พิเศษ 16.40

การพัฒนาภาชนะบรรจุจากแป้งมันสำปะหลัง

งามทิพย์ ภู่วโรดม
ภาควิชาเทคโนโลยีการบรรจุ คณะอุตสาหกรรม

รายงานผลการวิจัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
KASETSART UNIVERSITY RESEARCH REPORT

TS
198.3
C3
ง26

ยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
KASETSART UNIVERSITY RESEARCH AND DEVELOPMENT INSTITUTE

รายงานผลการวิจัยประจำปี 2540
ทุนอุดหนุนวิจัยปี 2540
โครงการวิจัยรหัส พิเศษ 16.40

การพัฒนาภาชนะบรรจุจากแป้งมันสำปะหลัง

Development of Package from Cassava Flour

งามทิพย์ ภู่วโรดม[1]
Ngamtip Poovarodom
สายสนม ประดิษฐดวง[2]
Saisanom Praditdoung

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อจัดทำเครื่องขึ้นรูปต้นแบบพร้อมแม่พิมพ์ สำหรับการขึ้นรูปภาชนะบรรจุจากแป้งมันสำปะหลัง และเพื่อพัฒนาสูตรแป้งที่เหมาะสมกับการขึ้นรูปโดยวิธียัดร้อน เครื่องขึ้นรูปต้นแบบทำงานโดยระบบไฮดรอลิก มีแม่พิมพ์พร้อมแผ่นความร้อนฝังในแม่พิมพ์ ปรับอุณหภูมิได้สูงถึง 300 องศาเซลเซียส ปรับตั้งเวลาได้ หน่วยวินาที แม่พิมพ์ทรงถ้วยกลม ขนาดมิติภายนอกเส้นผ่าศูนย์กลางด้านบน 11.5 ซม. ด้านล่าง 6.5 ซม. ความสูง 5 ซม. และระยะห่างระหว่างแม่พิมพ์ตัวผู้และตัวเมีย 3 มม. มีช่องทางระบายอากาศขนาด 3 มม. ทั้งหมด 8 ช่องทาง จากการศึกษาแป้งผสมสูตรต่าง ๆ ทั้งหมด 18 สูตร พบว่ามี 3 สูตรที่เหมาะสม โดยสามารถขึ้นรูปได้โดยใช้อุณหภูมิแม่พิมพ์ตัวผู้ 180 °ซ. แม่พิมพ์ตัวเมีย 200 °ซ. เวลา 2 นาที สมบัติของภาชนะบรรจุจากแป้งทั้ง 3 สูตรมีดังนี้ ความหนาแน่นอยู่ในช่วง 0.150-0.176 กรัม/ลบ.ซม. ค่า Tensile Impact Energy อยู่ในช่วง 0.01-0.03 จูล ความต้านทานการซึมผ่านของไขมันมีค่ามากกว่า 1800 วินาที สำหรับความทนทานต่อน้ำยังมีความแปรปรวนสูงเนื่องจากภาชนะตัวอย่างมีความบกพร่องจากการขึ้นรูป ซึ่งต้องปรับเปลี่ยนแม่พิมพ์ต่อไป

1. ภาควิชาเทคโนโลยีการบรรจุ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
Dept. of Packaging Technology, Faculty of Agro-Industry, Kasetsart University.
2. ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
Dept. of Food Science and Technology, Faculty of Agro-Industry, Kasetsart University.

ABSTRACT

The objectives of this study are to fabricate a prototype forming machine for making package or food container from cassava flour and to formulate starch-mix suitable for thermal compression moulding process. The prototype machine is a compression mould with hydraulic system. Male and female moulds can be heated up to 300°C according to heat plate fixed inside. Compression time is adjustable in second. The mould is in form of round cup with ontside dimension as follows : upper part diam ter 11.5 cm, lower part diamerter 6.5 cm, height 5 cm and clearance 3 mm. Eight ventilating holes of 3 mm diameter are situated on the male mould. Among 18 formulations, it has been found that 3 formulations are suitable for compression moulding. The forming conditions are the following; male mould temperature 180°C, female mould temperature 200°C and compression time 2 minutes. Density of formed packages is in the range of 0.150-0.176 g/cm^{3}, tensile impact energy 0.01-0.03 joules. Oil resistance is greater than 1800 seconds. Water resistance of the samples are fluctuated due to defects of forming process. Therefore, it is necessary to adjust mould shape for further study.

คำนำ

พลาสติกเป็นพอลิเมอร์ที่มนุษย์สังเคราะห์ขึ้นมาให้มีสมบัติหลากหลายตามความต้องการใช้งาน ทำให้มีการนำพลาสติกไปใช้งานกันแพร่หลายเกือบทุกวงการอุตสาหกรรมซึ่งรวมทั้งอุตสาหกรรมการบรรจุด้วย ในปัจจุบันการใช้พลาสติกของโลกรวมทั้งประเทศไทยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วและต่อเนื่องมาโดยตลอด จากปริมาณการใช้พลาสติกที่เพิ่มขึ้นอย่างมากนี้เองก่อให้เกิดปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมตามมา ทั้งนี้เนื่องจากพลาสติกมีสมบัติเด่นที่สามารถทนทานต่อสภาพแวดล้อมต่าง ๆ ได้ดี ทำให้สามารถคงอยู่ได้เป็นระยะเวลายาวนาน ย่อยสลายได้ยาก การกำจัดของพลาสติกส่วนใหญ่ใช้วิธีการฝังกลบและเผา ซึ่งมักสร้างปัญหามลภาวะทั้งทางน้ำและอากาศ แม้ขยะพลาสติกบางส่วนจะสามารถนำมาหมุนเวียนใช้ใหม่ได้ (Recycle) แต่ยังมีอุปสรรคมากมายทั้งระบบการจัดเก็บและแยกชนิดพลาสติก คุณภาพพลาสติกที่ด้อยลง ปัญหาความปลอดภัยในการนำมาใช้ใหม่และต้นทุนดำเนินการสูง จึงมีการคิดค้นหาแนวทางลดการใช้พลาสติกโดยเฉพาะในส่วนที่ไม่จำเป็น ได้แก่ การใช้ในรูปภาชนะบรรจุ โดยเฉพาะภาชนะบรรจุอาหารเพื่อการบริโภคโดยตรงหรือเพื่อการเก็บในระยะเวลาสั้น ๆ

แป้งเป็นพอลิเมอร์ชีวภาพ (Biopolymer) ประกอบด้วยอะมิโลสและอะมิโลเพคติน ซึ่งทั้งสองนี้เป็นโฮโมพอลิเมอร์ที่ได้จากกลูโคสมาต่อเป็นสายโซ่โมเลกุลยาว หมู่ไฮดรอกซิลในกลูโคสสามารถยึดติดกันด้วยพันธะไฮโดรเจน เมื่ออยู่ในน้ำแป้งจะดูดน้ำและพองตัวอย่างถาวรทำให้ส่วนผสมมีความหนืดและใส ปรากฏการณ์นี้เรียกว่าการสุกหรือเจลาติไนเซชันแป้งสุกเมื่อทำให้แห้งจะเกาะตัวกันได้ดีและอาจทำให้มีรูปร่างต่าง ๆ ได้ จึงสามารถนำมาขึ้นรูปเป็นภาชนะบรรจุได้

มันสำปะหลังจัดเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญชนิดหนึ่งของประเทศไทย ผลผลิตหัวมันสดประมาณ 17-20 ล้านตันต่อปี ประมาณร้อยละ 60 จะนำไปผลิตมันเส้นและมันอัดเม็ดเพื่อใช้ผลิตอาหารสัตว์ ส่วนที่เหลืออีกร้อยละ 40 จะนำไปผลิตเป็นแป้งมันสำปะหลัง จากสถานะการณ์ราคามันสำปะหลังตกต่ำ ผลผลิตเกินความต้องการและการประกาศปฏิรูปนโยบายเกษตรร่วมของสหภาพยุโรปทำให้การส่งออกมันเส้นและมันอัดเม็ดลดลง เกษตรกรผู้ปลูกมันประสบปัญหาขาดทุน ทำให้มีการเรียกร้องและเดินขบวนให้รัฐบาลเข้าไปแก้ปัญหาอยู่เนือง ๆ เกือบทุกปี เป็นปัญหาทั้งทางเศรษฐกิจและสังคมของประเทศ

การพัฒนาภาชนะบรรจุจากแป้งมันสำปะหลัง สามารถช่วยแก้ปัญหาของประเทศทั้งทางเศรษฐกิจ สังคมและสิ่งแวดล้อม เนื่องจากเป็นการเพิ่มศักยภาพการใช้ประโยชน์มันสำปะหลัง นำมาผลิตเป็นสินค้ามูลค่าสูงขึ้น ส่งผลให้ราคามันเพิ่มขึ้นและมีเสถียรภาพมากขึ้น ภาชนะบรรจุจากแป้งมันสำปะหลังย่อยสลายทางชีวภาพได้ง่ายหลังการใช้งานจึงช่วยลดปริมาณขยะที่ต้องกำจัดและลดปัญหาสิ่งแวดล้อมจากการกำจัดขยะพลาสติก

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้ในปี 2540 เพื่อจัดทำเครื่องขึ้นรูปและแม่พิมพ์ สำหรับการขึ้นรูปด้วยวิธี Thermal Compression Moulding และเพื่อพัฒนาสูตรแป้งที่เหมาะสมกับการขึ้นรูปด้วยวิธีดังกล่าว

วิธีวิจัย

1. การจัดทำเครื่องขึ้นรูปและแม่พิมพ์

1. ติดต่อบริษัท เอ็น อาร์ อินดัสตรีส์ จำกัด เพื่ออธิบายถึงการทำงานของเครื่องมือที่ต้องการ และลักษณะของแม่พิมพ์ที่เหมาะสมเพื่อกำหนดเป็นแนวทางในการสร้างเครื่องมือและแม่พิมพ์

2. จัดทำข้อตกลงความร่วมมือระหว่างมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กับบริษัท เอ็น อาร์ อินดัสตรีส์ จำกัด โดยมีสถาบันวิจัยและพัฒนาเป็นผู้ดำเนินการและประสานงาน

3. ทดสอบเครื่องมือและแม่พิมพ์ที่บริษัท เอ็น อาร์ อินดัสตรีส์ จำกัด สร้างขึ้นมาโดยการทดสอบขึ้นรูปด้วยแป้งผสม

4. ปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องของเครื่องมือและแม่พิมพ์

2. การพัฒนาสูตรแป้งผสม

องค์ประกอบของแป้งผสม

1. แป้งมันสำปะหลัง

2. แป้งสด (แป้งที่ได้จากการนำหัวมันสดมาบด)

3. สารแต่งเติม (Additives)

3.1 พลาสติกไซเซอร์ (Plasticizer)

3.2 สารเชื่อม (Binder)

3.3 สารเพิ่มความแข็งแรง (Filler)

2.1 ชั่งแป้งและส่วนผสมต่าง ๆ ดังนี้

	ร้อยละ
แป้ง/แป้งสด	40-60
พลาสติกไซเซอร์	0-10
สารเชื่อม	0-5
สารเพิ่มความแข็งแรง	0-10
น้ำ เพื่อปรับให้ส่วนผสมเป็นร้อยละ 100	

2.2 นำส่วนผสมทั้งหมดมาผสมให้เป็นเนื้อเดียวกันในเครื่องผสมอาหาร

2.3 นำส่วนผสมที่ได้จากข้อ 2.2 มาชั่งน้ำหนักให้พอดีกับการขึ้นรูปแต่ละครั้ง (น้ำหนักจะแตกต่างกันตามสูตรของแป้งผสม)

2.4 นำแป้งผสมใส่ในแม่พิมพ์ที่ปรับอุณหภูมิไว้ตั้งแต่ 180-250 องศาเซลเซียส เวลา 30 วินาที-3 นาที

2.5 หาสภาวะการขึ้นรูป ได้แก่ อุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมของแป้งผสมแต่ละสูตร

2.6 นำถ้วยแป้งที่ขึ้นรูปได้มาทดสอบสมบัติทางการบรรจุและสมรรถนะในการใช้งาน ดังนี้

ก. หาความหนาแน่นของเนื้อแป้งหลังการขึ้นรูป

ข. หาค่า Tensile-Impact Energy ของภาชนะบรรจุจากแป้งมันสำปะหลัง โดยใช้เครื่อง Izod Impact Tester

ค. ทดสอบการต้านทานการซึมผ่านของไขมัน

ง. ทดสอบความทนทานต่อการบรรจุน้ำ

2.7 นำผลการทดลองในข้อ 2.6 ไปใช้ในการพัฒนาสูตรแป้งผสมต่อไป

ผลและวิจารณ์

1. การจัดทำเครื่องขึ้นรูปและแม่พิมพ์

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ได้ลงนามข้อตกลงความร่วมมือโครงการวิจัยและพัฒนาเครื่องขึ้นรูปภาชนะบรรจุจากแป้งมันสำปะหลัง กับบริษัทเอ็น อาร์ อินดัสตรีส์ จำกัด เมื่อวันที่ 22 เมษายน 2540 โดยมีสถาบันวิจัยและพัฒนาเป็นผู้ดำเนินการและประสานงาน

บริษัท เอ็น อาร์ อินดัสตรีส์ จำกัด ได้สร้างเครื่องขึ้นรูปและแม่พิมพ์เป็นระบบเครื่องที่ขึ้น-ลง ด้วยระบบไฮดรอลิก มีแม่พิมพ์ 1 cavity ติดกับแท่นอัดและสามารถถอดเปลี่ยนได้ มีแผ่นความร้อนฝังในแม่พิมพ์ทั้งตัวผู้และตัวเมีย สามารถปรับอุณหภูมิได้สูงถึง 300 องศาเซลเซียส ปรับตั้งเวลาในการอัดได้ (ความละเอียดระดับวินาที) มีปุ่มหยุดเครื่องอัตโนมัติกรณีเกิดอุบัติเหตุ แม่พิมพ์ทรงถ้วยกลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางด้านบน 11.5 ซม. และด้านล่าง 6.5 ซม (มิติด้านนอก) ความสูง 5 ซม. ระยะห่างระหว่างแม่พิมพ์ตัวผู้และตัวเมีย 3 มม. แม่พิมพ์ตัวผู้มีช่องทางระบายอากาศขนาด 3 มม. ทั้งหมด 8 ช่องทาง

2. การพัฒนาสูตรแป้งผสม

2.1 สภาวะที่เหมาะสมในการขึ้นรูป

2.1.1 อุณหภูมิ

แม่พิมพ์ตัวผู้	180°ซ.
แม่พิมพ์ตัวเมีย	200°ซ.
เวลา	2 นาที

2.2 สูตรแป้งผสม

จากการทดลองปรับสัดส่วนขององค์ประกอบต่าง ๆ เพื่อให้ได้สูตรแป้งผสมที่เหมาะสมกับการนำไปขึ้นรูปเป็นภาชนะบรรจุ โดยพิจารณาจากเกณฑ์ต่าง ๆ ดังนี้

1. ความสะดวกในการผสมส่วนผสมต่าง ๆ ทั้งหมดให้เข้ากัน
2. ความสามารถในการขึ้นรูปเป็นภาชนะที่มีรูปร่างสมบูรณ์
3. ความสะดวกในการแกะภาชนะบรรจุที่ขึ้นรูปแล้วออกจากแม่พิมพ์
4. ความแข็งแรงของภาชนะบรรจุหลังการขึ้นรูปโดยสังเกตจากความเปราะการแตกร้าวและการเสียรูป

สูตรแป้งที่สามารถนำไปขึ้นรูปเป็นภาชนะบรรจุได้อย่างเหมาะสมตามเกณฑ์ที่กล่าวข้างต้นมี 3 สูตร จากสูตรแป้งที่ผสมที่ทดลองทั้งสิ้น 18 สูตร โดยจะเรียกสูตรทั้ง 3 ดังนี้คือ PG PGC และ PGM

2.3 สมบัติทางการบรรจุและสมรรถนะการใช้งาน

2.3.1 ความหนาแน่นของภาชนะบรรจุจากแป้งมันสำปะหลังเมื่อเปรียบเทียบกับโฟม (EPS) ที่ใช้ผลิตกล่องอาหาร

ตัวอย่าง	ความหนาแน่นเฉลี่ย* (กรัม/ลบ.ซม.)
PG	0.150 ± 0.085
PGC	0.176 ± 0.022
PGM	0.161 ± 0.019
โฟม EPS	0.034 ± 0.006

* n = 10

จากตารางพบว่าภาชนะบรรจุจากแป้งจะมีความหนาแน่นสูงกว่า EPS ประมาณ 5 เท่า ดังนั้นการผลิตภาชนะบรรจุที่มีขนาดเท่ากัน ภาชนะจากแป้งจะหนักกว่าภาชนะโฟม ประมาณ 5 เท่า

2.3.2 ค่า Tensile-Impact Energy

ตัวอย่าง	บริเวณ	ความหนา, มม	ค่า Tensile-Impact Energy (Joule)
PG	ด้านล่าง	3.68	0.01
	ด้านข้าง	2.04	0.01
PGC	ด้านล่าง	3.23	0.02
	ด้านข้าง	2.11	0.01
PGM	ด้านล่าง	3.69	0.02
	ด้านข้าง	2.26	0.02
โฟม EPS	ฝากล่อง	3.37	0.03

ภาชนะบรรจุจากแป้งมันสำปะหลังทนทานต่อแรงกระแทกได้น้อยกว่าโฟม EPS เนื่องมาจากเนื้อกรอบและเปราะ ในขณะที่โฟมจะมีความเหนียวและยืดหยุ่นได้ดีกว่า ดังนั้นจึงควรปรับสูตรแป้งเพื่อเพิ่มความยืดหยุ่นให้กับภาชนะบรรจุจากแป้งเพื่อลดการแตกหักระหว่างเก็บ การขนส่งและการใช้งาน

2.3.3 การทดสอบการต้านทานการซึมผ่านของไขมัน

จากการทดสอบตามมาตรฐาน ASTM : D722-93 พบว่าภาชนะบรรจุจากแป้งผสมทั้ง 3 สูตร สามารถต้านทานการซึมผ่านของไขมันได้มากกว่า 1800 วินาที

2.3.4 การทดสอบความทนทานต่อน้ำ

จากการทดสอบพบว่ายังมีความคลาดเคลื่อนสูงมาก ทั้งนี้เนื่องจากแต่ละตัวอย่างมีคุณภาพไม่สม่ำเสมอ ได้แก่ ความหนา รอยต่อระหว่างฐานกับผนังของถ้วยหักมุมมากเกินไปจนเป็นจุดเริ่มต้นของการรั่ว อย่างไรก็ตามตัวอย่างถ้วยที่สมบูรณ์จะสามารถทนทานต่อน้ำได้ตั้งแต่ 20 นาทีถึงประมาณ 75 นาที ดังนั้นจึงต้องมีการออกแบบแม่พิมพ์ใหม่เพื่อแก้ไขความบกพร่องที่จะเกิดขึ้นในระหว่างการขึ้นรูป

สรุป

เครื่องขึ้นรูปและแม่พิมพ์ที่บริษัท เอ็น อาร์ อินดัสตรีส์ จำกัด สร้างขึ้นมาเป็นเครื่องอัดระบบไฮดรอลิก แม่พิมพ์จะติดกับแท่นอัดโดยแท่นอัดตัวบนจะเคลื่อนที่ลงมา ปรับตั้งเวลาในการอัดได้ มีปุ่มหยุดเครื่องอัตโนมัติในกรณีเกิดอุบัติเหตุ แม่พิมพ์เป็นทรงถ้วยกลม ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางด้านบน 11.5 ซม. และด้านล่าง 6.5 ซม. (มิติด้านนอก) ความหนาของชิ้นงานประมาณ 3 มม.

จากการทดสอบเครื่องด้วยแป้งสูตรเดิมพบว่า สามารถขึ้นรูปได้โดยใช้สภาวะดังต่อไปนี้ อุณหภูมิแม่พิมพ์ตัวบน 180°ซ และแม่พิมพ์ตัวล่าง 200°ซ เวลา 2 นาที

สูตรแป้งที่ได้ยังต้องปรับปรุงเพื่อเพิ่มความยืดหยุ่น ลดการกรอบแตกและพยายามปรับสูตรให้สามารถลดเวลาในการขึ้นรูปให้ได้ อีกทั้งต้องปรับสูตรให้ส่วนผสมมีความเป็นเนื้อเดียว (Consistence) ได้ถาวร เพื่อให้เหมาะสมกับการทำงานของเครื่องอัดหรือฉีดแบบอัตโนมัติ

เอกสารอ้างอิง

1. Bakker, M. 1986. The Wiley Encyclopedia of Packaging Technology. John Wiley & Sons, Inc., New York
2. Ching,C., D.L. Kaplan and E.L.Thomas. 1993. Biodegradable Polymers and Packaging. Technomic Publishing Co.,Inc.,Lancaster, PA. 411 p.
3. Gilbert, S. 1986. Technology and Application of Edible Protective Films, p. 371. *In* M. Mathlouthi (ed.) Food Packaging and Preservation Theory and Practice. Elsevier Applied Seience Publisher, London.
4. Gilbert, S., B. Cuq and N. Gontrad. 1997. Recent Innovations in Edible/or Biodegradable Packaging Materials. Food Additives and Contaminants. 14:741-751