# การประยุกต์ใช้แม่พิมพ์อัดขึ้นรูปยางเพื่อผลิตต้นแบบภาชนะด้วยวัสดุธรรมชาติ

# AN APPLICATION OF RUBBER MOLDING PROCESS FOR PROTOTYPE KITCHEN PRODUCT WITH NATURAL MATERIALS

**นายธวัชชัย ชาติตำนาญ**
**อาจารย์ วิศวกรรมการผลิตเครื่องมือและแม่พิมพ์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มทร.พระนคร**
**E-mail: thawachchai.ch@rmutp.ac.th**

**นายสุรสิทธิ์ ประกอบกิจ**
**ผู้ช่วยศาสตราจารย์ วิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มทร.พระนคร**
**E-mail: Surasit.pr@rmutp.ac.th**

**นายจักรกฤษณ์ ยิ้มแฉ่ง**
**อาจารย์ วิศวกรรมการผลิตเครื่องมือและแม่พิมพ์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มทร.พระนคร**
**E-mail: Jakkrit.y@rmutp.ac.th**

**ประสงค์ ก้านแก้ว**
**รองศาสตราจารย์ วิศวกรรมการผลิตเครื่องมือและแม่พิมพ์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มทร.พระนคร**
**E-mail: prasong.k@rmutp.ac.th**

**บทคัดย่อ**

ภาชนะในปัจจุบันที่เราเอาไว้ใส่อาหารนั้นส่วนใหญ่จะทำมาจากพลาสติกหรือกล่องโฟม หลังจากการใช้งานเสร็จแล้วจากภาชนะก็กลายเป็นขยะและจะส่งผลต่อสภาพแวดล้อมอย่างมาก เนื่องจากการย่อยสลายทำได้ช้า บวกกับการทิ้งอย่างไม่เป็นที่เป็นทาง และปริมาณการใช้ที่สูงขึ้น ความนิยมการใช้ของจากธรรมชาติเรียกได้ว่าเป็นที่ต้องการเป็นอย่างมาก เพราะมีความสวยงามและดูเป็นธรรมชาติถูกใจผู้บริโภค จึงได้ทำการศึกษากระบวนการพื้นฐานรูปแบบการขึ้นรูปด้วยเทคนิคการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ยาง กำหนดวัสดุที่จะนำมาขึ้นรูปเป็นตัวอย่างภาชนะ ออกแบบและสร้างชุดขึ้นรูปขนาดเล็ก จัดหาตัวประสานที่ใช้ในการคงตัวของวัสดุธรรมชาติ ทดลองการขึ้นรูป และสรุปผลการทดลอง

จากผลการดำเนินงาน และการทดลอง พบว่า การศึกษาแนวทางสร้างชุดอัดขึ้นรูปต้นแบบ โดยใช้แนวทางเทคนิคการขึ้นรูปยาง สามารถประยุกต์ ใช้งานได้ โดยองค์ประกอบต่างๆ ของการขึ้นรูปยาง สามารถมาใช้ในการพัฒนา ขึ้นรูป ภาชนะจากธรรมชาติได้อย่างมีนัยยะ เป็นไปได้ มีพารามิเตอร์ ที่ ใบตอง 10-15 ชั้น อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส และ เวลาในการขึ้นรูป 90 วินาที และใบตองที่ตากแห้ง ใช้เวลา 60 วินาที และกระบวนการดังกล่าวนี้สามารถผลิตภาชนะต้นแบบจากวัสดุธรรมชาติได้ ภายใต้แม่พิมพ์ ที่มีขนาด เหมาะสมโดย

มีขนาดพื้นที่ของแม่พิมพ์เล็กกว่าพื้นที่แผ่นยึดแม่พิมพ์ของเครื่อง หรือ ขนาดพื้นที่ แม่พิมพ์ มีพื้นที่ขนาดไม่เกินร้อยละ 60-70 ของแผ่นยึดแม่พิมพ์

**คำสำคัญ**: กระบวนการขึ้นรูปยาง, ภาชนะ, วัสดุธรรมชาติ

## ABSTRACT

Most of the current containers that we put food are made of plastic or foam boxes. After the use is finished, the container becomes rubbish and will greatly affect the environment. Due to slow degradation Plus informal disposal and higher consumption, The use of natural products is in great demand. Because it is beautiful and natural-looking, pleasing to consumers Therefore, the basic processes, forming patterns, were studied by rubber product molding techniques. Determine the material to be molded into the sample container. Design and build a small molding set. Provide binders used for the stabilization of natural materials. Experiment for forming and the Conclusion of the experiment

From the results of the operation and the experiments, it was found that the study of the prototype extrusion set Using a rubber molding technique Can be applied by various elements It is possible to have a parameter of 10-15 layers of banana leaves, a temperature of 80 ° C and a molding time of 90 seconds, and a dried banana leaf. It takes 60 seconds, and this process can produce prototype containers from natural materials. Under the suitable size of the mold, the area of the mold is smaller than the mold plate area of the machine or the size of the mold area, there is an area of no more than 60-70% of the mold holder plate.

**Keywords**: Rubber Molding, Kitchen product, Natural material

## 1. ความสำคัญและที่มาของปัญหาวิจัย

ภาชนะ ในปัจจุบันที่เราเอาไว้ใส่อาหารนั้นส่วนใหญ่จะทำมาจากพลาสติกหรือกล่องโฟม หลังจากการใช้งานเสร็จแล้วจากภาชนะก็กลายเป็นขยะและจะส่งผลต่อสภาพแวดล้อมอย่างมาก เนื่องจากการย่อยสลายทำได้ช้า บวกกับการทิ้งอย่างไม่เป็นที่เป็นทาง และปริมาณการใช้ที่สูงขึ้น จึงตามมาด้วยปัญหามากมายทั้งแต่คนและสัตว์ต่าง ๆ นอกจากนี้ยังมีผลกระทบจากกระบวนการกำจัดผลิตภัณฑ์จำพวกพลาสติกและโฟม ที่ทำให้เกิดภาวะโลกร้อนตามมาอีกด้วย ปัจจุบันความนิยมการใช้ของจากธรรมชาติเรียกได้ว่าเป็นที่ต้องการเป็นอย่างมาก เพราะมีความสวยงามและดูเป็นธรรมชาติถูกใจผู้บริโภค คงเป็นเพราะประชาชนส่วนใหญ่ให้ความสนใจเกี่ยวกับการรักษ์โลกมากยิ่งขึ้นจึงทำให้เกิดสิ่งใหม่ขึ้นได้ทุกวัน อย่างเช่นการนำใบเล็บบครุฑ มาเป็นภาชนะไว้รองอาหารไม่ว่าจะเป็นของทอด ของนึ่ง และของทานเล่นก็ใส่ได้ ซึ่งดูแล้วก็ไม่ได้ยุ่งยาก กินเสร็จก็สามารถทิ้งได้เลย ใบเล็บครุฑก็จะย่อยสลายเองไปตามธรรมชาติ แต่สิ่งสำคัญอยู่ตรงที่ความคิดสร้างสร้างสรรค์และการใส่ใจสิ่งแวดล้อม ถือว่าเป็นไอเดียที่ดีมากสำหรับยุคสมัยนี้เพราะช่วยในการลดใช้ถุงพลาสติกและโฟมได้ดี สำหรับร้านอาหารใดที่สนใจก็สามารถนำมาประยุกต์ใช้หรืออาจจะเป็นใบอื่นที่สามารถนำมารองอาหารได้ [1]

## 2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

(1) ศึกษาการสร้างชุดอัดขึ้นรูปต้นแบบ โดยใช้พารามิเตอร์เทคนิคการขึ้นรูปยาง

(2) ผลิตภาชนะต้นแบบจากวัสดุธรรมชาติได้คงรูปตามแม่พิมพ์ได้

## 3. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

### 3.1 แนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

วัสดุที่ใช้ทำบรรจุภัณฑ์จากวัสดุธรรมชาติ

วัสดุธรรมชาติที่นำมาใช้ทำบรรจุภัณฑ์ได้มีดังนี้

1. วัสดุธรรมชาติประเภทเส้นใย เช่นกล้วย หวาย เตยปาหนัน กก กระจูด ผักตบชวา หญ้าแฝก หญ้าสามเหลี่ยม เถาวัลย์ ย่าลิเภา ปอสา ป่านศรนารายณ์ โดยวัสดุเหล่านี้บางชนิดต้องนำมาแปรสภาพก่อน เช่น ผักตบชวา เตยปาหนัน กระจูด กล้วย ต้องนำมาตากแห้ง ฟอกขาว อบกำมะถัน ฟั่นเกลียวก่อนสานขึ้นรูปเป็นตะกร้าใส่สินค้า ส่วนเส้นใยไหม ฝ้ายต้องนำมาทอก่อนแล้วจึงนำไปตัดเย็บเป็นถุงผ้า

2. วัสดุธรรมชาติที่แปรรูปเป็นแผ่นและรูปทรงต่าง ๆ เช่น กระดาษแปรรูปมาจากเยื่อไม้ ไม้ยูคาลิปตัสหรือต้นสา นำมาประดิษฐ์เป็นบรรจุภัณฑ์ประเภทถุงกระดาษ กล่องกระดาษ กระป๋องกระดาษ กระดาษเป็นวัสดุที่นิยมนำมาประดิษฐ์เป็นบรรจุภัณฑ์มากที่สุดเพราะออกแบบเป็นหีบห่อได้หลายรูปแบบ ตัดและพับได้ง่าย มีความคงรูป น้ำหนักเบา นอกจากนี้ยังมีราคาถูกสามารถแปรรูปนำกลับมาใช้ใหม่ได้อีก ทำลายได้ง่ายและปรับปรุงคุณภาพให้เหมาะสมกับการใช้งานได้หลายรูปแบบ

3. วัสดุธรรมชาติประเภทไม้ ส่วนใหญ่นิยมนำมาทำบรรจุภัณฑ์เพื่อการขนส่ง เช่น กล่องใส่ขนม สุรา เบียร์ เครื่องปั้นดินเผา แก้ว ส่วนไม้ไผ่ชนิดต่าง ๆ นำมาจักเป็นเส้นเล็ก ๆ แล้วสานขึ้นรูปเป็นชะลอม กระจาด เข่ง หรือกล่องขนาดต่าง ๆ บรรจุสินค้าหรือผลิคภัณฑ์ประเภทอาหาร [2]

ตัวประสาน ตัวประสานที่ใช้เป็นส่วนผสมนั้นในธรรมชาติมีอยู่มากมายแต่ที่ต้องคำนึงคือตัวประสานต้องมาจากวัสดุธรรมชาติเท่านั้นเพื่อไม่ส่งผลเสียต่อสิ่งแวดล้อมและธรรมชาติในที่นี้ตัวอย่างตัวประสานมา 2 ตัวอย่าง คือ มันสำปะหลัง และน้ำยาซิลิโคน

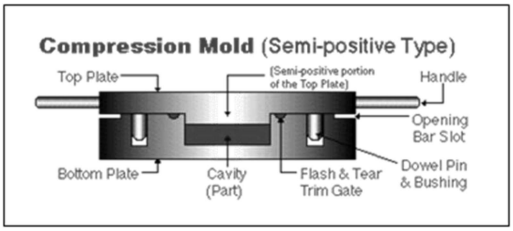
1. มันสำปะหลังมีชื่อสามัญว่า Cassava หรือ Tapioca หรือ Manioc มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า ManihoesculentaCrantz มีถิ่นกาเนิดในแถบเขตร้อนพบในแถบอเมริกาใต้ ในปีพ.ศ. 2549 พื้นที่ปลูกมันสำปะหลังทั่วโลกประมาณ 113.8 ล้านไร่ และมีผลผลิตเฉลี่ย 1.92 ตัน/ไร่โดยที่อินเดียเป็นประเทศที่มีผลผลิตต่อพื้นที่สูงสุด 5 ตัน/ไร่ ด้วยเหตุผลสำคัญ คือ มีการพัฒนาพันธุ์มันสำปะหลังสายพันธุ์ใหม่ที่ให้ผลผลิตสูง มีระบบการจัดการแปลงและชลประทานที่ดี ทั้งนี้พันธุ์ดังกล่าวเกิดขึ้นได้เนื่องจากอินเดียมีความหลากหลายของสายพันธุ์มันสำปะหลังสูง จึงเป็นข้อได้เปรียบ ปัจจุบันอินเดีย มีการกาหนดเป้าหมายการพัฒนามันสาปะหลังที่เรียกว่า "2020Strategy" เพื่อเพิ่มผลผลิตต่อพื้นที่เป็น 6 ตัน/ไร่ ในขณะเดียวกัน ประเทศไนจีเรียผลิตมันสำปะหลังมากเป็นอันดับหนึ่งของโลกตามด้วยบราซิลและประเทศไทย เนื่องจากมีความได้เปรียบด้านพื้นที่มีโครงการวิจัยเน้นการเพิ่มผลผลิตแต่ทั้งนี้ผลผลิตที่มากเป็นอันดับต้นของไนจีเรียและบราซิลเนื่องจากพื้นที่เพาะปลูกที่มากกว่าประเทศไทยโดยทั้ง 2 ประเทศ ผลผลิตต่อพื้นที่ยังต่ำกว่าไทย และแม้ไทยไม่ใช่ผู้ผลิตมันสำปะหลังอันดับหนึ่งของโลก [2]

**2. น้ำยาซิลิโคน**

ยางซิลิโคน (Silicone Rubber) อาจเรียกอีกชื่อว่า RTV Silicone ก็ได้ โดย RTV ย่อมาจาก Room Temperature Vulcanizing หรือแปลง่ายๆก็คือ ยางซิลิโคนที่สามารถแข็งตัวที่อุณหภูมิห้องได้นั่นเองโดยไม่ต้องใช้อุปกรณ์ใดๆมาช่วยนอกเหนือจากการใส่ตัวเร่ง ยางซิลิโคนซิลิโคนที่ได้จะมีความแข็งแรงและทนทานมาก [3]

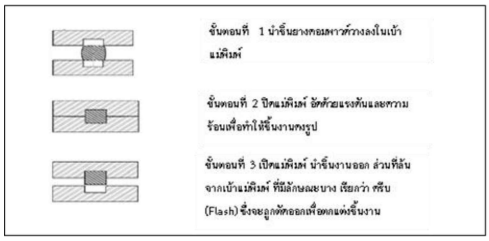
กระบวนการอัดขึ้นรูป (Compression Moulding)

การขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ยางด้วยวิธีการอัดนั้น เป็นกระบวนการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ที่มีรูปร่างไม่ซับซ้อนมาก และแม่พิมพ์มีราคาไม่สูง โดยขนาดของแม่พิมพ์จะขึ้นกับชิ้นงานที่มีตั้งแต่ขนาดประมาณ 10 กรัม จนถึง 10 กิโลกรัม เครื่องจักรที่ใช้สำหรับอัดขึ้นรูปเป็นเครื่องอัดด้วยระบบไฮดรอลิก(Hydraulic)ซึ่งส่วนประกอบของแม่พิมพ์ แสดงดังภาพที่ 1




**ภาพที่ 1** ส่วนประกอบของแม่พิมพ์ยางแบบอัดขึ้นรูป [4]

กระบวนการอัดขึ้นรูปนั้นเริ่มจากนำชิ้นยางที่ยังไม่สุกหรือยางคอมพาวด์ใส่ลงไปในเบ้าของแม่พิมพ์ จากนั้นทำการปิดแม่พิมพ์ที่ใส่เข้าไปในเครื่องอัด เครื่องอัดจะใช้แรงดันกดปิดแม่พิมพ์จนสนิท โดยก่อนจะกดปิดแม่พิมพ์จะมีการกด-คลาย (Bumping) ก่อนเพื่อไล่อากาศออกให้เนื้อยางไหลได้เต็มเบ้า หลังจากได้รับความร้อนจากเครื่องอัดและใช้เวลาระยะหนึ่งจนยางสุกแล้ว แม่พิมพ์จะถูกเปิดออกและผู้ปฏิบัติงานสามารถหยิบชิ้นงานออกจากแม่พิมพ์ และทำความสะอาดแม่พิมพ์ จากนั้นแม่พิมพ์ก็จะพร้อมสำหรับการอัดขึ้นรูปในรอบต่อไป แสดงดังภาพที่ 2




**ภาพที่ 2** ขั้นตอนการอัดขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ยาง [5]

ปริญญานิพนธ์ [2] ได้พูดถึงการขึ้นรูปกระถางด้วยวัสดุธรรมชาติจากผักตบชวาตากแห้งและกาบกล้วยตากแห้งใช้ส่วนผสมของวัสดุธรรมชาติ 250 กรัม และตัวประสานประเภทกาวแป้งมันสำปะหลังและแกลบ 200 กรัม โดยนำมาผสมกันก่อนขึ้นรูปภาชนะ

วารสาร ออนไลน์ [7] งานนี้ได้ทำการผสมไอโซโทปโพลีโพรพีลีน (PP) และโพลีเอทิลีน - ออกเทนโคพอลิเมอร์ (POE) และฉีดขึ้นรูปเพื่อให้ได้ของแข็งและตัวอย่างโฟมที่มีความหนาแน่นสัมพัทธ์ 0.76 ใช้อุณหภูมิ

แม่พิมพ์และอุณหภูมิในการฉีดที่แตกต่างกัน วัดความแรงกระแทก สำหรับของแข็งอุณหภูมิของแม่พิมพ์ที่สูงขึ้นจะเพิ่มความต้านทานต่อแรงกระแทกในขณะที่ในฟองพบแนวโน้มตรงกันข้าม เพื่อให้เข้าใจถึงสาเหตุของพฤติกรรมนี้ได้มีการศึกษาสัณฐานวิทยาของระยะอีลาสโตเมอริกสัณฐานวิทยาของผลึกและโครงสร้างของเซลล์ การปรากฏตัวของอีลาสโตเมอร์ใกล้ผิวหนังในกรณีที่อุณหภูมิของแม่พิมพ์สูงสามารถอธิบายการปรับปรุงที่เกิดจากอุณหภูมิของแม่พิมพ์ในของแข็งสูง สำหรับฟองลักษณะที่อีลาสโตเมอร์หยาบขึ้นในแกนกลางของตัวอย่างหรือการมีผิวแข็งหนาขึ้นเป็นตัวแปรสำคัญที่แสดงให้เห็นถึงพฤติกรรมที่ดีขึ้นของวัสดุที่ผลิตด้วยอุณหภูมิแม่พิมพ์ที่ต่ำกว่า

## 4. วิธีดำเนินการวิจัย

### 4.1 แบบแผนการวิจัย

#### 4.1.1 ศึกษากระบวนการพื้นฐานรูปแบบการขึ้นรูปด้วยเทคนิคการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ยาง

กระบวนการอัดยาง

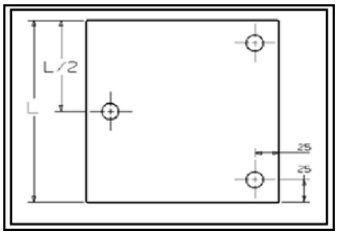
การขึ้นรูปโดยใช้แม่พิมพ์แบบกดอัดเป็นวิธีการขึ้นรูปที่ใช้กันมากที่สุดในการผลิตเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้การขึ้นรูปแบบอื่นๆ เพราะเป็นวิธีการที่ง่ายและไม่ต้องลงทุนด้นเครื่องจักรสูง เพราะทั้งเครื่องกดอัดและแม่พิมพ์มีราคาไม่สูงนัก เครื่องกดอัดที่นิยมใช้ ได้แก่ เครื่องกดอัดระบบไฮดรอลิกส์ เครื่องกดอัดประกอบด้วยแผ่นกดอัด (Platen) จำนวนอย่างน้อย 2 แผ่น (บนและล่าง) หรือมากกว่า2 แผ่น ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับการออกแบบเครื่องกดอัดให้เหมาะสมกับกระบวนการผลิต แม่พิมพ์กดอัด เป็นแม่พิมพ์แบบง่ายๆและราคาถูก ลักษณะโดยทั่วไปประกอบด้วยแม่พิมพ์ 2ส่วนคือ แม่พิมพ์ส่วนบน (Lid) และแม่พิมพ์ส่วนล่าง (Base) เป็นอย่างน้อย โดยที่แม่พิมพ์ส่วนกลางหรือส่วนล่างจะมีช่องเป็นรูปร่างของผลิตภัณฑ์เรียกว่าเบ้าพิมพ์ (Cavity) ซึ่งเวลาขึ้นรูปยาง ก็จะนำยางคอมปาวด์ใส่ลงในเบ้าพิมพ์นี้ จากนั้นจึงนำแม่พิมพ์ส่วนบนมาปิดทับด้านบน และความร้อนจากแม่พิมพ์ก็จะทำให้ยางเกิดการคงรูป (Vulcanization) การขึ้นรูปด้วยแม่พิมพ์แบบกดอัด จำเป็นต้องเตรียมยางคอมปาวด์ให้มีปริมาณหรือที่เหมาะสม เพื่อลดปริมาณของเสียที่เกิดขึ้น โดยทั่วไปน้ำหนักของยางคอมปาวด์ที่ใส่เข้าไปในเบ้าพิมพ์จะสูงกว่านำหนักของผลิตภัณฑ์ยางเล็กน้อย (ประมาณ 2-10 เปอร์เซ็นต์) ทั้งนี้เพื่อให้แน่ใจว่ายางคอมปาวด์ที่เตรียมจะไหลได้เต็มเบ้าแม่พิมพ์และไล่อากาศออกจากแม่พิมพ์ได้ดียิ่งขึ้น

#### 4.12 กำหนดวัสดุที่จะนำมาขึ้นรูปเป็นตัวอย่าง ภาชนะ

ในโครงการ มีทดลองใช้ ผงถ่าน และ ใบตอง เป็นวัสดุที่ใช้ในการขึ้นรูป

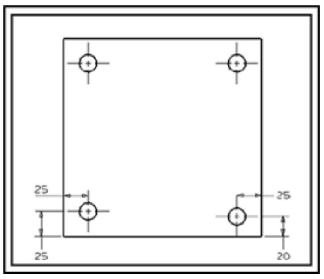
#### 4.1.3 ออกแบบและสร้างชุดขึ้นรูปขนาดเล็ก

ส่วนประกอบแม่พิมพ์ สลักนำ สลักจะประกอบด้วยตัวผู้ (Pin) และตัวเมีย (Bush) เป็นส่วนที่ทำหน้าที่เป็นตัวปรับตำแหน่งของหน้าสัมผัสแม่พิมพ์เมื่อแม่พิมพ์ปิดในระหว่างขั้นตอนการอัดนอกจากนี้ยังทำหน้าที่เป็นสลักบังคับตำแหน่ง (Locating pin) เมื่อประกอบแม่พิมพ์เข้าด้วยกันการวางสลักให้กับชุดแม่พิมพ์มี 2 แบบ คือ แบบสลัก 3 ตัวการวางสลักแบบนี้จะใช้ในกรณีที่เป็นแม่พิมพ์ขนาดเล็กเช่นมีขนาดไม่เกิน 400 มม.โดยตัวอย่างรูปแบบและระยะการวาง ดังแสดงในภาพที่ 3



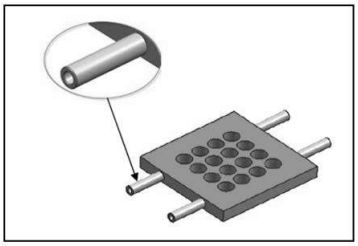

**ภาพที่ 3** การวางสลักแบบ 3 ตัว [6]

แบบสลัก 4 ตัวกรณีที่เป็นแม่พิมพ์ขนาดใหญ่เช่นมีขนาดเกิน 400 มิลลิเมตร จะมีการวางสลัก 4 ตัว เพื่อให้สามารถประคองแม่พิมพ์ได้ตัวอย่างรูปแบบการวางเป็น ดังแสดงในภาพที่ 4



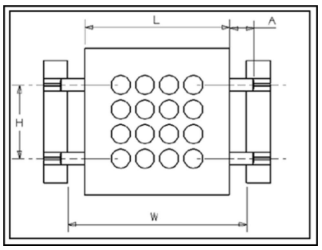

**ภาพที่ 4** การวางสลักแบบ 4 ตัว [6]

หูยกแม่พิมพ์ ในกรณีที่เป็นแม่พิมพ์ชนิด 3 แผ่นในกระบวนการอัดขึ้นรูปนั้นแม่พิมพ์แผ่นล่างจะจับยึดอยู่กับแท่นเครื่องอัดส่วนล่างและแม่พิมพ์แผ่นบนจะจับยึดอยู่กับแท่นเครื่องอัดส่วนบนแผ่นกลางนั้นจะยกเข้าไปวางบนแผ่นล่างเพื่อทำการอัดขึ้นรูปชิ้นงานและจะยกออกจากแผ่นล่างเพื่อปลดชิ้นงานออกจากแม่พิมพ์ ดังแสดงในภาพที่ 5



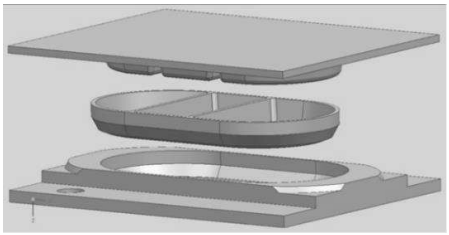
**ภาพที่ 5** ลักษณะของหูยกและการประกอบกับแม่พิมพ์ [6]

จากตัวอย่างของหูยกในภาพที่ 5 มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 25 มิลลิเมตร ส่วนความยาวนั้นจะขึ้นอยู่กับขนาดของแม่พิมพ์และระยะแขนยกของเครื่องอัดที่ใช้การประกอบหูยกกับแม่พิมพ์และระยะต่าง ๆ เป็นดังแสดงในภาพที่ 6




**ภาพที่ 6** ระยะหูยกและแขนยกแม่พิมพ์ [6]

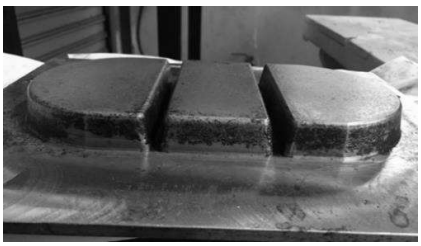
ผู้จัดทำได้ทำการออกแบบแม่พิมพ์อัดขึ้นรูปร้อนจากชิ้นงานดังแสดงในภาพที่ 7 โดยแบ่งเป็น 2 แผ่น คือ แม่พิมพ์แผ่นบน และ แม่พิมพ์แผ่นล่าง ซึ่งใช้โปรแกรมทางวิศวกรรม ช่วยในการออกแบบแม่พิมพ์



**ภาพที่ 7** แบบแม่พิมพ์ที่ใช้ในการขึ้นรูป

และหลังจากนั้นได้นำแบบงานในแต่ละชิ้นส่วนไปสร้างแม่พิมพ์ขึ้นรูปต่อไป ด้วยเครื่องจักรอัตโนมัติ ซีเอ็นซี(CNC) ดังแสดงในภาพที่ 8,9

**ภาพที่ 8** แม่พิมพ์แผ่นล่างที่ใช้ในการขึ้นรูป



**ภาพที่ 9 แม่พิมพ์แผ่นบนที่ใช้ในการขึ้นรูป**

กระบวนการในการสร้างแม่พิมพ์ ใช้เครื่องจักรที่มีอยู่ในสาขาการผลิตเครื่องมือและแม่พิมพ์ทั้งหมด รวมไปถึงกระบวนการ การทวนสอบขนาดต่างๆ อีกด้วย

**4.1.4 จัดหาตัวประสานที่ใช้ในการคงตัวของวัสดุธรรมชาติ**

ใช้น้ำผสมแป้งมัน และวัสดุตัวประสานอื่นๆ เป็นตัวประสาน ในสัดส่วนที่เหมาะสม ดังแสดงในภาพที่ 10

**ภาพที่ 10** ตัวประสานที่ใช้ในการขึ้นรูป

**4.1.5 ทดลองการขึ้นรูป**

ในขั้นตอนนี้ ทางผู้วิจัยมีแนวคิด ที่ต้องการใช้ใบตองสด มาทำการขึ้นรูปเป็นภาชนะ โดยมีสมมติฐานที่ต้องการให้การคงตัวคงรูปของใบตองสด ในสภาวะตัวแปรที่กำหนดในการขึ้นรูป ที่เป็นสภาวะตัวแปร ที่เคยใช้ในการขึ้นรูปใบตองแห้งมาก่อนหน้านี้แล้ว โดยกำหนดจำนวนชั้นของใบตองไว้ที่ 10-15 ชั้นเนื่องจากความหนาของภาชนะที่ได้ทำการทดลองมีระยะช่องว่างที่ 5 มิลลิเมตร เป็นตัวแปรคงที่ และ กำหนด เวลา และ อุณหภูมิ เป็น ตัวแปรที่เปลี่ยนค่าได้ ภายใต้ เครื่องอัดขึ้นรูปยางที่มีแรงดันคงที่ 100 กิโลกรัมแรงต่อตารางเซนติเมตร เพื่อดูความคงตัวของภาชนะซึ่งเป็นตัวแปรตาม ในงานวิจัยนี้ โดยคาดว่ารูปแบบ ภาชนะ จะเป็นลักษณะ ยังคงเป็นธรรมชาติ ดังแสดงในภาพที่ 11

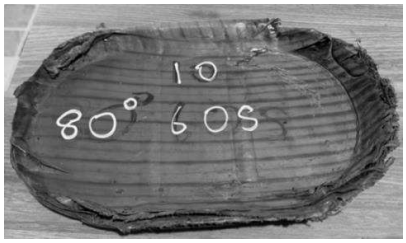
**ภาพที่ 11** ตัวอย่างของภาชนะที่ต้องการ

จากสมมติฐาน ด้านบนในการทดลองได้กำหนด ค่าของอุณหภูมิไว้ที่ 80 องศาเซลเซียส เพียงค่าเดียว เนื่องจาก อุณหภูมิที่สูงกว่านี้ จะทำให้ ใบตองเกิดความร้อนสูงจนทำให้ความชื้นในใบตองเดือดจนไหม้ เปลี่ยนสีออกคล้ำ และ เวลาที่ใช้ ตั้งไว้ที่ 90 และ 60 วินาที และเริ่มการทดลองการขึ้นรูป ดังแสดงในภาพที่ 12-15

**ภาพที่ 12** ชิ้นงานภาชนะที่ขึ้นรูป 90 วินาที เซตที่ 1

**ภาพที่ 13** ชิ้นงานภาชนะที่ขึ้นรูป 90 วินาที เซตที่ 2

**ภาพที่ 14** ชิ้นงานภาชนะที่ขึ้นรูป 60 วินาที เซตที่ 1




**ภาพที่ 15** ชิ้นงานภาชนะที่ขึ้นรูป 60 วินาที เซตที่ 2

หลังจากการขึ้นรูป ทั้ง 2 กลุ่ม ตามสมมติฐาน พบว่า สภาวะการคงรูปของภาชนะ ที่สมบูรณ์ จะอยู่ภายใต้ พารามิเตอร์ ที่ ใบตอง 10-15 ชั้น อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส และ เวลาในการขึ้นรูป 90 วินาที ภาชนะที่ได้มีความคงรูปที่สมบูรณ์ สามารถรองรับของเหลว และ ของบริโภคได้ แต่เนื่องด้วย ความชื้นที่ยังมีอยู่ใน ใบตอง สด เมื่อผ่านกระบวนการการขึ้นรูป แล้ว ทำให้เกิด กลิ่นของใบตองชื้นบวกตัวประสาน เพียงเล็กน้อย และพบความอ่อนตัวของภาชนะอยู่บ้าง จึงได้ทำการทดลองเพิ่ม จากผลลัพธ์ที่ได้ โดยการ นำใบตองสดไป ตากแห้ง โดยประมาณ 2-3 ชั่วโมงก่อนการขึ้นรูป และ นำมาขึ้นรูป อีกครั้งที่ สภาวะ และ พารามิเตอร์เดิม ลดเวลาอบเหลือ 60 วินาทีพบว่า ภาชนะใบตอง มีความแข็งแรงเพิ่มขึ้น มีความแห้งขึ้น และกลิ่นชื้นลดลง ดังแสดงในภาพที่ 16-17

**ภาพที่ 16** ชิ้นงานที่ขึ้นรูปหลังตากแดดเซตที่ 1

**ภาพที่ 17** ชิ้นงานที่ขึ้นรูปหลังตากแดดเซตท

#### 4.1.6 สรุปผลการทดลอง

จากผลการดำเนินงาน และการทดลอง พบว่า การศึกษาแนวทางสร้างชุดอัดขึ้นรูปต้นแบบ โดยใช้แนวทางเทคนิคการขึ้นรูปยาง สามารถประยุกต์ ใช้งานได้ โดยองค์ประกอบต่างๆ ของการขึ้นรูปยาง สามารถมาใช้ในการพัฒนา ขึ้นรูป ภาชนะจากธรรมชาติได้อย่างมีนัยยะ เป็นไปได้ และ กระบวนการดังกล่าวนี้สามารถผลิตภาชนะต้นแบบจากวัสดุธรรมชาติได้ ภายใต้แม่พิมพ์ ที่มีขนาด เหมาะสมโดยมีขนาดพื้นที่ของแม่พิมพ์เล็กกว่าพื้นที่แผ่นยึดแม่พิมพ์ของเครื่อง หรือ ขนาดพื้นที่ แม่พิมพ์ มีพื้นที่ขนาดไม่เกิน ร้อยละ 60-70 ของแผ่นยึดแม่พิมพ์

## 5. ผลการวิจัย

จากผลการดำเนินงาน และการทดลอง พบว่า การศึกษาแนวทางสร้างชุดอัดขึ้นรูปต้นแบบ โดยใช้แนวทางเทคนิคการขึ้นรูปยาง สามารถประยุกต์ ใช้งานได้ โดยองค์ประกอบต่างๆ ของการขึ้นรูปยาง สามารถมาใช้ในการพัฒนา ขึ้นรูป ภาชนะจากธรรมชาติได้อย่างมีนัยยะ เป็นไปได้ มีพารามิเตอร์ ที่ ใบตอง 10-15 ชั้น

อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส และ เวลาในการขึ้นรูป 90 วินาที และใบตองที่ตากแห้ง ใช้เวลา 60 วินาที และกระบวนการดังกล่าวนี้สามารถผลิตภาชนะต้นแบบจากวัสดุธรรมชาติได้ ภายใต้แม่พิมพ์ ที่มีขนาด เหมาะสมโดยมีขนาดพื้นที่ของแม่พิมพ์เล็กกว่าพื้นที่แผ่นยึดแม่พิมพ์ของเครื่อง หรือ ขนาดพื้นที่ แม่พิมพ์ มีพื้นที่ขนาดไม่เกินร้อยละ 60-70 ของแผ่นยึดแม่พิมพ์

## 6. เอกสารอ้างอิง

[1] Available Source: http://www.baanlaesuan.com/124936/diy/easy-tips/eco-friendly-utensils, January 19, 2019.

[2] ชานุ แสงคำ และคณะ. (2556). *เครื่องขึ้นรูปภาชนะจากวัสดุธรรมชาติ* (ปริญญานิพนธ์). มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ.

[3] Available Source: https://www.supersiliconeandresinart.com, January 19, 2019.

[4] Hawthorne Rubber Mfg. Corp. 2004. *Information about Compression, Transfer, and Injection Moulding*. Available Source: http://www.hawthornerubber.com/index.html, August 1, 2015.

[5] Robinson Rubber Products Company, Inc. America, Inc. 2005. *Designing with Rubber*. Available Source: http://www.robinsonrubber.com, July 28, 2015.

[6] ชุกรี แดสา. (2551). *การพัฒนาซอฟต์แวร์ช่วยในการออกแบบแม่พิมพ์ชนิดอัดขึ้นรูปสำหรับผลิตภัณฑ์ยาง*. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

[7] Santiago Muñoz-P., Eduardo Lopez-G., Cristina S., & Miguel Angel R. (2019). *Effect of Mold Temperature on the Impact Behavior and Morphology of Injection Molded Foams Based on Polypropylene Polyethylene–Octene Copolymer Blends. Polymers (Basel).* https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6572697/