นใยคล้าไม่เคลือบไขผึ้ง	$2.557 \pm 0.904$	$1.53 \pm 0.39$	$34.983 \pm 12.223$	$1.996 \pm 0.242$
3. จานเยื่อขานอ้อยตราเอโร่	$117.469 \pm 47.043$	$2.53 \pm 0.65$	$25.889 \pm 9.205$	$1.350 \pm 0.091$

ผลการทดสอบการย่อยสลายโดยฝังกลบในดิน โดยนำต้นแบบทั้งสองฝังกลบในดิน เมื่อครบ 20 วัน ชุมมาถ่ายภาพบันทึกผล ถ้ายังย่อยสลายไม่หมดนำส่วนที่เหลือฝังดินอีก เมื่อครบ 30 วันชุดขึ้นมาถ่ายภาพบันทึกผลอีก ได้ผลคือ การย่อยสลายโดยฝังกลบในดิน แบบที่ 1 จานแกนต้นคล้าไม่เคลือบไขผึ้ง ย่อยสลายหมดภายใน 30 วัน แบบที่ 2 จานเปลือกด้านในของต้นคล้าเคลือบไขผึ้ง ย่อยสลายหมดภายใน 35 วัน (ดังภาพที่ 7 )



ภาพที่ 7 นำจานคล้าไปฝังดิน ทดสอบการย่อยสลายเมื่อเวลาผ่านไป 20 วัน และ 30 วัน (ที่มาภาพ : ผู้แต่ง)

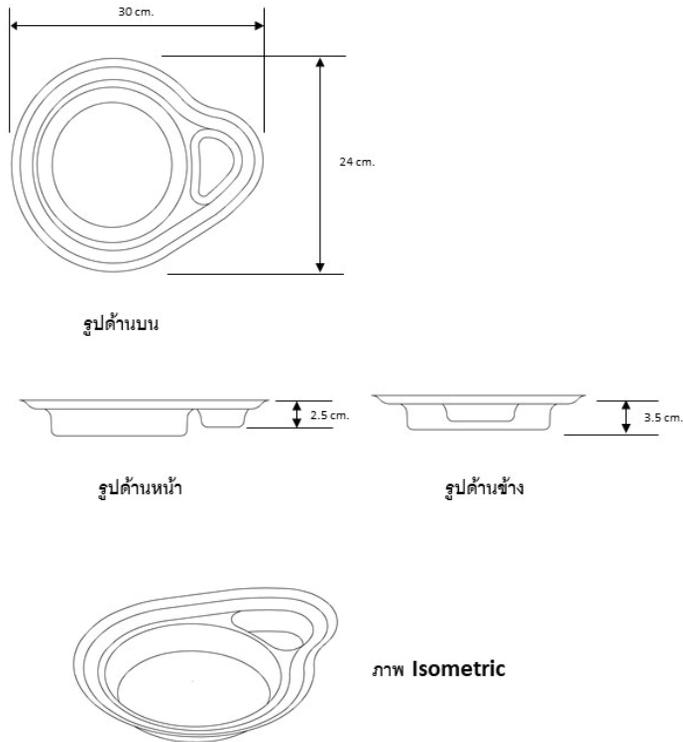
## 2) ผลการออกแบบ

2.1) การวิเคราะห์การออกแบบ จากข้อมูลผลิตภัณฑ์ที่มีในท้องตลาด จะมีบรรจุภัณฑ์อาหารที่ทำจากเยื่อพืชธรรมชาติ หรือทำจากเยื่อชานอ้อย ผลิตโดยเครื่องจักรขนาดใหญ่ ชาวบ้านหรือกลุ่มวิสาหกิจไม่สามารถผลิตแบบนี้ได้ ส่วนตัวอย่างงานกาบหมาก และงานจากใบสีก เป็นผลิตภัณฑ์ที่ผลิตโดยกลุ่มชาวบ้านวิสาหกิจชุมชน ที่ใช้เครื่องจักรขนาดเล็ก ชาวบ้านสามารถลงทุนได้ และใช้วัตถุดิบในท้องถิ่น มีต้นทุนต่ำ แนวทางในจึงเหมาะกับโครงการวิจัยนี้ จากบรรจุภัณฑ์อาหาร งาน ชาม ที่มีในท้องตลาด ด้านการใช้งานจะเห็นได้ว่ายังขาดช่องสำหรับใส่ น้ำจิ้ม ซอส หรือพริกน้ำปลา ซึ่งจำเป็นอย่างมากสำหรับอาหารทุกประเภท ดังนั้นจึงเป็นช่องทางในการออกแบบที่จะเพิ่มประโยชน์ใช้สอยนี้ และออกแบบรูปทรงให้แตกต่างจากที่มีในท้องตลาด ผลการออกแบบในขั้นแรกคือ แบบร่าง (Sketch Design) ดังนี้

การออกแบบบรรจุภัณฑ์อาหารที่ย่อยสลายได้จากแกนต้นคล้าวัลดูหรือกึ่ง  
 อนุสัทธิ์ จีนทาร์ และ เซลลูโลส พรหมสาขา ณ สกลนคร



ภาพที่ 8 แบบร่างการออกแบบ (Sketch Design)



ภาพที่ 9 แบบที่พัฒนา และเขียนแบบDrawing เพื่อนำไปทำต้นแบบ

## 2.2) สร้างต้นแบบเพื่อนำไปทดสอบการใช้งาน



ภาพที่ 10 สร้างแม่พิมพ์ปูนพลาสติกสำหรับการขึ้นรูปต้นแบบงานจากเส้นใยคัล่า



ภาพที่ 11 ผลงานต้นแบบ จานจากเส้นใยกล้วย แบบที่ 1 เส้นใยกล้วยจากเปลือกด้านในของต้นกล้วย เคลือบไขผึ้ง  
แบบที่ 2 เส้นใยกล้วยจากแกนไส้ในของต้นกล้วย เคลือบสเปรย์กันน้ำ



ภาพที่ 12 การทดสอบการใช้งานจริง

ผลการประเมิน โดยมีข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญดังนี้

- เป็นงานวิจัยที่ดี อีกทั้งขับเคลื่อนนวัตกรรมที่ใส่ใจต่อปัญหาสิ่งแวดล้อม การนำเศษวัสดุกลับมาซ้ำได้  
ใหม่ ข้อเสนอแนะควรเพิ่มการใช้งานที่หลากหลายมากขึ้น เช่น ชุดลดคาเฟ่ (รูปแบบหลากหลาย ที่จัดเก็บได้ง่าย)  
ชุดอาหารเช้า (เพิ่มช่องใส่อาหาร) เพิ่มเครื่องดื่มได้ รอบ ๆ ข้าวอาจมีที่ปักสำหรับกันหก และมีที่จับที่เหมาะสมในการ  
ใช้งานแต่ละประเภท ควรมีขนาดที่หลากหลาย เล็ก กลาง ใหญ่

- แบบที่ 1 ถ้าเป็นภาชนะใส่อาหารอาจยังดูไม่หน้ารับประทาน แต่มี Texture ที่ดูหน้าสนใจ น่าปรับหรือ  
พัฒนาไปใช้ประโยชน์ในการเป็นภาชนะรองรับรูปแบบอื่น ๆ นอกจากอาหารได้ ส่วนแบบที่ 2 วัสดุเมื่อเคลือบแล้วผิว

มีความเรียบลื่นขึ้น และมีความคงทนเพิ่มขึ้น ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์สู่การใช้ประโยชน์ในเชิงพาณิชย์ผลิตภัณฑ์มีภาพลักษณ์ที่ชัดเจนในการเป็นผลิตภัณฑ์เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม อาจพัฒนาเพิ่มเติมในด้านภาพลักษณ์ที่มองดูสะอาดปลอดภัย น่ารับประทาน เป็นต้น

- แบบที่ 1 มีน้ำหนักและความหนาที่เหมาะสมกับการขนย้าย เมื่อต้องวางซ้อนกันหลาย ๆ ชั้น ส่วน แบบที่ 2 ถ้าเปรียบเทียบกับไม่เคลือบไขผึ้ง แบบเคลือบไขผึ้งดูไม่น่ารับประทาน อาจเพราะความหนาของไขผึ้ง และมาน้ำหนักมากเมื่อเทียบกับแบบแรก

### สรุปผลการวิจัย

ผลการวิจัยด้านวัสดุได้วัสดุ 2 ลักษณะคือ ได้เส้นใยเป็นเส้นยาว และได้เส้นใยเล็กละเอียด นำไปเป็นวัตถุดิบในการผลิตต้นแบบ โดยผลการออกแบบเลือกแบบงานที่ออกแบบให้มีช่องสำหรับใส่ ซอส พริกน้ำปลา หรือน้ำจิ้มทำแม่พิมพ์และทำต้นแบบ นำต้นแบบไปทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ ได้ผลคือ การย่อยสลายโดยฝังกลบในดิน แบบที่ 1 งานแกนต้นกล้าไม่เคลือบไขผึ้ง ย่อยสลายหมดภายใน 30 วัน แบบที่ 2 งานเปลือกด้านในของต้นกล้าเคลือบไขผึ้ง ย่อยสลายหมดภายใน 35 วัน ผลการทดสอบ การทนต่อความร้อนด้วยเครื่อง Thermal Gravimetric Analyzer (TGA) แบบที่ 1 เริ่มสลายตัวเมื่อเวลาผ่านไป 26 นาทีที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส แบบที่ 2 เริ่มสลายตัวเมื่อเวลาผ่านไป 26 นาทีที่อุณหภูมิ 220 องศาเซลเซียส สรุปว่างานทั้งสองแบบทนความร้อนได้ถึง 200 องศาเซลเซียส ผลการทดสอบแรงดึงขาดสูงสุดที่ทำให้ชิ้นงานขาด (Tensile Strength) แบบที่ 1 ได้ค่า  $2.557 \pm 0.904$  (N/mm<sup>2</sup>) แบบที่ 2 ได้ค่า  $1.640 \pm 0.722$  (N/mm<sup>2</sup>), ร้อยละการยืดของชิ้นงานทดสอบที่จุดขาด (%Elongation at Break) แบบที่ 1 ได้ค่า  $1.53 \pm 0.39\%$  แบบที่ 2 ได้ค่า  $1.80 \pm 1.08\%$ , ความต้านทานแรงดันทะลุ (Burst Strength) แบบที่ 1 ได้ค่า  $34.983 \pm 12.223$  (N) แบบที่ 2 ได้ค่า  $70.085 \pm 18.147$  (N) และระยะห่างที่เจาะทะลุ (Distance to Burst) แบบที่ 1 ได้ค่า  $1.996 \pm 0.242$  (mm) แบบที่ 2 ได้ค่า  $2.935 \pm 0.471$  (mm) สรุปได้ว่างานกล้าทั้งสองแบบ มีความแข็งแรงไม่ขาดง่ายเมื่อนำไปใช้งาน และได้ทดลองการเคลือบกันน้ำด้วยสเปรย์กันน้ำที่สกัดจากวัตถุดิบธรรมชาติ 90% จาก Coconut & Jojoba Oil ในแบบที่ 1 และเคลือบไขผึ้งในแบบที่ 2 ผลการทดลองทั้งสองแบบกันน้ำได้ดีมาก สามารถบรรจุอาหารน้ำได้ และผลประเมินจากผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน สรุปได้ว่า ต้นแบบงานวิจัย งานจากเส้นใยคล้ามีพื้นผิวที่ไม่เหมาะสมกับบรรจุภัณฑ์อาหาร แต่มีพื้นผิวที่น่าสนใจมีความเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมสามารถนำไปทำเป็นผลิตภัณฑ์อื่น ๆ ได้หลากหลาย

### อภิปรายผลการวิจัย

ผลการออกแบบด้านวัสดุ นำไปทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ ได้ผลคือ การย่อยสลายโดยฝังกลบในดินแบบที่ 1 งานแกนต้นกล้าไม่เคลือบไขผึ้ง ย่อยสลายหมดภายใน 30 วัน แบบที่ 2 งานเปลือกด้านในของต้นกล้าเคลือบไขผึ้ง ย่อยสลายหมดภายใน 35 วัน เมื่อเทียบกับงานจากวัสดุธรรมชาติที่มีอยู่ในท้องตลาด เช่น งานตราเอโร่ หรือตราเกรซ จะย่อยสลายได้ภายใน 45 วัน ซึ่งงานจากเส้นใยคล้าใช้เวลาย่อยสลายได้เร็วกว่า

ผลการทดสอบ การทนต่อความร้อนด้วยเครื่อง Thermal Gravimetric Analyzer (TGA) แบบที่ 1 เริ่มสลายตัวเมื่อเวลาผ่านไป 26 นาทีที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส แบบที่ 2 เริ่มสลายตัวเมื่อเวลาผ่านไป 26 นาทีที่อุณหภูมิ 220 องศาเซลเซียส สรุปว่างานทั้งสองแบบทนความร้อนได้ถึง 200 องศาเซลเซียส เมื่อเทียบกับงานจากวัสดุธรรมชาติที่มีอยู่ในท้องตลาด เช่น งานตราเฟสต์ ไบโอบี (Fest Bio) ทนความร้อนได้ 180 องศาเซลเซียส ซึ่งงาน



ข้อเสนอแนะในหัวข้อการทำวิจัยครั้งต่อไปคือ การพัฒนาเส้นใยคั่ววัสดุเหลือทิ้งเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ที่เหมาะสม เช่น กระจ่าง ของใช้ ของแต่งบ้าน เป็นต้น

## กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับงบประมาณสนับสนุนจากทุนสนับสนุนมูลฐาน Fundamental Fund : FF ของมหาวิทยาลัยขอนแก่น และกองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (กองทุนส่งเสริม ววน.)

## เอกสารอ้างอิง

- นวนน้อย บุญวงศ์. (2542). **หลักการออกแบบ**. พิมพ์ครั้งที่ 2, กรุงเทพมหานคร : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- มลสุดา ลิวโรสง. (2556). **การผลิตภาชนะย่อยสลายได้ทางชีวภาพจากกากกล้วย**. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี สุรนารี. วิชา สุโรจโสภิตา วิชาลศศักดิ์กุล และอรวรรณ์ อุปถัมภานนท์. (2566). การศึกษาสมบัติทางเคมีและกายภาพของภาชนะย่อยสลายได้ทางชีวภาพจากเปลือกกล้วยน้ำว่าเสริมกากกล้วย. **วารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์** ปีที่ 18 ฉบับที่ 1 (มกราคม – เมษายน พ.ศ. 2566)
- มูลนิธิสถาบันสิ่งแวดล้อมไทย. (22 พฤษภาคม 2563). **ขยะ พลาสติกพุ่งกว่า 60% ในช่วงโควิด - 19**. สืบค้นเมื่อ 12 ธันวาคม 2566, จาก [http://www.tei.or.th/th/blog\\_detail.php?blog\\_id=49](http://www.tei.or.th/th/blog_detail.php?blog_id=49)
- ตุลยา สวนสันต์. (19 พฤษภาคม 2563). **ภาชนะ Eco**. สืบค้นเมื่อ 12 ธันวาคม 2566, จาก <https://www.urbancreature.co/eco-packaging>
- สำนักข่าวอิสรา. (17 พฤศจิกายน 2559). **ประเทศไทย 4.0**. สืบค้นเมื่อ 12 ธันวาคม 2566, จาก <https://www.isranews.org/>
- ThaiPublica. (25 กุมภาพันธ์ 2565). **เศรษฐกิจ BCG สู่ประเทศไทยที่ยั่งยืน**. สืบค้นเมื่อ 12 ธันวาคม 2566, จาก <https://www.thaipublica.org>

