

การศึกษาลักษณะทางกายภาพของภาชนะจากธรรมชาติ

THE STUDY PHYSICAL CHARACTERISTICS OF NATURAL CONTAINER

นทีธร ม่วงเอี่ยม, พัฒนพงษ์ เพชรโต, พิษณุ ชาวพิจิตร, ปิยนัฐ ขุนทอง*

Nateethorn Muang-lam, Phatthanaphong Petchto, Phitsanu Chouphiphit,
Piyanut Khunthong*

คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม อ.เมือง จ.พิษณุโลก ประเทศไทย 65000
Faculty of Industrial Technology, Pibulsongkram Rajabhat University, Muang, Phitsanulok, Thailand, 65000

*Corresponding author e-mail: gooddevil555@hotmail.com

วันที่เข้ารับ 7 เมษายน 2564

วันที่แก้ไขบทความ 29 เมษายน 2564

วันที่ตอบรับบทความ 30 เมษายน 2564

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อศึกษาลักษณะทางกายภาพของภาชนะใบตองหลังการอัดร้อนขึ้นรูป โดยใช้แม่พิมพ์รูปถ้วยที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 7.6 cm ความลึก 3 cm ความร้อนในการขึ้นรูปเท่ากับ 75 85 และ 95 °C ใช้เวลาในการอัดขึ้นรูปเท่ากับ 1 3 และ 5 นาที ผ่านการอัดแบบไฮดรอลิก ใบตองที่นำมาใช้ในการอัดขึ้นรูปร้อนจะมีจำนวนเท่ากับ 2 3 และ 4 ชั้น ตามลำดับ การวิเคราะห์ผลจะทำการเปรียบเทียบรูปทรง และความแข็งแรงของภาชนะ เป็นเกณฑ์ในการเปรียบเทียบแต่ละเงื่อนไข จากการทดลองพบว่าการเพิ่มอุณหภูมิในการอัดขึ้นรูปจะทำให้ภาชนะมีรูปทรงสวยงามใกล้เคียงกับแม่พิมพ์มากยิ่งขึ้น เนื่องจากความร้อนจากแม่พิมพ์ช่วยให้ใบตองมีความอ่อนตัวและสามารถขึ้นรูปได้ง่ายขึ้น ในทำนองเดียวกันการเพิ่มเวลาในการอัดขึ้นรูปจะทำให้ใบตองมีเวลาในการคงรูปเพิ่มขึ้น ซึ่งทำให้รูปทรงของภาชนะมีความสวยงาม สำหรับการเพิ่มจำนวนชั้นของใบตองจะช่วยเพิ่มความแข็งแรงของภาชนะ เพราะความหนาที่เพิ่มขึ้นจะแปรผันตรงกับความแข็งแรงของภาชนะ ในอนาคตงานวิจัยนี้จะถูกพัฒนาให้มีความเหมาะสมต่อการนำไปประยุกต์ใช้งานในเชิงพาณิชย์ยิ่งขึ้น

คำสำคัญ: ภาชนะจากธรรมชาติ, การอัดร้อนขึ้นรูป, ใบตอง

Abstract

The aim of this research is to study physical characteristics of banana leaf containers after 75 °C, 85 °C, and 95 °C hot extrusion, for 1, 3 and 5 minutes, respectively, by using a cup-shape mold with 7.6 mm inner diameter and 3 cm depth through hydraulic compression. The number of banana leaf layers used in the hot extrusion are two, three, and four, respectively.

To analyze the molded containers, the shape and the strength of each container are compared. From the experiment, it is found that by increasing temperature of the extrusion, the shape of the container is as nearly beautiful as the shape of its mold. This is because the heat of the mold makes the banana leaves softer and easier to be formed. Likewise, by increasing extrusion time, there is more time for the leaves to shape its form, and this makes the shape of the container beautiful. Adding banana layers also increases the strength of the container because the additional thickness is directly proportional to the strength of the container. In the future, this research will be developed to be more suitable for commercial applications.

Keywords: Natural container, Heat extrusion, Banana leaves

1. บทนำ

ในช่วง 10 ปีที่ผ่านมาปริมาณขยะพลาสติกจะเพิ่มขึ้นโดยเฉลี่ยปีละ 2 ล้านตัน ซึ่ง 2 ใน 3 เป็นขยะพลาสติกประเภทใช้ครั้งเดียว (Single use plastic) (กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2562) แสดงให้เห็นว่าปริมาณขยะพลาสติกจะมีประมาณ 5,000 ตัน/วัน (มหาวิทยาลัยมหิดล, 2563) เพื่อลดปริมาณขยะเหล่านี้รัฐบาลจึงได้รณรงค์ลดการใช้พลาสติกและนำวัสดุที่สามารถย่อยสลายได้ง่ายมาทดแทน นอกจากนี้การลดขยะพลาสติกยังช่วยลดภาวะเรือนกระจก (Greenhouse effect) ซึ่งเกิดจากการผลิตและการเผาไหม้ขยะพลาสติกเหล่านี้อีกด้วย ในปัจจุบันวัสดุจากธรรมชาติได้ถูกนำมาพัฒนาเพื่อใช้เป็นภาชนะบรรจุอาหารต่างๆ เนื่องจากมีความปลอดภัยจากสารเคมีที่เป็นอันตรายต่อมนุษย์ (สิทธิกร แก้วราเชียว, 2554) และยังสามารถเพิ่มรายได้ให้กับท้องถิ่น (ณัชชา และคณะ, 2563)

ส่วนต่างๆ จากธรรมชาติและวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรสามารถนำมาพัฒนาเป็นภาชนะบรรจุอาหารโดยผ่านกรรมวิธีต่างๆ เช่น การนำเส้นใยของฟางข้าวมาผสมกับพอลิพรอพิลีน (Polypropylene) ในสัดส่วน 50:50 เพื่อผลิตงานโดยใช้อุณหภูมิในการอัดร้อนขึ้นรูปที่ 190 °C จะทำ

ให้ได้งานที่มีความเรียบเนียน ซึ่งสามารถอบในเตาไมโครเวฟที่กำลังความร้อน 700 W ได้ถึง 3 นาที (สุนทรี และ สิริอร, 2557) นอกจากนี้การนำขานอ้อยมาบดละเอียดเพื่อใช้ในการขึ้นรูปที่อุณหภูมิ 140 °C โดยใช้ความดัน 6 bar และเวลาในการอัด 35 นาที จะทำให้ได้งานขนาด 6 in ที่มีความเสถียร และไม่เกิดการบิดงอ ซึ่งจะมากกว่าการอัดขึ้นรูปขามขนาด 4 in ที่ใช้เวลาเพียง 20 นาที (นพพล และ สมนึก, 2555) สำหรับการใช้เส้นใยกล้วยผสมกับกับแป้งมันสำปะลงเพื่อขึ้นรูปงานโดยใช้ความร้อน 150 °C แรงอัดไฮดรอลิกที่ความดัน 500 psi โดยกดค้างไว้ 15 นาที จะทำให้ได้งานที่มีสมบูรณ์ ไม่ขึ้นจนทำให้เกิดร้าว และไม่แห้งจนทำให้เกิดรอยแตกของภาชนะ (มลสุดา ลิ่วไธสง, 2556) อย่างไรก็ตาม การขึ้นรูปที่ได้กล่าวไว้ข้างต้นต้องอาศัยความชำนาญและสัดส่วนการผสมที่พอเหมาะเพื่อทำให้ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพคงที่ซึ่งบางกรรมวิธีมีกระบวนการที่ค่อนข้างซับซ้อน การอัดร้อนขึ้นรูปโดยไม่ต้องแปรสภาพก่อนขึ้นรูปนั้นจะช่วยลดกระบวนการที่ซับซ้อนช่วยให้สามารถผลิตผลิตภัณฑ์ได้ง่ายขึ้น ยกตัวอย่างเช่น การใช้กากกล้วยตากแห้งขึ้นรูปที่อุณหภูมิ 93 °C ความดัน 50-70 bar โดยใช้เวลาอัด 3 นาที เพื่อผลิตงานที่มีความเรียบเนียนไม่มีรอยแตก (ภัทรพงศ์ และคณะ, 2554) หรือการให้กำลังความร้อนแก่แม่พิมพ์บนและแม่พิมพ์ล่างที่ 900 และ 1,100 W ตามลำดับ ที่ความดัน 8 bar เพื่อขึ้นรูปงานสี่เหลี่ยมและถ้วย ซึ่งภาชนะเหล่านี้มีความต้านทานแรงดึงที่จุดครากประมาณ 3 kgf และมีการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ ยีสต์ และรา น้อยกว่าเกณฑ์ที่กำหนดถึง 10 เท่า (สมเกียรติ และ ธมยันต์, 2563) นอกจากนี้ยังพบว่าการขึ้นรูปไบตองสดที่วางซ้อนกัน 2 ชั้น ที่ช่วงอุณหภูมิ 80-90 °C ใช้เวลาในการอัด 10 นาที จะช่วยให้ไบตองแห้งติดกันและไม่เกิดรอยแตก (มนตรี สอนสืบ, 2551) การอัดไบตองโดยใช้คันโยกเพื่อทำให้แม่พิมพ์ประกบกันที่กำลังไฟฟ้า 274.8 W จะทำให้สามารถขึ้นรูปภาชนะจากไบตองได้ (ทศพล และคณะ, 2562) ในงานวิจัยนี้ให้ความสนใจการขึ้นรูปภาชนะจากไบตอง เนื่องจากเป็นกระบวนการที่มีความสะดวก รวดเร็ว และไม่มีความซับซ้อน อีกทั้งยังสามารถหาซื้อได้ง่ายและราคาไม่แพง

ดังนั้นในงานวิจัยนี้ได้เลือกใช้ไบตองเป็นวัตถุดิบในการผลิตภาชนะจากธรรมชาติ เพื่อศึกษา ลักษณะทางกายภาพของภาชนะหลังการอัดร้อนขึ้นรูปตามเงื่อนไขที่กำหนดไว้

2. วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

- เพื่อศึกษาลักษณะทางกายภาพของภาชนะไบตองหลังการอัดร้อนขึ้นรูป

3. วิธีดำเนินงานวิจัย

รูปร่างลักษณะของภาชนะที่ใช้ในการศึกษาจะเป็นถ้วยที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 7.6 cm ลึก 3 cm โดยใช้แรงอัดจากระบบไฮดรอลิกที่มีคันโยกสองตัวเป็นตัวควบคุมการขึ้นและลงของแม่พิมพ์ตัว

บนให้เคลื่อนมาประกบกับแม่พิมพ์ตัวล่างซึ่งถูกยึดอยู่กับแท่น แม่พิมพ์ทั้งสองจะมีฮีตเตอร์ขนาด 130 W เป็นแหล่งให้ความร้อนด้านละ 2 แท่ง ดังแสดงในภาพที่ 1 ซึ่งแม่พิมพ์ทั้งสองได้ถูกหุ้มฉนวนเพื่อป้องกันการสูญเสียความร้อนออกมาด้านนอกเป่าพิมพ์ อย่างไรก็ตามแม่พิมพ์นี้จะไม่มีความจำเป็นสำหรับระบายไอน้ำที่เกิดจากการระเหยของความชื้นที่เกิดจากกระบวนการอัดร้อน เนื่องจากช่องว่างบนแม่พิมพ์อาจทำให้ผิวของภาชนะหลังขึ้นรูปไม่มีความเรียบเนียนและไม่สวยงาม ปริมาณความร้อนที่แม่พิมพ์ได้รับจะถูกแปลงให้อยู่ในรูปของอุณหภูมิโดยใช้สายวัดอุณหภูมิ (Type K) เป็นตัววัดอุณหภูมิของแม่พิมพ์ด้านบนและด้านล่างตำแหน่งละ 1 จุด การให้ความร้อนจุดถูกควบคุมไว้ 3 ค่า คือ 75 85 และ 95 °C ระยะเวลาในการอัดขึ้นรูปร้อนของภาชนะเมื่อแม่พิมพ์ทั้งสองประกบกันจะเท่ากับ 1 3 และ 5 นาที เพื่อศึกษาผลที่เกิดขึ้นหลังการขึ้นรูป นอกจากนี้จำนวนใบตองที่ใช้ในการขึ้นรูปมีทั้ง 3 ค่า ได้แก่ 2 3 และ 4 ชั้น ตามลำดับ โดยแต่ละชั้นจะวางตัวให้แนวเส้นใยของใบตองตั้งฉากกันและใช้กาวยแพ่งเป็นตัวยึดประสานใบตองแต่ละชั้นไม่แยกตัวออกจากกัน



ภาพที่ 1 การติดตั้งฮีตเตอร์สำหรับแม่พิมพ์บนและแม่พิมพ์ล่าง

กระบวนการทดลองเริ่มต้นจาก (1) นำใบตองสดขนาด 8 x 3 cm มาตากแดดอย่างน้อย 2 ชั่วโมง เพื่อให้ใบตองคลายตัวและไม่แตกในระหว่างขึ้นรูป (2) นำกาวยแพ่งมาทาบนใบตอง 2 ใบ แล้วนำมาประกบกัน (3) ควบคุมอุณหภูมิแม่พิมพ์ให้อยู่ในช่วง $75 \pm 1^\circ\text{C}$ (4) วางใบตองที่แม่พิมพ์ล่างและดึงชักรโยกให้แม่พิมพ์เลื่อนมาประกบกัน (5) รอจนครบ 1 นาที ดึงชักรโยกเพื่อให้แม่พิมพ์แยกออกจากกัน (6) ทำการทดลองจนครบทุกเงื่อนไข หลังจากนั้นตัดขอบส่วนเกินของภาชนะออกเพื่อให้ได้ถ้วยจากธรรมชาติที่สมบูรณ์ การวิเคราะห์ผลจะใช้การวิเคราะห์เชิงประจักษ์เพื่อพิจารณาถึงรูปทรงของภาชนะซึ่งจะพิจารณาจากรูปทรงของภาชนะหลังการอัดร้อนขึ้นรูปว่าใกล้เคียงกับแม่พิมพ์หรือไม่ ต่อจากนั้นจึงทำการทดสอบความแข็งแรงของภาชนะ โดยบรรจุน้ำใส่ถ้วยให้เต็มภาชนะแล้วสังเกตการเปลี่ยนแปลงรูปทรงของถ้วย เกณฑ์การให้คะแนนมีอยู่ทั้งหมด 4 ระดับ ดังแสดงในตารางที่ 1 ซึ่งเป็นเกณฑ์ที่ได้กำหนดไว้เฉพาะในงานวิจัยนี้เพื่อใช้เปรียบเทียบการทดลองในแต่ละเงื่อนไข



ตารางที่ 1 เกณฑ์ในการประเมินรูปทรงและความแข็งแรงของภาชนะ

ระดับการประเมิน	รูปทรง	ความแข็งแรง
1	ขึ้นรูปไม่สำเร็จ	ไม่สามารถบรรจุน้ำได้
2	มีรูปร่างคล้ายถ้วย	คงรูปได้ไม่เกิน 30 นาที
3	เป็นรูปถ้วย แต่ไม่เรียบเนียน	คงรูปได้ไม่เกิน 1 ชั่วโมง
4	เป็นรูปถ้วย มีความเรียบเนียน	คงรูปได้มากกว่า 1 ชั่วโมง

หลังจากนั้นใช้คะแนนจากแต่ละตัวอย่างการทดลองมาเฉลี่ยกันเพื่อใช้เป็นเกณฑ์ในการตัดสินลักษณะทางกายภาพของภาชนะว่าอยู่ในระดับใด

4. ผลการวิจัย

การศึกษาลักษณะทางกายภาพของภาชนะหลังการอัดร้อนขึ้นรูปสามารถแบ่งออกได้ดังต่อไปนี้

4.1 ผลของอุณหภูมิที่ใช้ในการอัดร้อนขึ้นรูป

การศึกษาการเพิ่มอุณหภูมิในการอัดขึ้นรูปจาก 75 เป็น 85 และ 95 °C ตามลำดับ พบว่าเมื่อเพิ่มความร้อนให้กับแม่พิมพ์จะทำให้ใบตองสามารถเปลี่ยนรูปทรงได้ง่ายขึ้น ส่งผลให้รูปทรงของภาชนะหลังการอัดขึ้นรูปมีรูปร่างตรงตามที่ต้องการมากขึ้น ดังแสดงในตารางที่ 2 นอกจากนี้การเพิ่มความร้อนจะให้น้ำในกาวแป้งเปียกกระเหยได้ดีขึ้นช่วยให้แห้งสนิททั่วกันทั้งแผ่น ส่งผลให้ใบตองแนบติดกันทุกส่วนซึ่งจะช่วยเสริมความแข็งแรงในแต่ละชั้นได้ดีขึ้น (มนตรี สอนสืบ, 2551)

ตารางที่ 2 ผลของอุณหภูมิที่ใช้ในการขึ้นรูปใบตองจำนวน 4 ชั้น

เวลาในการอัด (นาที)	อุณหภูมิในการขึ้นรูป (°C)	รูปทรง	ความแข็งแรง	ค่าเฉลี่ย
1	75	3	2	2.5
	85	3	2	2.5
	95	3	2	2.5
3	75	3	2	2.5
	85	3	2	2.5
	95	3	3	3.0
5	75	3	2	2.5
	85	3	3	3.0
	95	3	4	3.5

ภาพที่ 2 เป็นลักษณะของภาชนะใบตองที่ใช้เวลาในการอัด 5 นาที จำนวนใบตอง 4 ชั้น ซึ่งค่าเฉลี่ยของรูปทรงและความแข็งแรงเพิ่มขึ้นจาก 2.5 เป็น 3.0 และ 3.5 ตามลำดับ



(ก)



(ข)



(ค)

ภาพที่ 2 ลักษณะของภาชนะที่เวลาอัด 5 นาที จำนวนใบตอง 4 ชั้น

(ก) 75 °C (ข) 85 °C (ค) 95 °C

4.2 ผลของเวลาที่ใช้ในการอัดขึ้นรูป

การเพิ่มเวลาในการอัดขึ้นรูปจาก 1 นาที เป็น 3 นาที และ 5 นาที ตามลำดับ จะทำให้รูปทรงของภาชนะใกล้เคียงกับแบบที่ต้องการมากขึ้น เนื่องจากในระหว่างอัดขึ้นรูปภาชนะ ใบตองจะค่อยๆ คงรูปตามแบบของแม่พิมพ์ (มลสุดา ลิ่วไธสง, 2556) ทำให้เกิดการคงตัวไม่เสียรูปหลังจากยกแม่พิมพ์ขึ้น ซึ่งรูปทรงที่สมมาตรจะช่วยให้ถ้วยสามารถรับแรงได้ดีขึ้น ส่งผลให้ค่าเฉลี่ยมีค่าเพิ่มสูงขึ้น ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลของเวลาที่ใช้ในการอัดขึ้นรูปใบตองเมื่อใช้อุณหภูมิ 95 °C

จำนวนใบตอง (ชั้น)	เวลาในการอัด (นาที)	รูปทรง	ความแข็งแรง	ค่าเฉลี่ย
2	1	1	1	1.0
	3	2	1	1.5
	5	2	2	2.0
3	1	2	1	1.5
	3	2	1	1.5
	5	2	3	2.5
4	1	2	2	2.0
	3	3	3	3.0
	5	3	4	3.5

จากภาพที่ 3 จะสามารถสังเกตเห็นได้ว่ารูปทรงของภาชนะจะเป็นรูปเป็นร่างชัดเจนมากขึ้น ซึ่งที่เวลา 3 นาที ภาชนะจะมีรูปร่างใกล้เคียงกับแม่พิมพ์ และที่ 5 นาที รูปร่างของภาชนะจะดูเป็นรูปถ้วยมากขึ้นซึ่งความแข็งแรงจะมีค่าเพิ่มขึ้นด้วยเช่นกัน



(ก)



(ข)



(ค)

ภาพที่ 3 ลักษณะของภาชนะที่อุณหภูมิ 95 °C จำนวน 4 ชั้น
(ก) 1 นาที (ข) 3 นาที (ค) 5 นาที

4.3 ผลของจำนวนชั้นใบตองที่ใช้ในการขึ้นรูป

การเพิ่มขึ้นของใบตองหรือความหนาของภาชนะจะช่วยให้ภาชนะจากธรรมชาติมีความแข็งแรงเพิ่มขึ้น เนื่องจากจำนวนชั้นใบตองที่เพิ่มขึ้นจะทำให้ช่องว่างของแต่ละชั้นมีค่าลดลง นอกจากนี้การแบ่งเปียกที่ใช้เป็นตัวประสานจะถูกบีบอัดให้กระจายไปทั่วภาชนะมากขึ้นทำให้ภาชนะทุกส่วนเชื่อมติดกันได้ดี ส่งผลให้ภาชนะมีความแข็งแรงและรูปทรงตามที่ต้องการ การประเมินที่ได้ถูกแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ผลของจำนวนชั้นใบตองที่ใช้ในการขึ้นรูปใบตองเวลาในการอัด 5 นาที

อุณหภูมิในการขึ้นรูป (°C)	จำนวนใบตอง (ชั้น)	รูปทรง	ความแข็งแรง	ค่าเฉลี่ย
75	2	2	2	2.0
	3	2	2	2.0
	4	3	2	2.5
85	2	2	2	2.0
	3	2	3	2.5
	4	3	3	3.0
95	2	2	2	2.0
	3	2	3	2.5
	4	3	4	3.5

จากภาพที่ 4 แสดงให้เห็นถึงรูปทรงของภาชนะที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างชัดเจนจากการเพิ่มจำนวนชั้นของใบตอง เนื่องจากใบตองถูกบีบอัดให้ชิดกันมากขึ้นในระหว่างถูกอัดขึ้นรูป



(ก)



(ข)



(ค)

ภาพที่ 4 ลักษณะของภาชนะที่อุณหภูมิ 95 °C เวลาในการอัด 5 นาที

(ก) 2 ชั้น (ข) 3 ชั้น (ค) 4 ชั้น

ดังนั้นการอัดขึ้นรูปใบตองที่อุณหภูมิ 95 °C เวลาในการอัด 5 นาที และใช้ใบตองจำนวน 4 ชั้น จะทำให้ภาชนะมีค่าเฉลี่ยของคะแนนจากวิเคราะห์ลักษณะทางกายอยู่ประมาณ 3.5 คะแนน

5. สรุปผลและการอภิปรายผล

การเพิ่มอุณหภูมิให้กับแม่พิมพ์ด้านแบบและแม่พิมพ์ด้านล่างจะทำให้รูปทรงของภาชนะจากธรรมชาติใกล้เคียงกับแบบพิมพ์ที่ต้องการมากขึ้น เนื่องจากความร้อนที่สูงขึ้นจะช่วยทำให้ใบตองเปลี่ยนแปลงรูปร่างได้ง่ายขึ้น ซึ่งคล้ายกับการเพิ่มเวลาในการอัดขึ้นรูปซึ่งทำให้ใบตองมีเวลาในการคงตัวเพิ่มขึ้นทำให้ภาชนะที่ได้ใกล้เคียงกับแบบพิมพ์ สำหรับการเพิ่มจำนวนชั้นใบตองจะทำให้ความแข็งแรงของภาชนะสูงขึ้น เนื่องจากความหนาของภาชนะที่เพิ่มขึ้นจะช่วยทำให้ภาชนะหลังการอัดร้อนขึ้นรูปมีความแข็งแรงเพิ่มขึ้นตามลำดับ ซึ่งการทดสอบที่อุณหภูมิ 95 °C เวลาในการอัด 5 นาที และจำนวนใบตอง 4 ชั้น จะทำให้ได้คะแนนค่าเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 3.5 คะแนน อย่างไรก็ตามเนื่องจากรูปทรงของภาชนะยังไม่มีคุณสมบัติซึ่งต้องปรับปรุงและพัฒนาเครื่องอัดร้อนขึ้นรูปให้ดียิ่งขึ้น จึงไม่สามารถวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ได้

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงครามที่เอื้อเฟื้อสถานที่สำหรับทำงานวิจัย

7. เอกสารอ้างอิง

- กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม (2562). **สถานการณ์มลพิษของประเทศไทย ปี 2562**. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา <https://gnews.apps.go.th/news?news=53637>. สืบค้นเมื่อ 3 ตุลาคม 2563.
- คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล (2563). **วิกฤตขยะพลาสติก**. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา <https://stang.sc.mahidol.ac.th/lib-Infographic/plastic-waste.php>. สืบค้นเมื่อ 10 ตุลาคม 2563.
- ณัชชา สีนเทาว์, พิมพ์ลดา ทองประทีป และ วศินี ดอกไม้เงิน. (2562). **ขามกาบกล้วย**. (สหกิจศึกษา). มหาวิทยาลัยสยาม, กรุงเทพฯ.
- ทศพล วิโรทศ, วุฒิชัย ใจงาม, ณัฐธิดา บุญยก และ สุรศักดิ์ ดาวหาญ. (2562). **เครื่องอัดด้วยกระแทกวัสดุธรรมชาติ**. (รายงานผลโครงการวิจัย). วิทยาลัยการอาชีพสอง อาชีวศึกษาจังหวัดแพร่, แพร่.
- นภดล จันทลักษณ์ และ สมนึก วัฒนศรีกุล. (2555). **การออกแบบและสร้างเครื่องขึ้นรูปภาชนะที่ทำจากเส้นใยธรรมชาติ**. การประชุมเครือข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหกรรม, ชะอำ, เพชรบุรี.
- ภัทรพงศ์ แผล่งไธสง, ณรงค์ พลสงบ, วีระศักดิ์ วุฒิวงศ์ และ ศรายุทธ ดนตรี. (ม.ป.ป.). **เครื่องอัดขึ้นรูปบรรจุภัณฑ์จากวัสดุธรรมชาติ**. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา <http://blog.bru.ac.th>. สืบค้นเมื่อ 30 กันยายน 2562.
- มนตรี สอนสืบ. (2551). **ผลของอุณหภูมิและความดันต่อสมบัติเชิงกลในการขึ้นรูปใบตอง**. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.
- มลสุดา ลิวไธสง (2556). **การผลิตภาชนะย่อยสลายได้ทางชีวภาพจากกาบกล้วย**. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, นครราชสีมา.
- สมเกียรติ สุทธิยาพิวัฒน์ และ ธมยันตี ประยูรพันธ์. (2562). **การออกแบบและพัฒนาบรรจุภัณฑ์อาหารจากกาบหมากเพื่อสร้างมูลค่าเพิ่มที่นำไปสู่ความเข้มแข็งของชุมชนและเศรษฐกิจฐานราก**. **วารสารมหาวิทยาลัยนราวุธราชชนก**. 12(1). 120-131.
- สิทธิกร แก้วราเขียว. (2554). **ทัศนคติของผู้บริโภคที่มีต่อบรรจุภัณฑ์อาหารจากขาน้อยในอำเภอเมืองเชียงใหม่**. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.
- สุนทรี เด่นเทศ และ สิริอร อิศรางกูร ณ อยุธยา. (2557). **การวิเคราะห์ประสิทธิภาพของบรรจุภัณฑ์อาหารจากฟางข้าวที่พัฒนาเพื่อเพิ่มมูลค่าทางเศรษฐกิจ**. **วารสารวิทยาศาสตร์ประยุกต์**. 13 (1), 14-29.