DOI : 10.14456/bei.2024.10

การออกแบบบรรจุภัณฑ์อาหารที่ย่อยสลายได้จากแกนต้นคล้าวัสดุเหลือทิ้ง

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 เพื่อทดลองวัสดุและออกแบบบรรจุภัณฑ์อาหารจากเศษวัสดุเหลือใช้จากกระบวนการจักสานต้นคล้า วิธีวิจัยด้านทดลองวัสดุ นำเศษวัสดุเหลือใช้จากกระบวนการจักสานต้นคล้าซึ่งมีสองลักษณะคือ แกนใส้ในของต้นคล้า และเปลือกด้านในของต้นคล้า นำมาทดลองให้ได้เส้นใยโดยการต้มกับโซเดียมไฮดร็อกไซด์และต้มกับไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ เป็นเวลา 1 ชั่วโมง จะได้เส้นใยจากเปลือกด้านในของต้นคล้า ส่วนแกนใส้ในของต้นคล้าเมื่อต้มแล้วนำไปปั่นด้วยเครื่องปั่นจะได้เส้นใยละเอียดที่นุ่ม นำไปผสมกับกาวแป้งเปียกที่ทำจากแป้งมันสัมปะหลังผสมน้ำและน้ำส้มสายชู นำไปเทในตระแกรงผึ่งให้หมาดแล้วนำไปอัดเป็นแผ่นด้วยเครื่องอัดไฮดรอลิกแล้วนำไปกดในแม่พิมพ์ ได้ต้นแบบจานจากเส้นใยคล้า นำไปทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ แล้วประเมินต้นแบบโดยผู้เชี่ยวชาญ

ผลการวิจัยด้านวัสดุได้วัสดุ 2 ลักษณะคือ ได้เส้นใยเป็นเส้นยาว และได้เส้นใยเล็กละเอียด นำไปเป็นวัตถุดิบในการผลิตต้นแบบ โดยผลการออกแบบเลือกแบบจานที่ออกแบบให้มีช่องสำหรับใส่ ซอส พริกน้ำปลา หรือ น้ำจิ้ม ทำแม่พิมพ์และทำต้นแบบ นำต้นแบบไปทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ ได้ผลคือ การย่อยสลายโดยฝังกลบในดิน แบบที่ 1 จานแกนต้นคล้าไม่เคลือบไขผึ้ง ย่อยสลายหมดภายใน 30 วัน แบบที่ 2 จานเปลือกด้านในของต้นคล้าเคลือบไขผึ้ง ย่อยสลายหมดภายใน 35 วัน ผลการทดสอบ การทนต่อความร้อนด้วยเครื่อง Thermal Gravimetric Analyzer (TGA) แบบที่ 1 เริ่มสลายตัวเมื่อเวลาผ่านไป 26 นาทีที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส แบบที่ 2 เริ่มสลายตัวเมื่อเวลาผ่านไป 26 นาทีที่อุณหภูมิ 220 องศาเซลเซียส สรุปว่าจานทั้งสอบแบบทนความร้อนได้ถึง 200 องศาเซลเซียส ผลการทดสอบแรงดึงขาดสูงสุดที่ทำให้ชิ้นงานขาด (Tensile Strength) แบบที่ 1 ได้ค่า 2.557±0.904 (N/mm^2) แบบที่ 2 ได้ค่า 1.640±0.722 (N/mm^2), ร้อยละการยืดของชิ้นงานทดสอบที่จุดขาด (%Elongation at Break) แบบที่ 1 ได้ค่า 1.53±0.39% แบบที่ 2 ได้ค่า 1.80±1.08%, ความต้านทานแรงดันทะลุ (Burst Strength) แบบที่ 1 ได้ค่า 34.983±12.223 (N) แบบที่ 2 ได้ค่า 70.085±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

แบบที่ 1 ได้ค่า 1.996±0.242 (mm) แบบที่ 2 ได้ค่า 2.935±0.471 (mm) สรุปได้ว่าจานคล้าทั้งสองแบบ มีความแข็งแรง ไม่ขาดง่ายเมื่อนำไปใช้งาน และได้ทดลองการเคลือบกันน้ำด้วยสเปรย์กันน้ำที่สกัดจากวัตถุดิบธรรมชาติ 90% จาก Coconut & Jojoba Oil ในแบบที่ 1 และเคลือบไขผึ้งในแบบที่ 2 ผลการทดลองทั้งสองแบบกันน้ำได้ดีมาก สามารถบรรจุอาหารน้ำได้ และผลประเมินจากผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน สรุปได้ว่า ต้นแบบงานวิจัย จานจากเส้นใยคล้ามีพื้นผิวที่ไม่เหมาะกับบรรจุภัณฑ์อาหาร แต่มีพื้นผิวที่น่าสนใจมีความเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมสามารถนำไปทำเป็นผลิตภัณฑ์อื่น ๆ ได้หลากหลาย

Abstract

This research aims to test the materials and design the biodegradable health food packaging from leftover materials from the Marantaceae basketry process. For the material testing research process, the leftover materials from the Marantaceae basketry process were acquired, consisting of two types, the inner core, and the inner bark of the plants. The experimental process was conducted to acquire the fibers by boiling with sodium hydroxide for one hour, which produced the fiber from the inner bark of the plant. The inner core was blended with a blender after being boiled, producing soft fibers. The fibers were mixed with wet paste glue made from cassavas, water, and vinegar. The mixture was poured into the sieve to dry and press into sheets with a hydraulic press. The sheets were pressed using a mold into the prototypes for Maractaceae plates, which were tested for their physical characteristics and evaluated by the experts.

The research resulted in two types of materials, long fibers, and fine fibers, which were used to produce the prototypes. The design result chosen was a plate with a compartment for putting sauce, fish sauce with chili peppers, or dipping sauce. The mold and prototype were created. The prototype was tested for its physical characteristics, which was the decomposition by burying in the soil. The first type consists of Marantaceae plate without beeswax coating, which decomposed within 30 days. The second type consists of Marantaceae plate with beeswax coating, which decomposed within 35 days. The result for heat resistance using the Thermal Gravimetric Analyzer (TGA), the first type decomposed after 26 minutes at the temperature of 200 degree Celsius and the second type decomposed after 26 minutes at the temperature of 220 degree Celsius. In conclusion, both types of plates endure heat up to 200 degrees Celsius. As for the tensile strength test, the first type has the value of 2.557±0.904 (N/mm^2) while the second type has the value of 1.640±0.722 (N/mm^2). For the elongation at break, the first type has the value of 1.53±0.39% and the second type has the value of 1.80±1.08%. For the burst strength, the first type has the value of 34.983±12.223 (N) and the second type has the value of 70.085±18.147 (N). In terms of the distance to burst, the first type has the value of 1.996±0.242 (mm) and the second type has the value of 2.935±0.471 (mm). It can be concluded that both types of plates is strong and will not break easily when used. The plates were also tested with the water resistance spray

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 intersting texture. It is environmentally friendly and versatile for various other product applications.

คำสำคัญ: การออกแบบบรรจุภัณฑ์ บรรจุภัณฑ์อาหาร ต้นคล้า วัสดุเหลือทิ้ง
Keywords: Packaging Design, Biodegradable Food Packaging, Marantaceae Plant, Waste Materials

บทนำ

ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ชาวบ้านได้นำต้นคล้ามาจักสานเป็นกระติบข้าวเหนียว ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในชีวิตประจำวันของชาวอีสานที่ขาดไม่ได้ (ดังภาพที่ 1-2) ในจังหวัดขอนแก่นมีหมู่บ้านที่ทำกระติบข้าวเหนียวอยู่ที่บ้านโคก ตำบลกุดธาตุ อำเภอหนองนาคำ จังหวัดขอนแก่น ซึ่งทำกันทั้งหมู่บ้าน ประมาณ 70 หลังคาเรือน และมีการรวมกลุ่มกันเป็นวิสาหกิจชุมชน (OTOP 2 ดาว) มีสมาชิก 40 คนการทำกระติบข้าวเหนียวทำโดยนำต้นคล้ามาผ่าเอาแต่เปลือก ส่วนแกนหรือใส้ใน นำไปทิ้งหรือนำไปทำปุ๋ย ซึ่งมีปริมาณมาก (ดังภาพที่ 3) ต้นคล้านี้กลุ่มชาวบ้านซื้อมาจากเกษตรผู้ปลูกคล้าราคากิโลกรัมละ 4.5 บาท ยังไม่มีหน่วยงานใดคิดนำแกนหรือใส้ในคล้าที่เป็นเศษวัสดุเหลือทิ้งไปสร้างประโยชน์หรือสร้างมูลค่าเพิ่ม ผู้วิจัยเล็งเห็น ว่าแกนหรือใส้ในของคล้านี้มีเส้นใยธรรมชาติที่มากพอ สามารถนำมาทำเป็นบรรจุภัณฑ์ใส่อาหารได้ซึ่งบรรจุภัณฑ์อาหารส่วนใหญ่ที่ใช้กันมายาวนานจนกระทั่งปัจจุบันทำด้วยพลาสติก ทำให้เกิดปัญหาขยะที่เพิ่มขึ้นมากมายและย่อยสลายได้ยาก เกิดเป็นมลภาวะและเป็นปัญหาสิ่งแวดล้อมของทั่วโลก

มูลนิธิสถาบันสิ่งแวดล้อมไทย (2563) รายงานว่า ในช่วงโควิด-19 พบว่าเขตเมืองต่างๆ ทั้งกรุงเทพมหานครและเมืองท่องเที่ยวอื่นๆ ต่างก็มีปริมาณขยะรวมลดลง แต่โดยรวมสัดส่วนขยะพลาสติกเพิ่มขึ้นในเกือบทุกเมือง โดยเฉพาะจากการสั่งอาหารรูปแบบเดลิเวอรี่ (Food delivery) ส่งถึงที่บ้านหรือที่ทำงานซึ่งมีหลายจังหวัดในประเทศไทย สิ่งที่ตามมา คือ ขยะพลาสติกที่มีปริมาณเพิ่มขึ้นจากกิจกรรมดังกล่าวด้วย ขยะจากการส่งอาหารประกอบด้วยบรรจุภัณฑ์หีบห่อและอุปกรณ์ ได้ก่อให้เกิดขยะพลาสติกไม่น้อยกว่า 5 ชิ้นต่อการสั่งอาหารแต่ละครั้งได้แก่ ถุงพลาสติก กล่องกระดาษใส่อาหารกล่องพลาสติกใส่ อาหารกล่องพลาสติก/ซองพลาสติกแยกชนิดอาหาร ซองเครื่องปรุงรส แก้วพลาสติกใส่เครื่องดื่ม ตะเกียบไม้หรือพลาสติก ช้อนและส้อมพลาสติก พร้อมซองพลาสติกใส่ตะเกียบหรือช้อน กระดาษทิชชูเป็นต้น ขยะพลาสติกจาก Food delivery การบริการอาหารในรูปแบบเดลิเวอรี่ (Food delivery) เริ่มเติบโตมาแล้วระยะหนึ่ง พร้อม ๆ กับการ เติบโตของระบบ Online Shopping ซึ่งมีการขยายตัวชัดเจนมาตั้งแต่ 2-3 ปีที่ผ่านมาในกรุงเทพและปริมลฑล รวมทั้งเมืองใหญ่ต่าง ๆ เนื่องจากผู้บริโภคต้องการความสะดวกสบายมากขึ้น มีความก้าวหน้าด้านเทคโนโลยี และการเดินทางที่ไม่สะดวก ก่อนหน้านี้ มีการคาดกันว่าจะเติบโตประมาณปีละ 10 -20 % ในภาวการณ์ปกติแต่ในช่วงโควิด-19 และการประกาศภาวะฉุกเฉินในเดือนมีนาคมและเมษายน 2563จึงมีการเติบโตมากกว่า 100 % (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 จึงมีราคาที่สูงกว่าบรรจุภัณฑ์จากโฟมพลาสติกที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบันหลายเท่า นอกจากนั้นยังมีการคิดค้น บรรจุภัณฑ์ใส่อาหารจากวัสดุธรรมชาติที่ผสมกับพลาสติกชีวภาพ (Biodegradable Plastic) เช่นบรรจุภัณฑ์อาหารที่ทำจากใบตองตึง ใบบัว ใบสัก ใบทองกวาว ชานอ้อย เป็นต้น ซึ่งมีอายุการย่อยสลายหลายวัน ไม่ย่อยสลายทันที เกิดการสะสมเป็นขยะมากมาย (https://urbancreature.co/eco-packaging)

จากปัญหาดังกล่าว งานวิจัยนี้จึงมีแนวคิดที่จะนำวัสดุธรรมชาติเหลือทิ้งจากกระบวนการจักสาน ซึ่งเป็นวัสดุที่ไม่มีมูลค่าหรือมีมูลค่าต่ำนำกลับมาใช้อีก เป็นการลดต้นทุนในการผลิตบรรจุภัณฑ์ทดแทนโฟมพลาสติก ในการวิจัยจะมุ่งเน้นในการใช้วัสดุแกนของต้นคล้า ซึ่งเป็นวัสดุเหลือทิ้งจากการผลิตเครื่องจักสานของกลุ่มชาวบ้าน บ.โคก ต.กุดธาตุ อ.หนองนาคำ จ.ขอนแก่น โดยนำมาทดลองวัสดุแล้วออกแบบและผลิตเป็นบรรจุภัณฑ์สำหรับอาหารสุขภาพที่มีคุณสมบัติตามมาตรฐาน ใช้งานได้เทียบเท่ากับบรรจุภัณฑ์ในท้องตลาด แต่มีราคาต่ำกว่า และถ่ายทอดเทคโนโลยีให้กลุ่มชาวบ้านสามารถผลิตได้

ภาพที่ 1 ต้นคล้าและชาวสวนตัดต้นคล้าที่ปลูกในนา (ภาพถ่ายโดย : ผู้แต่ง)

ภาพที่ 2 ผ่าต้นคล้าลอกเอาแต่เปลือกแล้วใช้มีดเหลาให้บางเอาเนื้อในออก นำไปสานกระติ๊บข้าวเหนียว (ภาพถ่ายโดย : ผู้แต่ง)

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

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อทดลองวัสดุจากเศษวัสดุเหลือใช้จากกระบวนการจักสานต้นคล้า ที่เหมาะสมกับบรรจุภัณฑ์อาหารสุขภาพที่ย่อยสลายได้
2. เพื่อออกแบบบรรจุภัณฑ์อาหารสุขภาพจากผลการทดลองวัสดุจากเศษวัสดุเหลือใช้จากกระบวนการจักสานต้นคล้า

ทบทวนแนวคิดที่เกี่ยวข้อง และทบทวนวรรณกรรม

จากนโยบายของชาติด้าน เศรษฐกิจสร้างสรรค์ และ ประเทศไทย 4.0 สืบเนื่องจากประเทศไทย ในปัจจุบันอยู่ในกับดักรายได้ปานกลางและในอนาคตจะกลายเป็นสังคมผู้สูงอายุเต็มรูปแบบ 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 นำมามาทดลองให้ได้วัสดุที่เหมาะสมกับการออกแบบเป็นบรรจุภัณฑ์อาหารสุขภาพ ที่นำไปใช้ประโยชน์เชิงพาณิชย์ได้ เป็นนวัตกรรมและช่วยเหลือชุมชน เพื่อทำให้สังคมและระบบนิเวศวิทยาดีขึ้นอย่างยั่งยืน

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

โสภิดา วิศาลศักดิ์กุล และอรวัลภ์อุปถัมภานนท์ (2566) ได้วิจัย “สมบัติทางเคมีและกายภาพของภาชนะย่อยสลายได้ทางชีวภาพจากเปลือกกล้วยน้ำว้าเสริมกาบกล้วย” พบว่า ภาชนะย่อยสลายได้ทางชีวภาพจากเปลือกกล้วยเสริมกาบกล้วยร้อยละ 30 มีคุณสมบัติเหมาะสมสำหรับการนำไปใช้ประโยชน์ ซึ่งภาชนะที่ได้มีสีน้ำตาล ขอบและก้นภาชนะมีความหนา 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 1.1x102 CFU/ชิ้น สามารถย่อยสลายได้ภายใน 45 วัน และผู้ตอบแบบสอบถามในกลุ่มผู้บริโภคทั่วไป รวมถึงกลุ่มผู้ประกอบการร้านอาหาร มีความพึงพอใจต่อผลิตภัณฑ์โดยรวมเท่ากับ 4.73 + 0.45 และ 4.40 + 0.55 ตามลำดับ ซึ่งผลิตภัณฑ์ดังกล่าวมีความเหมาะสมสำหรับนำไปใช้บรรจุอาหารทดแทนการใช้กล่องโฟมที่ไม่สามารถย่อยสลายได้เองในธรรมชาติ และเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรให้มีมูลค่าเพิ่มมากขึ้น

มลสุดา ลิวไธสง (2556) ได้ศึกษาการผลิตภาชนะย่อยสลายได้ทางชีวภาพจากกาบกล้วย โดยศึกษาการใช้สายพันธุ์มันสำปะหลังที่หาได้ง่ายในท้องถิ่น และแป้งมันสำปะหลังในท้องตลาดเป็นตัวประสาน จากการศึกษาพบว่าการใช้แป้งมันสำปะหลังในท้องตลาดเป็นตัวประสานจะทำให้ผลิตภัณฑ์มีคุณสมบัติดีที่สุด

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 การรับแรงกดของเก้าอี้ที่ออกแบบ 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 (นวลน้อย บุญวงษ์, 2542)

วิธีวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง ได้กำหนดตัวแปรต้นคือ วัสดุเหลือทิ้งจากกระบวนการจักสานคล้า ได้แก่ แกนของต้นคล้าและเปลือกด้านในของต้นคล้า ตัวแปรควบคุมคือ การทำให้เกิดเส้นใยเซลลูโลส โดยการต้มกับโซเดียมไฮดร็อกไซด์ และไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ และการนำเส้นใยไปทำเป็นแผ่นกระดาษเพื่อขึ้นรูปเป็นจาน ส่วนตัวแปรตามคือการออกแบบรูปทรงและประโยชน์ใช้สอยที่เหมาะสมกับวัสดุที่ทดลองได้ วิธีวิจัยในการวิจัยนี้มีดังนี้

1. วิธีวิจัยด้านการทดลองเศษวัสดุเหลือใช้จากงานจักสาน มีดังนี้

1.1) เก็บรวบรวมวัสดุ (แกนหรือใส้ในของต้นคล้า) จากชาวบ้านที่ผลิตกระติบข้าวจากต้นคล้า ที่กลุ่มจักสานคล้า บ้านโคก ตำบลกุดธาตุ อำเภอหนองนาคำ จังหวัดขอนแก่น

1.2) การทดลองวัสดุในห้องปฏิบัติการ ทดลองแยกเส้นใย สร้างเป็นวัสดุที่นำมาขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์ได้ มีวิธีการดังนี้

1.2.1) นำเศษวัสดุเหลือใช้จากกระบวนการจักสานต้นคล้าซึ่งมีสองลักษณะคือ แกนใส้ในของต้นคล้า และเปลือกด้านในของต้นคล้า นำมาทดลองให้ได้เส้นใยโดยการต้มกับโซเดียมไฮดร็อกไซด์ และต้มกับไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ เป็นเวลา 1 ชั่วโมง จะได้เส้นใยจากเปลือกด้านในของต้นคล้า ส่วนแกนใส้ในของต้นคล้าเมื่อต้มแล้วนำไปปั่นด้วยเครื่องปั่นจะได้เส้นใยละเอียดที่นุ่ม

1.2.2) นำเส้นใยจากเปลือกด้านในของต้นคล้า ส่วนแกนใส้ในของต้นคล้าไปผสมกับกาวแป้งเปียกที่ทำจากแป้งมันสำปะหลังผสมน้ำและน้ำส้มสายชู นำไปเทในตะแกรงผึ่งให้หมาดแล้วนำไปอัดเป็นแผ่นด้วยเครื่องอัดไฮดรอลิค แล้วนำไปกดในแม่พิมพ์ ได้ต้นแบบจานจากเส้นใยคล้า

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 โดยการการทดสอบคุณสมบัติทางความร้อน (TGA) เป็นการศึกษาการสลายตัวของวัสดุตัวอย่างชิ้นงาน ณ อุณหภูมิต่าง ๆ โดยวัดค่าการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักของตังอย่างชิ้นงานเมื่อได้รับความร้อนภายใต้บรรยากาศที่สามารถควบคุมได้ 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 เพื่อหาความสามารถของภาชนะที่จะต้านทานแรงซึ่งทำให้ชิ้นงานทดสอบขาดต่อจากรายเดิม โดยเตรียมตัวอย่างชิ้นงาน 3 ชิ้น เพื่อเปรียบเทียบผลการทดสอบ โดยมีตัวอย่างชิ้นงานดังนี้ ตัวอย่างที่ 1 จานเส้นใยคล้าเคลือบไขผึ้ง ตัวอย่างที่ 2 จานเส้นใยคล้าไม่เคลือบไขผึ้ง ตัวอย่างที่ 3 จานเยื่อชานอ้อยตราเอโร่ 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 จานเส้นใยคล้าเคลือบไขผึ้ง ตัวอย่างที่ 2 จานเส้นใยคล้าไม่เคลือบไขผึ้ง ตัวอย่างที่ 3 จานเยื่อชานอ้อยตราเอโร่ 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 ขุดมาถ่ายภาพบันทึกผล ถ้ายังย่อยสลายไม่หมดนำส่วนที่เหลือฝังดินอีก เมื่อครบ 30 วันขุดขึ้นมาถ่ายภาพบันทึกผลอีก

1.4) สร้างวัสดุสำหรับนำไปออกแบบและสร้างต้นแบบผลิตภัณฑ์

2) **วิธีวิจัยด้านการออกแบบบรรจุภัณฑ์อาหารสุขภาพจากเศษวัสดุเหลือใช้จากงานจักสานคล้า** มีดังนี้

2.1) ออกแบบเครื่องมือวิจัย และทดสอบเครื่องมือวิจัย

2.2) เก็บข้อมูลผลิตภัณฑ์บรรจุภัณฑ์อาหารที่ทำจากวัสดุธรรมชาติที่มีในท้องตลาด และข้อมูลผู้บริโภคสำหรับการออกแบบ

2.3) วิเคราะห์และสรุปแนวคิดหลักในการออกแบบ

2.4) กระบวนการออกแบบ (ทำแบบร่างและพัฒนาแบบ)

2.5) สร้างต้นแบบเพื่อนำไปทดสอบการใช้งาน

2.6) นำต้นแบบไปประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบบรรจุภัณฑ์ 3 ท่าน

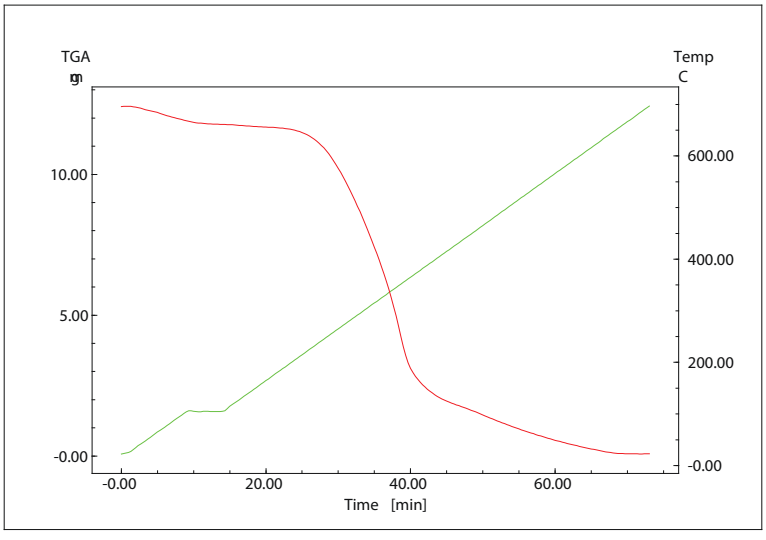
ผลการวิจัย

ผลการวิจัยมี 2 ด้าน คือ ผลการวิจัยด้านการทดลองวัสดุที่เหมาะสมกับบรรจุภัณฑ์อาหารสุขภาพที่ย่อยสลายได้ และการออกแบบบรรจุภัณฑ์อาหารที่ใหม่ในท้องตลาด

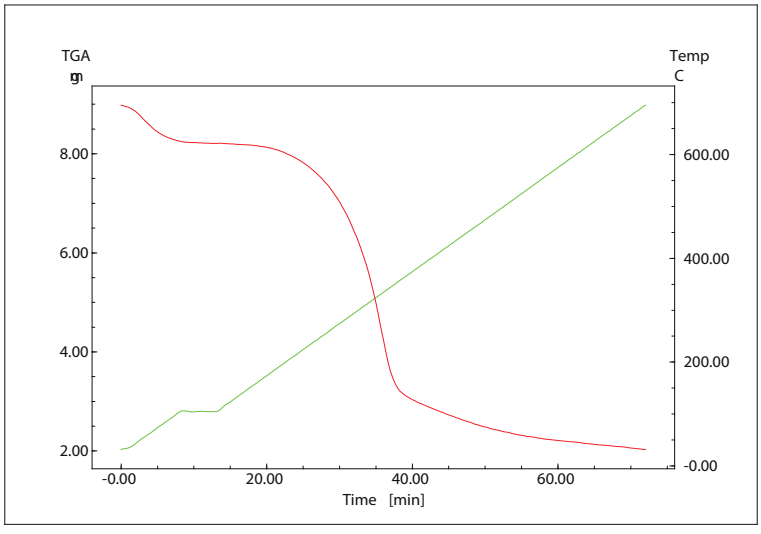
1) ผลการวิจัยด้านวัสดุ นำเศษวัสดุเหลือใช้จากกระบวนการจักสานต้นคล้าซึ่งมีสองลักษณะคือ แกนใส้ในของต้นคล้า และเปลือกด้านในของต้นคล้า นำมาทดลองให้ได้เส้นใยโดยการต้มกับโซเดียมไฮดร็อกไซด์ และต้มกับไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ เป็นเวลา 1 ชั่วโมง อัตราส่วนโซเดียมไฮดร็อกไซด์ 50 กรัม ต่อน้ำ 10 ลิตร และอัตราส่วนไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์(50%) 100 มิลลิลิตร ต่อน้ำ 10 ลิตร ผลการทดลอง เปลือกด้านในของต้นคล้า ต้มด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ จะได้เส้นใยสีซีด เปลือกด้านในของต้นคล้า ต้มด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ จะได้เส้นใยสีน้ำตาล ส่วนแกนใส้ในของต้นคล้าเมื่อต้มแล้วนำไปปั่นด้วยเครื่องปั่นจะได้เส้นใยละเอียดที่นุ่ม จากนั้นนำเส้นใยจากเปลือกด้านในของต้นคล้า ส่วนแกนใส้ในของต้นคล้าไปผสมกับกาวแป้งเปียกที่ทำจากแป้งมันสำปะหลังผสมน้ำและน้ำส้มสายชู โดยใช้อัตราส่วน น้ำ 600 มิลลิลิตร แป้งมันสำปะหลัง 40 กรัมน้ำส้มสายชู 20 มิลลิลิตร ต้มด้วยไฟอ่อน ๆ คนจนเป็นน้ำเหนียวข้นพอดี นำไปผสมเส้นใยคลุกเคล้าให้ทั่วกันแล้วนำไปเทในตระแกรงผึ่งให้หมาดแล้วนำไปอัดเป็นแผ่นด้วยเครื่องอัดไฮดรอลิค แล้วนำไปกดในแม่พิมพ์ ได้ต้นแบบจานจากเส้นใยคล้า แล้วนำต้นแบบไปทดสอบคุณสมบัติวัสดุ ทดสอบความแข็งแรง คงทนต่อการใช้งาน โดยทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพดังนี้

ทดสอบการกันน้ำ โดยนำต้นแบบทั้ง 2 แบบทดลองการเคลือบกันน้ำด้วยสเปรย์กันน้ำที่สกัดจากวัตถุดิบธรรมชาติ 90% จาก Coconut & Jojoba Oil ในแบบที่ 1 และเคลือบไขผึ้งในแบบที่ 2 แล้วนำไปทดสอบการกันน้ำ ผลการทดลองเมื่อนำสเปรย์กันน้ำที่สกัดจากวัตถุดิบธรรมชาติ 90% ไปเคลือบต้นแบบจานจากคล้า แล้วนำไปนำไปทดสอบการกันน้ำผลปรากฏว่ากันน้ำได้ดี และไขผึ้งนำไปให้ความร้อนจนเป็นของเหลวแล้วนำไปเคลือบผิวจานจากคล้าแล้วนำไปทดสอบการกันน้ำผลปรากฏว่ากันน้ำได้ดีเช่นกัน สรุปได้ว่าการสารทั้งสองช่วยให้บรรจุภัณฑ์อาหารจานจากเส้นใยคล้าสามารถใส่อาหารน้ำได้

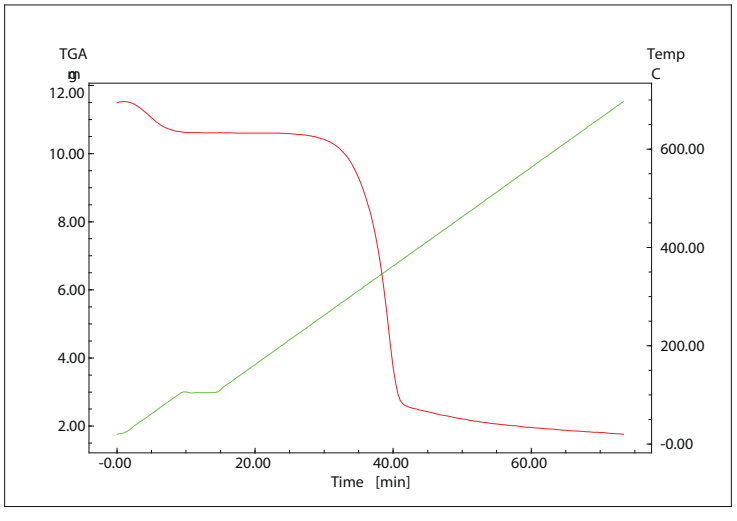
ทดสอบการทนไฟ โดยการการทดสอบคุณสมบัติทางความร้อน (TGA) เป็นการศึกษาการสลายตัวของวัสดุตัวอย่างชิ้นงาน ณ อุณหภูมิต่าง ๆ โดยวัดค่าการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักของตังอย่างชิ้นงานเมื่อได้รับความร้อนภายใต้บรรยากาศที่สามารถควบคุมได้ โดยใช้เครื่อง Thermal Gravimetric Analyzer (TGA) ของศูนย์นวัตกรรมและบริการวิศวกรรม 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 จานเส้นใยคล้าเคลือบไขผึ้ง ตัวอย่างที่ 2 จานเส้นใยคล้าไม่เคลือบไขผึ้ง ตัวอย่างที่ 3 จานเยื่อชานอ้อยตราเอโร่ ผลการทดสอบการทนต่อความร้อนด้วยเครื่อง Thermal Gravimetric Analyzer (TGA) แบบที่ 1 เริ่มสลายตัวเมื่อเวลาผ่านไป 26 นาทีที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส แบบที่ 2 เริ่มสลายตัวเมื่อเวลาผ่านไป 26 นาทีที่อุณหภูมิ 220 องศาเซลเซียส (ดังภาพที่ 4-6) สรุปว่าจานทั้ง 2 แบบทนความร้อนได้ถึง 200 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 4 ตัวอย่างที่ 1 เริ่มสลายตัวเมื่อเวลาผ่านไป 26 นาทีที่อุณหภูมิ 220 องศาเซลเซียส และสลายตัวอย่างรวดเร็วจนถึงนาทีที่ 42 ที่อุณหภูมิ 400 องศาเซลเซียส จึงสลายตัวช้าลง



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 สาขาวิชาเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยขอนแก่น เพื่อหาความสามารถของภาชนะที่จะต้านทานแรงซึ่งทำให้ชิ้นงานทดสอบขาดต่อจากรายเดิม โดยเตรียมตัวอย่างชิ้นงาน 3 ชิ้น เพื่อเปรียบเทียบผลการทดสอบ โดยมีตัวอย่างชิ้นงานดังนี้ ตัวอย่างที่ 1 จานเส้นใยคล้าเคลือบไขผึ้ง ตัวอย่างที่ 2 จานเส้นใยคล้าไม่เคลือบไขผึ้ง ตัวอย่างที่ 3 จานเยื่อชานอ้อยตราเอโร่ ตัวอย่างชิ้นงานเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาด 30 x 55 mm ทดสอบด้วยความเร็ว 25.2 mm/min โดยการใช้หัววัด Tensile Grips(A/TG) ผลการทดสอบแรงดึงขาดสูงสุดที่ทำให้ชิ้นงานขาด (Tensile Strength) แบบ

ที่ 1 ได้ค่า 2.557±0.904 (N/mm^2) แบบที่ 2 ได้ค่า 1.640±0.722 (N/mm^2), ร้อยละการยืดของชิ้นงานทดสอบที่จุดขาด (%Elongation at Break) แบบที่ 1 ได้ค่า 1.53±0.39% แบบที่ 2 ได้ค่า 1.80±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 จานเยื่อชานอ้อยตราเอโร่ ตัวอย่างชิ้นงานเป็นวงกลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 5 cm ทดสอบด้วยความเร็ว 1 mm/s ความต้านทานแรงดันทะลุ (Burst Strength) แบบที่ 1 ได้ค่า 34.983±12.223 (N) แบบที่ 2 ได้ค่า 70.085±18.147 (N) และระยะห่างที่เจาะทะลุ (Distance to Burst) แบบที่ 1 ได้ค่า 1.996±0.242 (mm) แบบที่ 2 ได้ค่า 2.935±0.471 (mm) (ดังตารางที่ 1) สรุปได้ว่าจานคล้าทั้ง 2 แบบ มีความแข็งแรงไม่ขาดง่ายเมื่อนำไปใช้งาน

ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านกายภาพ จานจากเส้นใยคล้า ด้วยเครื่อง Texture Analyzer

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

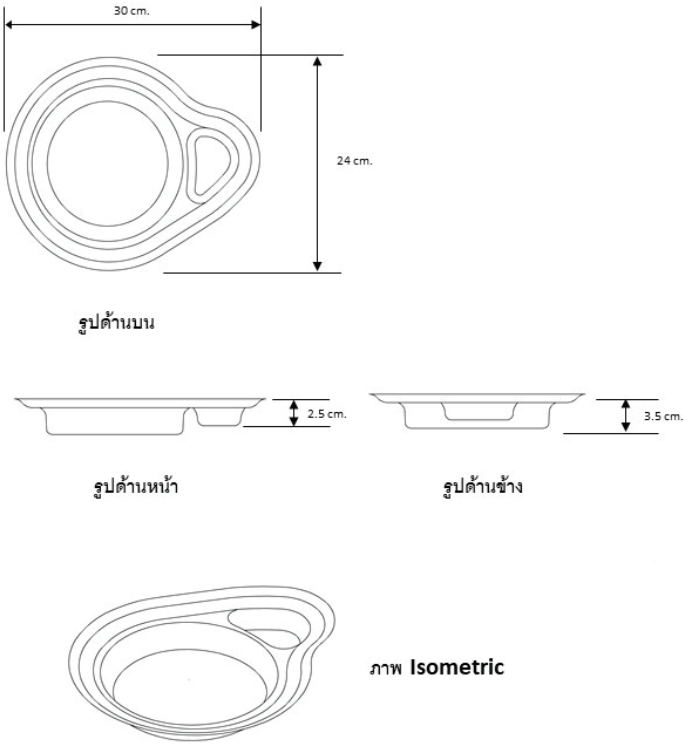
ผลการทดสอบการย่อยสลายโดยฝังกลบในดิน โดยนำต้นแบบทั้งสองฝังกลบในดิน เมื่อครบ 20 วัน ขุดมาถ่ายภาพบันทึกผล ถ้ายังย่อยสลายไม่หมดนำส่วนที่เหลือฝังดินอีก เมื่อครบ 30 วันขุดขึ้นมาถ่ายภาพบันทึกผลอีก ได้ผลคือ การย่อยสลายโดยฝังกลบในดิน แบบที่ 1 จานแกนต้นคล้าไม่เคลือบไขผึ้ง ย่อยสลายหมดภายใน 30 วัน แบบที่ 2 จานเปลือกด้านในของต้นคล้าเคลือบไขผึ้ง 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 ส่วนตัวอย่างจานกาบหมาก และจานจากใบสัก เป็นผลิตภัณฑ์ที่ผลิตโดยกลุ่มชาวบ้านวิสาหกิจชุมชน ที่ใช้เครื่องจักรขนาดเล็ก ชาวบ้านสามารถลงทุนได้ และใช้วัตถุดิบในท้องถิ่น มีต้นทุนต่ำ แนวทางในจึงเหมาะกับโครงการวิจัยนี้ จากบรรจุภัณฑ์อาหาร จาน ชาม ที่มีในท้องตลาด ด้านการใช้งานจะเห็นได้ว่ายังขาดช่องสำหรับใส่น้ำจิ้ม ซอส หรือพริกน้ำปลา ซึ่งจำเป็นอย่างมากสำหรับอาหารทุกประเภท ดังนั้นจึงเป็นช่องทางในการออกแบบที่จะเพิ่มประโยชน์ใช้สอยนี้ และออกแบบรูปทรงให้แตกต่างจากที่มีในท้องตลาด ผลการออกแบบในขั้นแรกคือ แบบร่าง (Sketch Design) ดังนี้

ภาพที่ 8 แบบร่างการออกแบบ (Sketch Design)



ภาพที่ 9 แบบที่พัฒนา และเขียนแบบDrawing เพื่อนำไปทำต้นแบบ

2.2) สร้างต้นแบบเพื่อนำไปทดสอบการใช้งาน

ภาพที่ 10 สร้างแม่พิมพ์ปูนพลาสเตอร์สำหรับการขึ้นรูปต้นแบบจานจากเส้นใยคล้า

ภาพที่ 11 ผลงานต้นแบบ จานจากเส้นใยคล้า แบบที่ 1 เส้นใยคล้าจากเปลือกด้านในของต้นคล้า เคลือบไขผึ้ง แบบที่ 2 เส้นใยคล้าจากแกนใส้ในของต้นคล้า เคลือบสเปรย์กันน้ำ

ภาพที่ 12 การทดสอบการใช้งานจริง

ผลการประเมิน โดยมีข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญดังนี้

- เป็นงานวิจัยที่ดี อีกทั้งขับเคลื่อนนวัตกรรมที่ใส่ใจต่อปัญหาสิ่งแวดล้อม การนำเศษวัสดุนำกลับมาซ้ำได้ใหม่ ข้อเสนอแนะควรเพิ่มการใช้งานที่หลากหลายมากขึ้น เช่น ชุดถาดกาแฟ (รูปแบบหลากหลาย ที่จัดเก็บได้ง่าย) ชุดอาหารเช้า (เพิ่มช่องใส่อาหาร) เพิ่มเครื่องดื่มได้ รอบ ๆ ข้าวอาจมีที่พักสำหรับกันหก และมีที่จับที่เหมาะสมในการใช้งานแต่ละประเภท ควรมีขนาดที่หลากหลาย เล็ก กลาง ใหญ่

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

มีความเรียบลื่นขึ้น และมีความคงทนเพิ่มขึ้น ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์สู่การใช้ประโยชน์ในเชิงพาณิชย์ผลิตภัณฑ์มีภาพลักษณ์ที่ชัดเจนในการเป็นผลิตภัณฑ์เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม อาจพัฒนาเพิ่มเติมในด้านภาพลักษณ์ที่มองดูสะอาด ปลอดภัย น่ารับประทาน เป็นต้น

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

สรุปผลการวิจัย

ผลการวิจัยด้านวัสดุได้วัสดุ 2 ลักษณะคือ ได้เส้นใยเป็นเส้นยาว และได้เส้นใยเล็กละเอียด นำไปเป็นวัตถุดิบในการผลิตต้นแบบ โดยผลการออกแบบเลือกแบบจานที่ออกแบบให้มีช่องสำหรับใส่ ซอส พริกน้ำปลา หรือ น้ำจิ้ม ทำแม่พิมพ์และทำต้นแบบ นำต้นแบบไปทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ ได้ผลคือ การย่อยสลายโดยฝังกลบในดิน แบบที่ 1 จานแกนต้นคล้าไม่เคลือบไขผึ้ง ย่อยสลายหมดภายใน 30 วัน แบบที่ 2 จานเปลือกด้านในของต้นคล้าเคลือบไขผึ้ง ย่อยสลายหมดภายใน 35 วัน ผลการทดสอบ การทนต่อความร้อนด้วยเครื่อง Thermal Gravimetric Analyzer (TGA) แบบที่ 1 เริ่มสลายตัวเมื่อเวลาผ่านไป 26 นาทีที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส แบบที่ 2 เริ่มสลายตัวเมื่อเวลาผ่านไป 26 นาทีที่อุณหภูมิ 220 องศาเซลเซียส สรุปว่าจานทั้งสอบแบบทนความร้อนได้ถึง 200 องศาเซลเซียส ผลการทดสอบแรงดึงขาดสูงสุดที่ทำให้ชิ้นงานขาด (Tensile Strength) แบบที่ 1 ได้ค่า 2.557±0.904 (N/mm^2) แบบที่ 2 ได้ค่า 1.640±0.722 (N/mm^2), ร้อยละการยืดของชิ้นงานทดสอบที่จุดขาด (%Elongation at Break) แบบที่ 1 ได้ค่า 1.53±0.39% แบบที่ 2 ได้ค่า 1.80±1.08%, ความต้านทานแรงดันทะลุ (Burst Strength) แบบที่ 1 ได้ค่า 34.983±12.223 (N) แบบที่ 2 ได้ค่า 70.085±18.147 (N) และระยะห่างที่เจาะทะลุ (Distance to Burst) แบบที่ 1 ได้ค่า 1.996±0.242 (mm) แบบที่ 2 ได้ค่า 2.935±0.471 (mm) สรุปได้ว่าจานคล้าทั้งสองแบบ มีความแข็งแรงไม่ขาดง่ายเมื่อนำไปใช้งาน และได้ทดลองการเคลือบกันน้ำด้วยสเปรย์กันน้ำที่สกัดจากวัตถุดิบธรรมชาติ 90% จาก Coconut & Jojoba Oil ในแบบที่ 1 และเคลือบไขผึ้งในแบบที่ 2 ผลการทดลองทั้งสองแบบกันน้ำได้ดีมาก สามารถบรรจุอาหารน้ำได้ และผลประเมินจากผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน สรุปได้ว่า ต้นแบบงานวิจัย จานจากเส้นใยคล้ามีพื้นผิวที่ไม่เหมาะกับบรรจุภัณฑ์อาหาร แต่มีพื้นผิวที่น่าสนใจมีความเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมสามารถนำไปทำเป็นผลิตภัณฑ์อื่น ๆ ได้หลากหลาย

อภิปรายผลการวิจัย

ผลการออกแบบด้านวัสดุ นำไปทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ ได้ผลคือ การย่อยสลายโดยฝังกลบในดิน แบบที่ 1 จานแกนต้นคล้าไม่เคลือบไขผึ้ง ย่อยสลายหมดภายใน 30 วัน แบบที่ 2 จานเปลือกด้านในของต้นคล้าเคลือบไขผึ้ง ย่อยสลายหมดภายใน 35 วัน เมื่อเทียบกับจานจากวัสดุธรรมชาติที่มีอยู่ในท้องตลาด เช่น จานตราเอโร่ หรือตราเกรซ จะย่อยสลายได้ภายใน 45 วัน ซึ่งจานจากเส้นใยคล้าใช้เวลาย่อยสลายได้เร็วกว่า

ผลการทดสอบ การทนต่อความร้อนด้วยเครื่อง Thermal Gravimetric Analyzer (TGA) แบบที่ 1 เริ่มสลายตัวเมื่อเวลาผ่านไป 26 นาทีที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส แบบที่ 2 เริ่มสลายตัวเมื่อเวลาผ่านไป 26 นาทีที่อุณหภูมิ 220 องศาเซลเซียส สรุปว่าจานทั้งสอบแบบทนความร้อนได้ถึง 200 องศาเซลเซียส เมื่อเทียบกับจานจากวัสดุธรรมชาติที่มีอยู่ในท้องตลาด เช่น จานตราเฟสท์ ไบโอ (Fest Bio) ทนความร้อนได้ 180 องศาเซลเซียส ซึ่งจาน

จากเส้นใยคล้าจะทนความร้อนได้ดีกว่า

ผลการทดสอบแรงดึงขาดสูงสุดที่ทำให้ชิ้นงานขาด (Tensile Strength) แบบที่ 1 ได้ค่า 2.557±0.904 (N/mm^2) แบบที่ 2 ได้ค่า 1.640±0.722 (N/mm^2), ร้อยละการยืดของชิ้นงานทดสอบที่จุดขาด (%Elongation at Break) แบบที่ 1 ได้ค่า 1.53±0.39% แบบที่ 2 ได้ค่า 1.80±1.08%, ความต้านทานแรงดันทะลุ (Burst Strength) แบบที่ 1 ได้ค่า 34.983±12.223 (N) แบบที่ 2 ได้ค่า 70.085±18.147 (N) และระยะห่างที่เจาะทะลุ (Distance to Burst) แบบที่ 1 ได้ค่า 1.996±0.242 (mm) แบบที่ 2 ได้ค่า 2.935±0.471 (mm) สรุปได้ว่าจานคล้าทั้งสองแบบ มีความแข็งแรงไม่ขาดง่ายเมื่อนำไปใช้งาน เมื่อเทียบกับจานจากเยื่อชานอ้อย ตราเอโร่ มีค่าการฉีกขาด และการทนแรงกดทะลุได้ใกล้เคียงกับ จึงสรุปได้ว่า จานจากเยื่อเส้นใยคล้ามีคุณสมบัติทางกายภาพที่สามารถผลิตจำหน่ายในท้องตลาดได้ และเทียบกับงานวิจัยของ โสภิดา วิศาลศักดิ์กุล และอรวัลภ์ อุปถัมภานนท์ (2566) วิจัยเรื่อง “สมบัติทางเคมีและกายภาพของภาชนะย่อยสลายได้ทางชีวภาพจากเปลือกกล้วยน้ำว้าเสริมกาบกล้วย” ได้ผลการทดสอบวัสดุมีค่าความต้านทานแรงดึงขาด 32.54 นิวตัน ค่าความต้านทานแรงกดทะลุเท่ากับ 11.28 นิวตัน จากการทดสอบการทนความร้อนของวัสดุ พบว่า วัสดุมีอุณหภูมิเริ่มต้นการสลายตัวที่ 266.40 องศาเซลเซียส มีปริมาณสารที่เปลี่ยนแปลงไปร้อยละ 86.62 และสามารถย่อยสลายได้ภายใน 45 วัน มีค่าใกล้เคียงกับต้นแบบจานจากเส้นใยคล้า

ผลการออกแบบจานที่มีช่องสำหรับใส่ ซอส พริกน้ำปลา หรือ น้ำจิ้ม เป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ในท้องตลาดแก้ปัญหาการใช้งาน อาหารเมนูต่าง ๆ ที่ต้องรับประทานกับ ซอส เครื่องปรุง พริกน้ำปลา น้ำจิ้ม เป็นต้น ซึ่งจาน ชาม จากวัสดุธรรมชาติในท้องตลาดยังไม่มี Function นี้ สอดคล้องกับหลักการออกแบบของ นวลน้อย บุญวงษ์ (2542) ที่กล่าวว่าการออกแบบคือการแก้ปัญหา ด้านการออกแบบ (Design Aspect) ที่ประกอบด้วย ประโยชน์ใช้สอยทางกายภาพ (Practical Function) และประโยชน์ใช้สอยทางความงาม (Aesthetic Function) ด้านการผลิต (Production Aspect) ประกอบด้วย วัสดุ และกรรมวิธีการผลิต ด้านการตลาด (Marketing Aspect) ประกอบด้วย ราคา ลักษณะตรงตามความต้องการของ กลุ่มเป้าหมาย แสดงภาพพจน์น่าเชื่อถือ คำนึงถึงปัญหาสิ่งแวดล้อม สอดคล้องกับแนวคิดการออกแบบ Eco-Design และแนวคิดการ Up-Cycling

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญ มีประโยชน์มากในการพัฒนางานวิจัยเส้นใยคล้าวัสดุธรรมชาติเหลือทิ้ง ซึ่งมีข้อเสนอแนะดังนี้

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม ด้านแนวคิดเกี่ยวกับ Eco-Design ถ้าอธิบายเพิ่มเติมแนวคิดด้านเศรษฐกิจและด้านสิ่งแวดล้อมเข้าไปในขั้นตอนการออกแบบผลิตภัณฑ์โดยเป็นการพิจารณาตลอดทั้งวัฏจักรของผลิตภัณฑ์ จะทำให้สมบูรณ์ขึ้น ด้าน Material เป็นการแปรรูปวัสดุเหลือใช้จากธรรมชาติที่น่าสนใจ ซึ่ง Texture ที่เกิดขึ้นจากความไม่สม่ำเสมอของวัสดุ สามารถใช้ประโยชน์ด้านนี้เพื่อพัฒนาหรือแปรรูปเป็นวัสดุสำหรับกันกระแทก เช่น Molded Fiber Packaging หรือเป็นภาชนะกระถางปลูกต้นไม้ย่อยสลายได้ เช่น Bio Pot Plant เป็นต้น ด้านนวัตกรรม สามารถนำไปพัฒนาต่อในด้าน Material Innovation เช่น เป็นส่วนผสมของเนื้อกาวฉีดขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ เป็นต้น และอีกข้อเสนอแนะควรเพิ่มการใช้งานที่หลากหลายมากขึ้น เช่น ชุดถาดกาแฟ (รูปแบบหลากหลาย ที่จัดเก็บได้ง่าย) ชุดอาหารเช้า (เพิ่มช่องใส่อาหาร) เพิ่มเครื่องดื่มได้ รอบ ๆ ข้าวอาจมีที่พักสำหรับกันหก และมีที่จับที่เหมาะสมในการใช้งาน แต่ละประเภท ควรมีขนาดที่หลากหลาย เล็ก กลาง ใหญ่

ข้อเสนอแนะในหัวข้อการทำวิจัยครั้งต่อไปคือ การพัฒนาเส้นใยคล้าวัสดุเหลือทิ้งเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ที่เหมาะสม เช่น กระถาง ของใช้ ของแต่งบ้าน เป็นต้น

กิตติกรรมประกาศ

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

เอกสารอ้างอิง

นวลน้อย บุญวงศ์. (2542). **หลักการออกแบบ**. พิมพ์ครั้งที่ 2, กรุงเทพมหานคร : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

มลสุดา ลิวไธสง. (2556). **การผลิตภาชนะย่อยสลายได้ทางชีวภาพจากกาบกล้วย**. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี สุรนารี. วิภา สุโรจโสภิดา วิศาลศักดิ์กุล และอรวัลภ์ อุปถัมภานนท์. (2566). การศึกษาสมบัติทางเคมีและกายภาพของภาชนะย่อยสลายได้ทางชีวภาพจากเปลือกกล้วยน้ำว้าเสริมกาบกล้วย. **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

ตุลยา สวนสันต์. (19 พฤษภาคม 2563). **ภาชนะ Eco**. สืบค้นเมื่อ 12 ธันวาคม 2566, จาก https://www.urbancreature.co/eco-packaging

สำนักข่าวอิศรา. (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