

## การศึกษากระบวนการอัดขึ้นรูปส้อมจิ้มผลไม้จากแป้งสำเร็จรูป

## A study of Compression Molding Process for Fruit Fork from Starch

ธีรวัฒน์ แสงภาส<sup>1</sup><sup>1</sup>หลักสูตรวิศวกรรมแม่พิมพ์ สาขาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ 128 ถนนห้วยแก้ว

อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ 50300

Teerawat Sangkas<sup>1</sup><sup>1</sup>Department of Tools and Die Engineering Faculty of Engineering, 128 HuayKaew Road,

Muang, Chiangmai, 50300

Corresponding author Email: S.teerawat88@gmail.com\*

(Received: January 16, 2023; Revised: June 12, 2023; Accepted: June 26, 2023)

## บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาเกี่ยวกับการขึ้นรูปส้อมจิ้มผลไม้จากแป้งสำเร็จรูป โดยได้ทำการออกแบบและสร้างชุดแม่พิมพ์แบบ 2 ระบบปลด เพื่อทำการปลดชิ้นงาน ผู้วิจัยได้พบว่าแป้งสาลีมีแนวโน้มที่สามารถนำมาขึ้นรูปเป็นชิ้นงานได้ผู้วิจัยจึงได้ทำการออกแบบส่วนผสมของแป้งกับน้ำใหม่เพื่อให้ขึ้นรูปได้ ซึ่งอัตราส่วนผสมระหว่างแป้งข้าวโพดต่อน้ำที่ 80 : 20 ใช้เวลาในการขึ้นรูป 10 นาที ใช้แรงปิดแม่พิมพ์ 10 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร และใช้อุณหภูมิในการขึ้นรูป 120 องศาเซลเซียส และสามารถปลดชิ้นงานโดยชุดแม่พิมพ์ที่ออกแบบระบบปลด 2 ขั้นตอนได้โดยชิ้นงานไม่แตกหักเสียหาย หลังจากการขึ้นรูปได้นำชิ้นงานไปตรวจสอบคุณสมบัติ พบว่าชิ้นงานมีค่าความแข็งเฉลี่ย 85.15A มีเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำ 46.65 เปอร์เซ็นต์ และสามารถย่อยสลายทางชีวภาพได้ภายใน 5 วัน

**คำสำคัญ:** แม่พิมพ์อัดขึ้นรูป ส้อมจิ้มผลไม้จากแป้งสำเร็จรูป แป้งสำเร็จรูป

## Abstract

This research aims to study the process of compression molding fruit forks from starch. The design and making of a mold set by designing the ejection system as a 2-step system. The first step is to use the stripper plate to eject the workpiece out of the mold. The second step is to use the ejector pin to push the workpiece off the stripper plate. The research found that wheat flour has a better-forming tendency than corn flour, but the workpiece is still not usable. The researcher is continuing to experiment with modifying the mixing ratio. After the experiment, it was found that the percentage that was able to form a good fruit fork was mixing the ratio of corn flour to water at 80:20, forming a time of 10 minutes using a mold closing force of 10 kg/cm<sup>2</sup>. And using a molding temperature of 120 degrees Celsius, the workpiece can be ejected by a mold set designed with a 2-step system without breaking the workpiece. After forming, the workpiece was checking its properties. It was

found that the workpiece had an average hardness of 85.15A with 46.65% water absorption and could biodegrade in 5 days, so it is likely to be developed as a material that can replace plastic in the future.

**Keywords:** Compression molding, Fruit from Starch, Starch

## 1. บทนำ

พลาสติกเป็นผลิตภัณฑ์อย่างหนึ่งที่ได้จากอุตสาหกรรมปิโตรเคมี และนำมาใช้ประโยชน์ แทนโลหะ ไม้ หรือวัสดุธรรมชาติอื่น ๆ เช่น ทำเส้นใยสำหรับผลิตสิ่งทอ หล่อเป็นลำเรือ ชิ้นส่วนของยานยนต์ ภาชนะบรรจุภัณฑ์ต่าง ๆ รวมทั้งอุปกรณ์ และเครื่องใช้อื่น ๆ ปัจจุบันพลาสติกมีบทบาทอย่างยิ่งในชีวิตประจำวัน [1] อย่างไรก็ตามพลาสติกที่มีประโยชน์ในหลายๆด้านก็สร้างปัญหาทางด้านสิ่งแวดล้อมโดยที่คนส่วนมากยังไม่คำนึงถึง ซึ่งปัญหาคือไมโครพลาสติกที่ได้แพร่กระจายไปสู่ระบบนิเวศต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นในน้ำหรืออากาศ ไมโครพลาสติกจะส่งผลกระทบต่อร่างกายของผู้ได้รับในจำนวนมากและต่อเนื่อง ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะสร้างผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม และสามารถย่อยสลายได้ด้วยตัวเอง [2] ซึ่งจะทำให้การขึ้นรูปขึ้นรูปผลิตภัณฑ์เป็นชิ้นงานส้อมจิ้มผลไม้ที่ใช้แปรงสำเร็จรูปในการขึ้นรูปด้วยกระบวนการอัดขึ้นรูปโดยใช้แม่พิมพ์อัด [3] โดยในงานวิจัยนี้ได้กำหนดขอบเขตคือการศึกษากระบวนการขึ้นรูปและแรงกดอัดที่เหมาะสมต่อการขึ้นรูปชิ้นงานส้อมจิ้มผลไม้

## 2. วัสดุและขั้นตอนการทำวิจัย

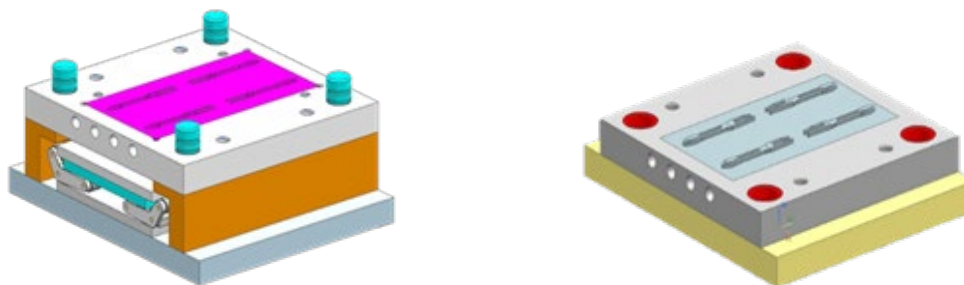
ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยเลือกใช้แป้งข้าวโพดและแป้งสาลีซึ่งแบ่งทั้ง 2 ชนิดนี้สามารถหาซื้อได้ทั่วไป และกระบวนการขึ้นรูปชิ้นงานได้ใช้กระบวนการอัดขึ้นรูปเนื่องจากเหมาะสมสำหรับขึ้นรูปวัสดุที่มีลักษณะเป็นผง [4]

### 2.1 ขั้นตอนการออกแบบแม่พิมพ์



รูปที่ 1 ชิ้นงานต้นแบบส้อมจิ้มผลไม้

ในการดีไซน์ชิ้นงานส้อมจิ้มผลไม้ นั้นต้องคำนึงถึงขั้นตอนในการขึ้นรูปชิ้นงานให้สมบูรณ์แบบ โดยแม่พิมพ์จะต้องมีระบบช่วยในการปลดชิ้นงาน เนื่องจากชิ้นงานมีลักษณะที่เล็กและบาง ทำให้เกิดการเสียหายของชิ้นงานได้หากทำการปลดชิ้นงานจากแม่พิมพ์แบบไม่ถูกต้อง



รูปที่ 2 แม่พิมพ์อัดขึ้นรูปส้อมจิ้มผลไม้

เนื่องจากชิ้นงานส้อมจิ้มผลไม้เป็นชิ้นงานที่ต้องสัมผัสกับอาหาร และเป็นส่วนผสมระหว่างแป้งสำเร็จรูปกับน้ำจึงต้องเลือกใช้วัสดุแม่พิมพ์ที่ไม่เป็นสนิม และการขึ้นรูปส้อมจิ้มผลไม้จากแป้งสำเร็จรูปต้องใช้ความร้อนในการขึ้นรูป ดังนั้นวัสดุที่ใช้ต้องนำความร้อนได้ดี ทางผู้วิจัยจึงได้เลือกใช้วัสดุสแตนเลส เกรด 304 มาใช้ในการสร้างชุดแม่พิมพ์กดอัด

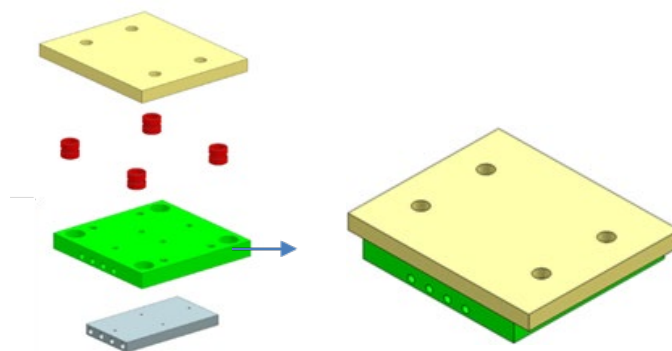
โดยเริ่มต้นกระบวนการดีไซน์แม่พิมพ์โดยต้องหาแรงดันในการขึ้นรูปชิ้นงาน โดยใช้สูตร

$$P_C = \frac{F}{A}$$

$$P_C = \frac{200 \text{ กิโลกรัม}}{6.0831 \text{ ตารางเซนติเมตร}} \quad (1)$$

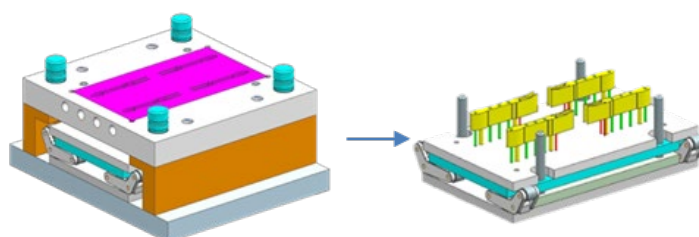
$$P_C = 32.8 \text{ กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร}$$

โดย 200 กิโลกรัมได้มาจากความสามารถในการกดอัดของเครื่องที่ใช้ เมื่อได้แรงกดอัดแล้วทำการคำนวณจำนวนเบ้ามากหรือน้อยจะขึ้นอยู่กับขนาดของแม่พิมพ์หรือขนาดของเครื่องที่ใช้ ซึ่งสามารถคำนวณจำนวนเบ้า ( $N_{cavity}$ ) แต่ในที่นี้ได้คำนวณจำนวนเบ้าจากขนาดไทร์บาร์ของเครื่อง จากขนาดไทร์บาร์ของเครื่อง และรูปแบบของชุดแม่พิมพ์จึงทำให้สามารถทำแม่พิมพ์ที่มีเพียง 4 เบ้า จึงสามารถทำการติดตั้งชุดแม่พิมพ์กดอัดขึ้นรูปเข้ากับเครื่องกดอัดได้ จากกระบวนการดังกล่าวจำเป็นจะต้องทำการออกแบบแม่พิมพ์ที่เหมาะสมสำหรับชิ้นงาน ซึ่งต้องใช้แม่พิมพ์ที่มีระบบปลด 2 step ประกอบฝั่งพิมพ์ผู้ โดยประกอบแผ่นยึดพิมพ์ผู้และปลอกนำศูนย์เข้าด้วยกัน จากนั้นนำแผ่นพิมพ์ผู้มาประกอบเข้ากับแผ่นยึดพิมพ์ผู้แล้วนำแผ่นยึดแผ่นแม่พิมพ์ด้านบน นำมาประกอบเข้ากับแผ่นยึดพิมพ์ผู้มาติดกัน ดังแสดงในรูปที่ 3



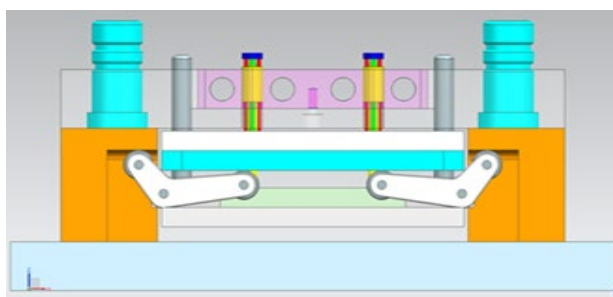
รูปที่ 3 การประกอบแม่พิมพ์ชุดบน

ขั้นตอนที่ 2 ประกอบชุดระบบปลดโดยนำ แท่งปลด A และแท่งปลด B ประกอบเข้ากับแผ่นยึดตัวดันปลด แล้วนำแผ่นยึดตัวดันปลด A มาประกอบเข้ากับแผ่นยึดแผ่นปลด จากนั้นนำแท่งปลด และแท่งดันแผ่นปลดกลับ ประกอบเข้ากับแผ่นดันปลดกลับแล้วนำ Plate Accelerator 4 ตัวมาประกอบเข้ากับแผ่นดันปลดกลับ จากนั้นนำแผ่นดันปลดชิ้นงาน A มาประกอบเข้ากับแผ่นดันปลดชิ้นงาน จากนั้นนำชุดดันแผ่นปลดกลับ และชุดดันปลดชิ้นงาน ประกอบเข้าด้วยกัน จากนั้นติดตั้งแผ่นปลด ดังแสดงในรูปที่ 4



รูปที่ 4 การประกอบแม่พิมพ์ชุดล่าง

ในแม่พิมพ์ชุดนี้มีจุดที่สำคัญคือ การปลดชิ้นงานแบบ 2 step ซึ่งจำเป็นต้องออกแบบให้มีระยะในการปลดชิ้นงานที่แตกต่างกัน เพื่อให้ปลดชิ้นงานได้สมบูรณ์แบบมากที่สุด ดังแสดงในรูปที่ 5



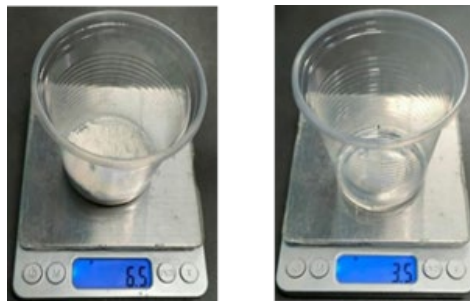
รูปที่ 5 ชุดระบบปลดชิ้นงานแบบ 2 Step

เมื่อทำการผลิตและประกอบเสร็จจึงนำแม่พิมพ์ไปทดลองกดอัดขึ้นรูปชิ้นงานส้อมจิ้มผลไม้ และหาจุดที่ต้องปรับแก้ในระบบปัดของแม่พิมพ์

ตารางที่ 1 ตารางการออกแบบทดลอง

| ปัจจัยสำเร็จรูป         | หน่วย          | ปัจจัยข้าวโพด |         | ปัจจัยสาลี |
|-------------------------|----------------|---------------|---------|------------|
| อัตราส่วน<br>แป้ง : น้ำ | WT%<br>(gram)  | 60: 40        | 65 : 35 | 70: 30     |
| อุณหภูมิ                | Degree Celsius | 140           |         | 150        |
| เวลา                    | Sec            | 300           |         | 600        |

หลังจากได้วางแผนการทดลองแล้ว จึงทำการชั่งน้ำหนักของแป้งและน้ำให้ได้ตามสัดส่วน และทำการผสมแป้งกาน้ำที่ได้ตวงไว้โดยขั้นตอนการผสมจะทำการคนด้วยมือให้แป้งกับน้ำเข้ากันจนแป้งมีลักษณะเป็นก้อนที่เกาะตัวกันได้ดี ที่ออกแบบไว้ซึ่งจะทำการทดลองทุกอัตราส่วน เพื่อหาว่าอัตราส่วนใดเหมาะสมในการขึ้นรูปและมีคุณสมบัติที่เป็นไปตามความต้องการ ดังแสดงในรูปที่ 6



รูปที่ 6 การชั่งตวงน้ำหนักของแป้งและน้ำ

การทดลองเริ่มจากการติดตั้งแม่พิมพ์เข้ากับเครื่องกดอัดพลาสติกแบบกึ่งอัตโนมัติ และติดตั้งฮีตเตอร์เข้ากับแม่พิมพ์ จากนั้นตรวจสอบการทำงานของแม่พิมพ์ และระบบปัดของชุดแม่พิมพ์ หลังจากนั้นทำการปรับตั้งอุณหภูมิที่จะใช้ในการกดอัดขึ้นรูป โดยทำการอุ่นแม่พิมพ์ก่อนจะเติมน้ำลงไป ที่อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส และ 150 องศาเซลเซียส เมื่ออุ่นอุณหภูมิแม่พิมพ์ถึงตามที่ปรับค่าไว้แล้วหลังจากนั้น ทำการเติมผงแป้งสำเร็จรูปที่ผสมเตรียมไว้ลงไปแม่พิมพ์โดยใช้อุณหภูมิในการขึ้นรูปที่ 140 องศาเซลเซียส และ 150 องศาเซลเซียส ดังแสดงในรูปที่ 7



รูปที่ 7 การใส่วัสดุในแม่พิมพ์ก่อนการอัดขึ้นรูป

หลังจากเติมผงแป้งสำเร็จรูปลงไปในแม่พิมพ์ ให้ปิดแม่พิมพ์ และตั้งเวลาในการกดอัดที่ 300 วินาที และ 600 วินาที โดยใช้แรงกดอัด 10 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร

## 2.2 การทดลองการอัดขึ้นรูปชิ้นงาน

จากผลการดำเนินการทดลองนั้นจะทำการทดลองขึ้นรูปชิ้นงานที่มีความเป็นไปได้มากที่สุด ซึ่งผลจากการออกแบบการทดลองบางการทดลองไม่สามารถขึ้นรูปชิ้นงานได้ ในการดำเนินการทดลองนี้ผู้วิจัยได้ตรวจสอบความสมบูรณ์ของชิ้นงาน และความแข็งแรงของชิ้นงาน

## 2.3 ผลการทดลอง

ผลการทดลองอัดขึ้นรูปงานส้อมจิ้มผลไม้ที่ทำจากแป้งข้าวโพด : น้ำ ที่อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการทดลองอัดขึ้นรูป อัตราส่วน ข้าวโพด : น้ำ ที่อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส

| เวลา (วินาที) | อัตราส่วนผสม แป้ง : น้ำ | การปลดงาน | ผิวชิ้นงาน | ลักษณะงาน                        |
|---------------|-------------------------|-----------|------------|----------------------------------|
| 300           | 60 : 40                 | X         | X          | ชิ้นงานแห้งเปราะ และเป็นโพรง     |
|               | 65 : 35                 | ✓         | X          | ชิ้นงานแห้งเปราะ และเป็นโพรง     |
|               | 70 : 30                 | ✓         | X          | ชิ้นงานแห้งเปราะ และเป็นโพรง     |
| 600           | 60 : 40                 | X         | X          | ชิ้นงานแห้งเปราะ และมีลักษณะร่วน |
|               | 65 : 35                 | ✓         | X          | ชิ้นงานแห้งเปราะ และมีลักษณะร่วน |
|               | 70 : 30                 | ✓         | X          | ชิ้นงานแห้งเปราะ และเป็นโพรง     |

การทดลองต่อไปคือผลการทดลองของการทดลองอัดขึ้นรูปงานส้อมจิ้มผลไม้ที่ทำจากแป้งข้าวโพด : น้ำ ที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการทดลองอัดขึ้นรูป อัตราส่วน ข้าวโพด : น้ำ ที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส

| เวลา (วินาที) | อัตราส่วนผสม แป้ง : น้ำ | การปลดงาน | ผิวชิ้นงาน | ลักษณะงาน                        |
|---------------|-------------------------|-----------|------------|----------------------------------|
| 300           | 60 : 40                 | ✓         | X          | ชิ้นงานแห้งเปราะ และเป็นโพรง     |
|               | 65 : 35                 | ✓         | X          | ชิ้นงานแห้งเปราะ และเป็นโพรง     |
|               | 70 : 30                 | X         | X          | ชิ้นงานแห้งเปราะ และเป็นโพรง     |
| 600           | 60 : 40                 | ✓         | X          | ชิ้นงานแห้งเปราะ และมีลักษณะร่วน |
|               | 65 : 35                 | ✓         | ✓          | ชิ้นงานแห้งเปราะและโก่งงอ        |
|               | 70 : 30                 | ✓         | X          | ชิ้นงานแห้งเปราะ และเป็นโพรง     |

จากตารางที่ 2 และ ตารางที่ 3 พบว่า แป้งข้าวโพดไม่สามารถขึ้นรูปได้เนื่องจาก เมื่อเติมแป้งลงบนแม่พิมพ์ แป้งข้าวโพดจะพองตัวทันทีส่งผลให้เกิดโพรงภายในจึงทำให้ชิ้นงาน เปราะ และไม่แข็งแรงไม่สามารถใช้งานได้

ตารางที่ 4 ผลการทดลองอัดขึ้นรูป อัตราส่วน แป้งสาลี : น้ำ ที่อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส

| เวลา (วินาที) | อัตราส่วนผสม แป้ง : น้ำ | การปลดงาน | ผิวชิ้นงาน | ลักษณะงาน                    |
|---------------|-------------------------|-----------|------------|------------------------------|
| 300           | 60 : 40                 | X         | X          | ชิ้นงานไม่แข็งตัว            |
|               | 65 : 35                 | X         | X          | ชิ้นงานไม่แข็งตัว            |
|               | 70 : 30                 | ✓         | ✓          | ชิ้นงานแห้งเปราะและมีผิวไหม้ |
| 600           | 60 : 40                 | X         | X          | ชิ้นงานไม่แข็งตัว            |
|               | 65 : 35                 | ✓         | X          | ชิ้นงานไม่แข็งตัว            |
|               | 70 : 30                 | ✓         | X          | ชิ้นงานแห้งเปราะและมีผิวไหม้ |

ตารางที่ 5 ผลการทดลองอัดขึ้นรูป อัตราส่วน แป้งสาลี : น้ำ ที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส

| เวลา (วินาที) | อัตราส่วนผสม แป้ง : น้ำ | การปลดงาน | ผิวชิ้นงาน | ลักษณะงาน                    |
|---------------|-------------------------|-----------|------------|------------------------------|
| 300           | 60 : 40                 | X         | X          | ชิ้นงานไม่แข็งตัว            |
|               | 65 : 35                 | ✓         | X          | ชิ้นงานแห้งเปราะและมีผิวไหม้ |
|               | 70 : 30                 | ✓         | X          | ชิ้นงานแห้งเปราะและมีผิวไหม้ |
| 600           | 60 : 40                 | X         | X          | ชิ้นงานไม่แข็งตัว            |
|               | 65 : 35                 | ✓         | X          | ชิ้นงานแห้งเปราะและมีผิวไหม้ |
|               | 70 : 30                 | ✓         | X          | ชิ้นงานแห้งเปราะและมีผิวไหม้ |

จากผลการทดลองดังแสดงตารางที่ 4 และ ตารางที่ 5 เมื่อได้ทำการทดลองอัดขึ้นรูปชิ้นงานตามทีออกแบไว้พบว่า แป้งสาลีสามารถขึ้นรูปได้ดีกว่าแป้งข้าวโพดแต่ยังไม่มีอัตราส่วนที่เหมาะสมสำหรับการนำไปใช้ในการขึ้นรูปส้อมจิ้มผลไม้จากแป้งสำเร็จรูป จากการทดลอง การทดลองที่อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส ชิ้นงานสามารถขึ้นรูปได้ดีกว่า 150 องศาเซลเซียส แต่ชิ้นงานยังไม่แข็งตัวเนื่องจากมีอัตราส่วนของน้ำในแป้งมาก การทดลองที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส ชิ้นงานจะมีผิวที่ไหม้แห้งกรอบ และผิวดูไม่เรียบ เนื่องจากอุณหภูมิในการขึ้นรูปสูงเกินไปจึงทำให้ขณะเติมแป้งสำเร็จรูปลงไปบนแม่พิมพ์ทำให้แป้งพองตัว และเกิดการผิวดูไม่เรียบ ผู้วิจัยจึงได้ทำการทดลองต่อ โดยการเพิ่มอัตราส่วนของแป้งกับน้ำ

ตารางที่ 6 ผลการทดลองอัดชิ้นงานส้อมจิ้มผลไม้ที่ทำจากแป้งสาลี : น้ำ ทดลองอัดที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส ใช้เวลาในการขึ้นรูป 300 วินาที และ 600 วินาที

| เวลา (วินาที) | อัตราส่วนผสม แป้ง : น้ำ | การปลดงาน | ผิวชิ้นงาน | ลักษณะงาน                                            |
|---------------|-------------------------|-----------|------------|------------------------------------------------------|
| 300           | 75 : 25                 | ✓         | ✓          | ชิ้นงานสามารถขึ้นรูปได้ แต่ยังมีส่วนที่ยังไม่แข็งตัว |
|               | 80 : 20                 | ✓         | ✓          | ชิ้นงานสามารถขึ้นรูปได้ แต่ยังมีส่วนที่ยังไม่แข็งตัว |
| 600           | 75 : 25                 | ✓         | ✓          | ชิ้นงานสามารถขึ้นรูปได้ แต่ยังมีส่วนที่ยังไม่แข็งตัว |
|               | 80 : 20                 | ✓         | ✓          | ชิ้นงานสามารถขึ้นรูปได้ตามแบบ                        |

จากผลการทดลองตามตารางที่ 6 มีชิ้นงานที่สามารถขึ้นรูปได้ ดังแสดงในรูปที่ 8 ซึ่งชิ้นงานมีลักษณะสมบูรณ์มากที่สุดเมื่อเทียบกับชิ้นงานที่ได้ทำการทดลองก่อนหน้านี้ดังแสดงในรูปที่ 9

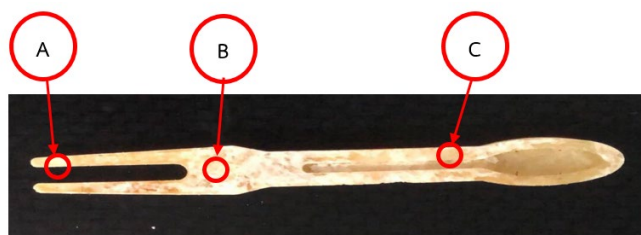


รูปที่ 8 ชิ้นงานแป้งสาลีที่ขึ้นรูปได้ดี



รูปที่ 9 ชิ้นงานที่ขึ้นรูปได้แต่ไม่สมบูรณ์

เมื่อทำการทดลองขึ้นรูปชิ้นงานตามตารางที่ 6 พบว่าที่ อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส อัตราส่วนผสม : น้ำ 80 : 20 ใช้เวลาในการขึ้นรูป 600 วินาที สามารถทำได้ขึ้นรูปชิ้นงานได้ดีชิ้นงานสามารถปลดออกได้โดยไม่มีการแตกหัก และชิ้นงานแข็งตัวเมื่อออกจากแม่พิมพ์ ทางกลุ่มผู้จัดทำจึงได้เลือกอัตราส่วนดังกล่าวไปทำการทดลองขึ้นรูปต่อเพื่อทำการทดสอบคุณสมบัติของส้อมจิ้มผลไม้ โดยการทดสอบค่าความแข็งของชิ้นงานจะทดสอบตามจุดตรวจวัดที่ได้กำหนดไว้ดังรูปที่ 10



รูปที่ 10 จุดตรวจวัดความแข็งชิ้นงาน

ตารางที่ 7 การวัดค่าความแข็งของส้อมจิ้มผลไม้

| ชั้นที่ | จุดตรวจวัด Shore A (HA) |       |       |
|---------|-------------------------|-------|-------|
|         | A                       | B     | C     |
| 1       | 83.00                   | 88.00 | 84.00 |
| 2       | 85.50                   | 82.50 | 82.00 |
| 3       | 80.50                   | 88.50 | 82.00 |
| 4       | 81.00                   | 82.00 | 83.50 |
| 5       | 84.50                   | 88.00 | 88.50 |
| 6       | 85.00                   | 80.50 | 86.00 |
| 7       | 84.50                   | 88.50 | 85.00 |
| 8       | 83.50                   | 86.00 | 88.50 |
| 9       | 83.00                   | 85.50 | 83.50 |
| 10      | 88.00                   | 81.00 | 86.50 |
| เฉลี่ย  | 85.80                   | 85.05 | 84.90 |

เมื่อทำการตรวจสอบความแข็งของชิ้นงานแล้วจึงทำการทดสอบการดูดซึมน้ำของส้อมจิ้มผลไม้ เนื่องจากส้อมจิ้มผลไม้จะมีการใช้งานกับผลไม้ที่มีปริมาณน้ำเยอะเช่นแตงโม หากส้อมดูดซึมน้ำได้ดีเกินไปก็จะไม่สามารถใช้งานได้นานเท่าที่ควร

ตารางที่ 8 ตารางแสดงผลการดูดซึมน้ำ

| ชั้นที่ | น้ำหนักแห้งก่อนแช่น้ำ(กรัม) | น้ำหนักหลังแช่น้ำ<br>600 วินาที | การดูดซึมน้ำ (เปอร์เซ็นต์) |
|---------|-----------------------------|---------------------------------|----------------------------|
| 1       | 2.40                        | 3.70                            | 54.17                      |
| 2       | 1.80                        | 2.50                            | 38.89                      |
| 3       | 2.10                        | 3.30                            | 57.14                      |
| 4       | 2.60                        | 3.60                            | 38.46                      |
| 5       | 2.30                        | 3.00                            | 30.43                      |
| 6       | 2.20                        | 3.40                            | 54.54                      |
| 7       | 2.00                        | 2.90                            | 45.00                      |
| 8       | 2.40                        | 3.50                            | 45.83                      |
| 9       | 2.00                        | 3.20                            | 60.00                      |
| 10      | 1.90                        | 2.70                            | 42.10                      |
| เฉลี่ย  | 2.17                        | 3.18                            | 46.656                     |

## 2.4 อภิปรายผล

จากการศึกษาการกดอัดขึ้นรูปส้อมจากแป้งข้าวโพดและแป้งสาลี เมื่อทำการทดลองขึ้นรูปชิ้นงานตามที่ได้ออกแบบการทดลองไว้พบว่าแป้งข้าวโพดนั้นไม่สามารถนำมากดอัดขึ้นรูปเป็นส้อมจิ้มผลไม้ที่สมบูรณ์ได้ ผู้วิจัยจึงขยายขอบเขตการทดลองโดยเพิ่มอัตราส่วนของแป้งให้มากขึ้น ก็ยังพบว่าข้าวโพดนั้นไม่สามารถขึ้นรูปชิ้นงานได้ จากการทดลองผู้วิจัยจึงพบว่าแป้งสาลีมีแนวโน้มขึ้นรูปชิ้นงานได้ดีกว่าข้าวโพด แต่อย่างไรก็ตามแป้งสาลีไม่สามารถขึ้นรูปได้ตามแบบการทดลองที่ได้ออกแบบไว้ และจึงทำการ

ขยายขอบเขตการทดลอง จึงพบว่าที่ อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส อัตราส่วนแป้ง : น้ำ 80 : 20 ใช้เวลาในการขึ้นรูป 600 วินาที สามารถทำได้ขึ้นรูปชิ้นงานได้ดีชิ้นงานสามารถปลดออกได้โดยไม่มีการแตกหัก และชิ้นงานแข็งตัวเมื่อออกจากแม่พิมพ์ชิ้นงานมีขนาดที่สมบูรณ์ เป็นไปตามที่ออกแบบไว้

ในส่วนของการทดสอบความแข็งของส้อมจิ้มผลไม้ นั้นผู้วิจัยได้ใช้ค่าความแข็งจากส้อมผลไม้ที่ผลิตจากพลาสติก PS ซึ่งมีค่าความแข็งในช่วง 60-80 Rockwell M เป็นค่าตั้งต้นเพื่อเปรียบเทียบกับส้อมจิ้มผลไม้ที่ผลิตจากแป้ง ผลการทดสอบคือ ส้อมจิ้มผลไม้จากแป้งยังแข็งได้ไม่เทียบเท่ากับส้อมที่ทำมาจากพลาสติก แต่ยังสามารถจิ้มผลไม้ได้ดีเช่นเดียวกัน

การทดลองการดูดซับน้ำพบว่าหลังจากการทดสอบแช่น้ำเป็นเวลา 10 นาที พบว่าชิ้นงานส้อมจิ้มผลไม้จากแป้งสาเล็ดซึม น้ำโดยเฉลี่ย 46.656 เปอร์เซ็นต์ โดยชิ้นงานจะเริ่มนิ่ม และเปื่อยยุ่ยบริเวณผิวชิ้นงาน แต่ภายในชิ้นงานยังคงแข็งตัวและคงรูปได้ และเมื่อแช่ชิ้นงานไว้ในน้ำเป็นเวลา 72 ชั่วโมง ชิ้นงานจะเริ่มย่อยสลายไปทั้งหมด

การทดสอบการย่อยสลายทางชีวภาพ ทดสอบโดยการนำชิ้นงานฝังลึกจากผิวดิน 10 เซนติเมตรเป็นเวลา 20 วัน นำตัวอย่างมาตรวจสอบที่เวลา 5,10 และ 20 วัน โดยซึ่งน้ำหนักตัวอย่างเปรียบเทียบกับน้ำหนักก่อนการทดสอบและหลังการทดสอบ ผลการทดสอบพบว่า ชิ้นงานที่ฝังไว้ในดินลึกจากผิวดิน 10 เซนติเมตร เป็นเวลา 5 วัน ชิ้นงานได้ย่อยสลายไปกับดินและไม่สามารถนำออกมาวัดผลได้

### 3. สรุป

- 3.1 แม่พิมพ์แบบปลด 2 Step เหมาะสมสำหรับชิ้นงานที่มีลักษณะบาง สามารถผลิตชิ้นงานส้อมจิ้มผลไม้ได้
- 3.2 อัตราส่วนผสมของแป้งสาเล็ดน้ำที่ 80 : 20 ในการขึ้นรูปที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส ใช้เวลาในการขึ้นรูป 600 วินาทีสามารถขึ้นรูปชิ้นงานส้อมจิ้มผลไม้ได้สมบูรณ์ และชิ้นงานมีความแข็ง 85.15 Shore A
- 3.3 ชิ้นงานสามารถย่อยสลายได้เมื่อนำไปฝังในดิน

### 4. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากหลักสูตรวิศวกรรมแม่พิมพ์ สาขาวิศวกรรมอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงใหม่

### 5. เอกสารอ้างอิง

- [1] S. Sridee, "Development of Semi-Finished Rice for Health Food," *Science and Technology Government Infrastructure Database*, Ministry of Science and Technology, 2016. (in Thai)
- [2] S. Srisang, "Characteristics of Starch Affecting the Processing of Aquatic Products," *Aquaculture Product Research and Development Group, Aquaculture Technology Research and Development Division*, Department of Fisheries, 2021. (in Thai)
- [3] W. Wattanuchariya and T. Sangkas, "Effect of Forming Condition on Compressive Strength of Hydroxyapatite-Bioactive Glass Compact Rod," *Engineering Journal*, p. 20, 2016.
- [4] K. D. Cox, G. A. Covernton, H. L. Davies, J. F. Dower, F. Juanes, and S. E. Dudas, "Human Consumption of Microplastics," *Environmental Science & Technology*, vol. 53, no. 12, pp. 7068–7074, 2019.

- [5] D. Udphap, “Carbohydrate Technology,” *King Mongkut’s University of Technology Thonburi Library*. [Online]. Available: <https://eu.lib.kmutt.ac.th/eLearning/Courseware/BCT611/subject.html>. [Accessed: 01-Jan-2022]. (in Thai)
- [6] S. Jantaramanee, S. Awaphak, A. Onrak, et al., “Design and Construction of a Compression Mold for a Rubber Cup from Cement,” in *Proceeding of The 36<sup>th</sup> Conference of Industrial Engineering Network 2018 (IE Network 2018)*, Ubon Ratchathani University, Thailand, 2018. (in Thai)
- [7] K. Thunsiri, S. Udomsom and W. Wattanutchariya, “Characteristic of Pore Structure and Cells Growth on The Various Ratio of Silk Fibroin and Hydroxyapatite in Chitosan Base Scaffold,” *Key Engineering Material*, vol. 675, pp. 459-462, 2016.
- [8] Z. Gnjidic, D. Bozic, and M. Mitkov, “The Influence of Sic Particles on The Compressive Properties of Metal Matrix Composites,” *Materials Characterization*, vol. 47, no. 2, pp.129–138, 2001.
- [9] C. Daesa, “Software Development Helps Design Compression Mold for Rubber Products,” *Faculty of Engineering, Prince of Songkla University*, 2004. (in Thai)
- [10] W. Wattanutchariya, J. Ruennareenard and P. Suttakul, “Appropriate Forming Conditions for Hydroxyapatite-Bioactive Glass Compact Scaffold,” in *Proceeding of The 4<sup>th</sup> International Conference on Engineering, Applied Sciences and Technology (ICEAST 2018) “Exploring Innovative Solutions for Smart Society,”* 2018.
- [11] P. Wutticharoenmongkol, P. Rungrattanaporn, and J. Rungruangprapha, “Synthesis of Hydrogels from Three Types of Starch,” *ThaiJo*. [Online]. Available: <https://li01.tci-thaijo.org>. [Accessed: 01-Jan-2022]. (in Thai)