การผลิตภาชนะย่อยสลายได้ทางชีวภาพจากกาบกล้วย

Production of food container from banana tree stalk

มลสุดา ลิวไธสง[1], ทวิชจิตรสมบูรณ์[1*]

[1] สาขาวิศวกรรมเครื่องกล สำนักวิชาวิศวกรรมมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี111 ถนนมหาวิทยาลัย
ตำบลสุรนารี อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา
*ผู้ติดต่อ: tawit.boon@gmail.com และtabon@sut.ac.th, เบอร์โทรศัพท์: 044 224 410-1, เบอร์โทรสาร: 044 224 4613

บทคัดย่อ

ภาชนะสำหรับบรรจุอาหารในปัจจุบันนี้ส่วนใหญ่ผลิตด้วยวัสดุจากอุตสาหกรรมปิโตรเคมี ซึ่งนอกจากจะเป็นการไม่ยั่งยืนแล้ว ภาชนะเหล่านี้ยังไม่สามารถย่อยสลายได้ตามธรรมชาติ หรือต้องใช้เวลาในการย่อยสลายนานหลายร้อยปีซึ่งเป็นผลเสียต่อสิ่งแวดล้อม งานวิจัยนี้จึงได้คิดค้นและทดลองผลิตภาชนะจากวัสดุธรรมชาติ ซึ่งในที่นี้ได้เลือกใช้กาบกล้วยเป็นส่วนผสมหลักและใช้แป้งมันสำปะหลังเป็นตัวประสาน โดยทำการขึ้นรูปด้วยกระบวนการอัดแบบให้ความร้อนไปในตัว จากนั้นทำการศึกษาผลกระทบของปัจจัยการผลิตต่างๆ คือ ความหยาบ ความละเอียดของเส้นใยกล้วย อุณหภูมิและแรงดันที่ใช้ในการอัดอัตราส่วนผสมระหว่างกาบกล้วยและแป้งมันสำปะหลังซึ่งจะใช้ปริมาณแป้งมันสำปะหลังให้น้อยที่สุดเพื่อช่วยลดต้นทุนในการผลิต ปัจจัยดังกล่าวจะส่งผลกระทบต่อสมบัติต่างๆ ของวัสดุ ซึ่งสมบัติที่จะทำการศึกษาได้แก่ สมบัติการต้านแรงดัดโค้ง มอดูลัสแรงดัดโค้งค่าความหนาแน่นและสมบัติการซึมน้ำ

คำหลัก:ภาชนะย่อยสลายได้ทางชีวภาพภาชนะชีวภาพจากกาบกล้วยกระบวนการอัดขึ้นรูปภาชนะจากกาบกล้วยสมบัติทางกลของภาชนะกาบกล้วย

Abstract

Food container produced from the petro-chemical industry is not sustainable and non-degradable in the environment; it takes several hundred years to decompose and thus harmful to the environment. This research proposes to produce food container from banana tree stalk by using cassava starch as binder. The food container will be formed in a mold by a hot-pressed process. Various parameters will be studied such as the size of banana fiber, temperature and pressure used in the compression process as well as the ratio between banana fiber and cassava starch. Material properties affected by the mentioned parameters will be studied such as flexural strength, flexural modulus, density and water absorption.

Keywords:Bio-degradable container, Bio-degradable container from banana tree stalk, Compression process of bio-degradable container, Mechanical properties of banana tree stalk container.

1. บทนำ

อุตสาหกรรมปิโตรเคมี เป็นอุตสาหกรรมพื้นฐานที่เริ่มต้นจากน้ำมันดิบและแก๊สธรรมชาติ ไปสู่กระบวนการผลิตสังเคราะห์เป็นผลิตภัณฑ์ต่อเนื่องและพัฒนาไปสู่วัสดุพอลิเมอร์ เส้นใย หรือพลาสติกชนิดต่างๆ ที่เข้ามามีบทบาทในชีวิตประจำวันของมนุษย์มานานกว่าร้อยปี แต่ปริมาณของน้ำมันดิบและก๊าซธรรมชาติจะต้องหมดไปในที่สุด และยังก่อให้เกิดการสะสมของมลภาวะจากกระบวนผลิตของอุตสาหกรรมปิโตรเคมี ซึ่งได้ขยายไปในวงกว้างต่อระบบนิเวศน์ของโลก

พลาสติกเป็นผลิตภัณฑ์อย่างหนึ่งที่ได้จากอุตสาหกรรมปิโตรเคมีและนับว่ามีบทบาทสำคัญต่อการดำรงชีวิต หากเราได้มีโอกาสไปเดินซื้อสินค้าไม่ว่าที่ใดก็ตามจะพบว่าผลิตภัณฑ์เกือบทุกชนิดที่เราซื้ออาหารส่วนใหญ่ที่เรารับประทานและเครื่องดื่มจำนวนมากที่เราดื่มล้วนถูกบรรจุอยู่ในภาชนะที่เรียกว่าพลาสติกด้วยกันทั้งสิ้น [3,9]

การใช้พลาสติกมีปริมาณสูงขึ้นตามจำนวนประชากรโลกที่เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องในแต่ละปี ในทำนองเดียวกันของเหลือทิ้งที่มาจากผลิตภัณฑ์พลาสติกก็ย่อมมีมากตามไปด้วย สมบัติของพลาสติกที่มีการย่อยสลายช้ากลายเป็นปัญหาไปทั่วโลก เพราะถ้าไม่มีการกำจัดที่ถูกต้องก็จะมีแต่ทับถมกันมากขึ้นเรื่อยๆด้วยเหตุนี้จึงมีการคิดค้นวัสดุทดแทนที่ย่อยสลายได้ขึ้นมาในรูปแบบต่างๆ ตัวอย่างเช่น ภาชนะบรรจุภัณฑ์อาหารฐานชีวภาพ (Bio-based food packaging)ซึ่งเป็นแนวทางหนึ่งในการพัฒนาวัสดุสำหรับการใช้งานเพื่ออนุรักษ์สิ่งแวดล้อม ทั้งในด้านวัตถุดิบ กระบวนการผลิตและกระบวนการกำจัด โดยภาชนะเป็นสารชีวภาพที่ย่อยสลายได้และสามารถผลิตทดแทนขึ้นใหม่ได้ในธรรมชาติ (renewable resource) ซึ่งวัสดุธรรมชาติที่นิยมนำมาผลิตภาชนะบรรจุภัณฑ์อาหารเทคโนโลยีชีวภาพ คือ แป้ง (starch) ซึ่งจะมีอยู่มากใน มันสำปะหลังมันฝรั่งและข้าวโพด เป็นต้นโดยจะใช้พลังงานในกระบวนการผลิตต่ำ และผลิตภัณฑ์สามารถย่อยสลายได้ด้วยจุลินทรีย์ในธรรมชาติภายหลังจากการใช้งานกลายไปเป็น น้ำ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และมวลชีวภาพ [4,10]

ปัจจุบันภาชนะฐานชีวภาพย่อยสลายได้ได้รับความสนใจเป็นอย่างยิ่งจากนักวิจัย ตลอดจนนักอุตสาหกรรมชั้นแนวหน้าทั่วโลก ในช่วงแรกมีการวิจัยเกี่ยวกับการผลิตภาชนะย่อยสลายได้ทางชีวภาพซึ่งผลิตออกมาในรูปแบบของถาดโฟมโดยมีส่วนผสมเป็นแป้งและน้ำเท่านั้น ผ่านการขึ้นรูปโดยกระบวนการอัดด้วยแม่พิมพ์ร้อน ผลที่ได้คือถาดโฟมที่ได้ออกมาค่อนข้างมีความเปราะ ไม่มีความยืดหยุ่น และมีความสามารถในการต้านทานน้ำไม่ดี จึงไม่สามารถนำไปใช้งานในการบรรจุอาหารที่มีความชื้นสูงหรือเปียกได้ [7]

จากนั้นมีนักวิจัยอีกหลายท่านได้ทำการปรับปรุงสมบัติของภาชนะย่อยสลายได้ ไม่ว่าจะเป็นการเติมสารเติมแต่งชนิดต่างๆ เช่น พอลิไวนิลแอลกอฮอล์ มอนอสเตียริลซิเตรท เป็นต้น และมีการเติมเส้นใยเข้าไปในส่วนผสมเพื่อช่วยเสริมแรงให้กับภาชนะ ตัวอย่างเช่นการศึกษาและผลิตโฟมที่สามารถย่อยสลายได้ตามธรรมชาติ โดยถาดโฟมจะมีองค์ประกอบหลัก คือ แป้งมันฝรั่ง เส้นใยข้าวโพด และโพลีไวนิลแอลกอฮอล์ โดยขึ้นรูปด้วยกระบวนการอบขึ้นรูปจากการศึกษาปรากฏว่าเส้นใยข้าวโพดช่วยเพิ่มความหนาแน่นของถาดโฟม ส่วนการเพิ่มโพลิไวนิลแอลกอฮอล์เข้าไปนั้น จะทำให้มีความแข็งแรงความสามารถในการรับแรงดัดของถาดโฟมเพิ่มขึ้นและมีความสามารถในการต้านทานการดูดซับน้ำของถาดโฟมเพิ่มขึ้นด้วย[1]และมีงานวิจัยเกี่ยวกับลักษณะของโฟมแป้งมันสำปะหลังเสริมแรงด้วยเส้นใยปอกระเจาและเส้นใยป่านพบว่าเมื่อทำการเติมเส้นใยร้อยละ5 – 10 จะทำให้ค่าความต้านทานต่อแรงดัดโค้ง ค่ามอดูลัสแรงดัดโค้งของโฟมแป้งมีค่ามากขึ้น[6]

ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้นำเสนอการผลิตภาชนะย่อยสลายได้ฐานชีวภาพ โดยใช้กาบกล้วยเป็นวัตถุดิบหลักและใช้กาวแป้งมันสำปะหลังเป็นตัวประสาน สาเหตุที่ใช้เส้นใยจากกาบกล้วยเป็นวัตถุดิบหลักเนื่องจากว่ากาบกล้วยเป็นส่วนที่มีปริมาณเส้นใยอยู่

มาก เดิมมีการใช้ประโยชน์ของกาบกล้วยในรูปของเชือกกล้วยหรือที่เรียกว่า เชือกมะนิลา ซึ่งมีคุณสมบัติเหนียวและมีความแข็งแรงมากเป็นพิเศษ ซึ่งองค์ประกอบทางเคมีของกาบกล้วยแสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 องค์ประกอบทางเคมีของกาบกล้วย[2]

Sl.no	Constitutents	Percentage
1	Cellulose	31.27±3.61
2	Hemicellulose	14.98±2.03
3	Lignin	15.07±0.66
4	Extractives	4.46±0.11
5	Moisture	9.74±1.42
6	Ashes	8.65±0.10

จากนั้นนำกาบกล้วยที่ผสมกับแป้งมันสำปะหลังเรียบร้อยแล้วไปผ่านกระบวนการอัดขึ้นรูปร้อน แล้วทำการทดสอบหาสมบัติทางกลและทางภายภาพของวัสดุซึ่งประกอบไปด้วย สมบัติการต้านแรงดัดโค้ง และมอดูลัสแรงดัดโค้งซึ่งเป็นสมบัติทางกลที่สำคัญสำหรับการผลิตภาชนะ เพราะการทดสอบแรงดัดโค้งเป็นการใส่แรงกระทำกับชิ้นทดสอบแล้วทำให้เกิดแรงเค้นอัดที่บริเวณหน้าตัดของชิ้นงาน และเกิดแรงดึงที่บริเวณด้านล่างของชิ้นงาน ซึ่งการทดสอบแรงดัดโค้งเป็นการทดสอบพื้นฐานที่ดีที่สุดในการทดสอบชิ้นงานที่มีรูปแบบต่างๆในการนำไปใช้งาน หาค่าความหนาแน่นและสมบัติการซึมน้ำซึ่งสามารถบ่งชี้ว่าวัสดุที่ผลิตขึ้นมาสามารถนำไปบรรจุเครื่องดื่มหรืออาหารที่มีความชื้นสูงได้หรือไม่ ซึ่งในงานวิจัยนี้จะมุ่งเน้นการคิดค้นและพัฒนาวัสดุที่นำมาใช้ผลิตเป็นภาชนะแบบใช้แล้วทิ้งจากธรรมชาติและสามารถย่อยสลายได้ทางชีวภาพ เพื่อทดแทนภาชนะแบบใช้แล้วทิ้งที่ผลิตจากพลาสติก และช่วยเพิ่มมูลค่าของกาบกล้วยให้มากขึ้นด้วยการนำมาผลิตเป็นภาชนะ

2. วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ

2.1วัสดุอุปกรณ์

วัสดุประกอบไปด้วยกาบกล้วยสดแป้งมันสำปะหลังไม่ดัดแปร (Native starch) น้ำเปล่าส่วนของอุปกรณ์ประกอบไปด้วยอุปกรณ์สับและปั่นผ้าขาวบางตะแกรงบีกเกอร์ เครื่องชั่งน้ำหนัก เครื่องอัดขึ้นรูปแบบให้ความร้อนในตัว ผลิตโดยบริษัท Gotech Testing Machine INC (ขนาด 30 ตัน) แม่พิมพ์สำหรับอัดขึ้นรูป

2.2.กระบวนการเตรียมเส้นใยกล้วยและตัวประสาน

การเตรียมเส้นใยกล้วยเริ่มจากนำกาบกล้วยสดมาหั่นให้เป็นลูกเต๋าขนาดประมาณ 2x2 mm 5x5 mm และ 10x10 mm แล้วนำกาบกล้วยไปปั่นโดยเติมน้ำเปล่าลงไปด้วยเพื่อไม่ให้เส้นใยติดในเครื่องปั่น นำเส้นใยกล้วยที่ปั่นเสร็จมากรองน้ำออกด้วยผ้าขาวบางจนเหลือแต่เส้นใย เส้นใยกาบกล้วยที่ได้จะมีความยาวประมาณ 2 mm 5 mm และ 10 mm จากนั้นเตรียมตัวประสานโดยนำแป้งมันสำปะหลัง(ไม่ดัดแปร)ไปผสมกับน้ำเปล่าในอัตราส่วนแป้งต่อน้ำเท่ากับ 1:4คนให้แป้งและน้ำเข้ากันจนได้น้ำแป้ง จึงนำไปผสมกับเส้นใยกล้วยที่เตรียมไว้ในอัตราส่วนตามที่กำหนดไว้ดังตารางที่ 2 ซึ่งจะมีกรณีศึกษาทั้งหมด 9 กรณี แล้วนำวัสดุไปเข้าสู่กระบวนการอัดขึ้นรูป

รูปที่ 1 เส้นใยจากกาบกล้วยที่ผ่านกระบวนการสับและปั่นเรียบร้อยแล้ว

2.3. กระบวนการอัดขึ้นรูป

นำวัสดุที่ผสมตามอัตราส่วนเรียบร้อยแล้วมาชั่งให้ได้ปริมาณ 140 g แล้วนำไปอัดขึ้นรูปด้วยกระบวนการอัดขึ้นรูปร้อนด้วยเครื่องอัด(Compression molding machine) โดยจะใช้แผ่นอลูมิเนียมฟอยล์ รองแม่พิมพ์ทั้งด้านบนและด้านล่างเพื่อป้องกันไม่ให้ชิ้นงานติดแม่พิมพ์ จากนั้นตั้งค่าอุณหภูมิในการอัด 150 °C และตั้งค่าความดันในการอัดเท่ากับ 500 psi ทำการอัดขึ้นรูปชิ้นงานในแม่พิมพ์ขนาด 19x19 mm หนา 3 mm โดยจะใช้เวลาอัดชิ้นงานทั้งหมด 15 min

ตารางที่ 2 ค่าอัตราส่วนของวัสดุสำหรับอัดขึ้นรูป

Sample	Fiber size (mm)	Fiber content (%by weight)	Binder (%by weight)
Case 1	2	66.67	33.33
Case 2	2	75	25
Case 3	2	100	0
Case 4	5	66.67	33.33
Case 5	5	75	25
Case 6	5	100	0
Case 7	10	66.67	33.33
Case 8	10	75	25
Case 9	10	100	0

รูปที่ 2 กระบวนการอัดขึ้นรูปร้อนด้วยเครื่อง Compression molding machine

2.4. กระบวนการทดสอบวัสดุ

นำชิ้นงานที่ผ่านกระบวนการอัดขึ้นรูปเรียบร้อยมาเตรียมสำหรับการทดสอบสมบัติทางกลและสมบัติทางกายภาพ สำหรับทดสอบสมบัติการต้านแรงดัดโค้งจะทดสอบแบบThree point bending ตามมาตรฐาน ASTM D790-92 โดยจะตัดชิ้นงานให้มีขนาด 12.7 x 60 mmจำนวน 5 ชิ้นต่อกรณีและกำหนดให้ค่าความเร็วในการทดสอบเท่ากับ 1.3 mm/min และค่าระยะวางตัวอย่างเท่ากับ48 mmส่วนการทดสอบการซึมน้ำของชิ้นงานจะอ้างอิงตามมาตรฐาน ABNT NM ISO 535,1999 ซึ่งจะตัดชิ้นงานให้ได้ขนาดกว้าง 2.5 cm ยาว 5 cmจำนวน 5 ชิ้นต่อกรณีทำการชั่งน้ำหนักชิ้นงานก่อนทดสอบ(m_1)นำชิ้นงานแช่ในน้ำปราศจากไอออนที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 60 secจากนั้นนำชิ้นงานมาชั่งน้ำหนักหลังการทดสอบ(m_2) บันทึกน้ำหนักที่เปลี่ยนแปลงของชิ้นทดสอบและคำนวณหาค่าร้อยละซึ่งค่าร้อยละการซึมน้ำจะหาได้จากสมการที่ (1)

$$\% \text{ การซึมน้ำ} = \frac{(m_2 - m_1)}{m_1} \cdot 100 \quad (1)$$

การทดสอบหาความหนาแน่นของชิ้นงานโดยการวัดปริมาตรและชั่งน้ำหนักของชิ้นงาน จากนั้นนำค่าที่วัดได้มาเข้าสมการที่ (2) เพื่อหาความหนาแน่น

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (2)$$

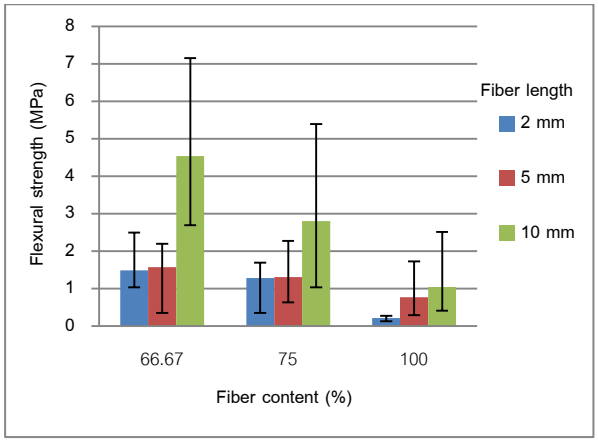
เมื่อ ρคือ ความหนาแน่นm คือ มวล และ V คือ ปริมาตร ตามลำดับ

รูปที่ 3 ชิ้นงานที่ผ่านกระบวนการอัดขึ้นรูปเรียบร้อยแล้ว

3. ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

3.1 ผลการทดสอบสมบัติการต้านแรงดัดโค้ง

ผลการทดสอบสมบัติการต้านแรงดัดโค้งแสดงดังรูปที่ 4 และตารางที่ 3 ซึ่งมีการเปรียบเทียบระหว่างผลการทดสอบการต้านแรงดัดโค้งกับปริมาณเส้นใยกล้วยและความยาวเส้นใยกล้วย



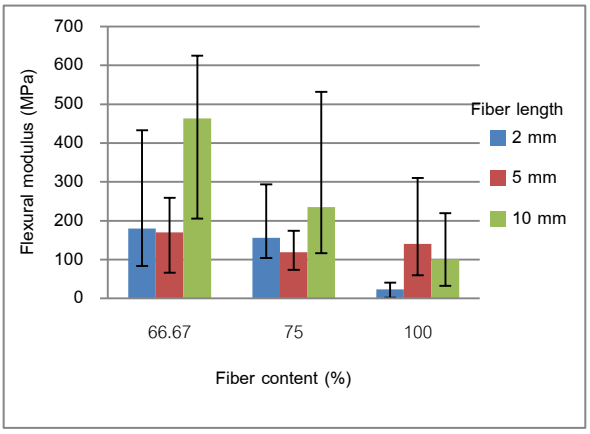
รูปที่ 4กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติการต้านแรงดัดโค้งของภาชนะย่อยสลายได้ทางชีวภาพจากกาบกล้วย ความยาวเส้นใยและปริมาณการเติมเส้นใย

ตารางที่ 3 สมบัติการต้านแรงดัดโค้งของภาชนะย่อยสลายได้ทางชีวภาพจากกาบกล้วย

Fiber length (mm)	Fiber content (%by weight)	Flexural strength (MPa)
2	66.67	1.49
	75	1.28
	100	0.21
5	66.67	1.57
	75	1.31
	100	0.76
10	66.67	4.54
	75	2.80
	100	1.04

จากรูปที่ 4 และตารางที่ 3 แสดงให้เห็นว่าความยาวของเส้นใยนั้นมีอิทธิพลต่อสมบัติการต้านแรงดัดโค้งอย่างมาก โดยเมื่อเส้นใยมีความยาวมากขึ้นจะทำให้สมบัติการต้านแรงดัดโค้งเพิ่มมากขึ้นตามไปด้วย การเพิ่มขนาดความยาวของเส้นใยนั้นจะช่วยเพิ่มพื้นที่สัมผัสของเส้นใยมากขึ้น ทำให้เส้นใยมีการผสานตัวกับแป้งได้ดี จึงส่งผลให้สามารถทนแรงดัดโค้งได้มาก ส่วนการเพิ่มขึ้นของปริมาณเส้นใยนั้นจะทำให้สมบัติการต้านแรงดัดโค้งมีค่าลดน้อยลงเนื่องจากว่าไม่มีตัวประสาน (น้ำแป้งมันสำปะหลัง) ที่คอยยึดเหนี่ยววัสดุไว้นั่นเอง ซึ่งชิ้นงานในกรณีที่มีเส้นใยยาว 10 mmและมีปริมาณเส้นใยเท่ากับ 66.67 % จะให้มีสมบัติการต้านแรงดัดโค้งสูงที่สุดเท่ากับ 4.54 MPa

3.2 ผลการหาค่ามอดูลัสแรงดัดโค้ง



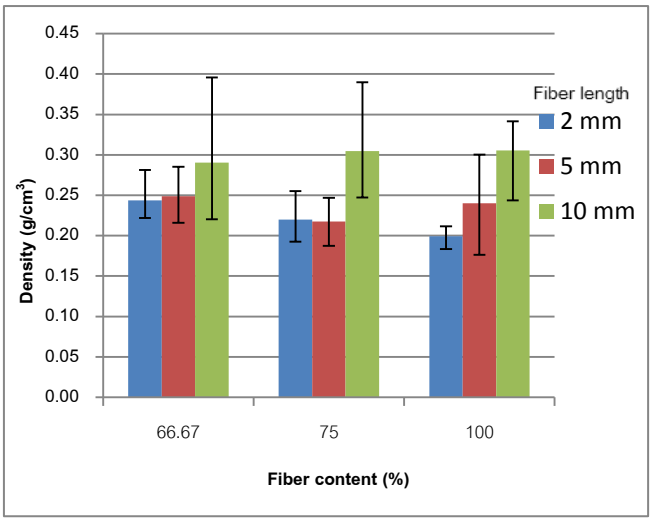
รูปที่ 5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่ามอดูลัสแรงดัดโค้งของภาชนะย่อยสลายได้ทางชีวภาพจากกาบกล้วย ความยาวเส้นใยและปริมาณการเติมเส้นใย

ตารางที่ 4 มอดูลัสแรงดัดโค้งของภาชนะย่อยสลายได้ทางชีวภาพจากกาบกล้วย

Fiber length (mm)	Fiber content (%by weight)	Flexural modulus (MPa)
2	66.67	179.97
	75	155.73
	100	23.22
5	66.67	170.19
	75	118.65
	100	140.12
10	66.67	463.64
	75	235.18
	100	100.34

จากรูปที่ 5 และตารางที่ 4 แสดงค่ามอดูลัสแรงดัดโค้งของภาชนะย่อยสลายได้ทางชีวภาพจากกาบกล้วยที่ความยาวเส้นใยและปริมาณเส้นใยต่างๆ จากผลการทดลองพบว่า การเพิ่มความยาวของเส้นใยนั้นมีผลทำให้ค่ามอดูลัสแรงดัดโค้งเพิ่มขึ้นตามไปด้วย ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดสอบสมบัติการต้านแรงดัดโค้ง ส่วนปริมาณการเติมเส้นใยนั้นแสดงให้เห็นว่า เมื่อมีการเพิ่มเส้นใยในปริมาณที่มากขึ้นจะทำให้มอดูลัสแรงดัดโค้งมีค่าลดลง ยกเว้นในกรณีที่ชิ้นงานมีความยาวเส้นใย 5 mm ที่มีปริมาณเส้นใย 100 % จะมีค่ามอดูลัสแรงดัดโค้งมากกว่า กรณีที่มีปริมาณเส้นใย 75 %อาจจะมีสาเหตุเนื่องจากชิ้นงานที่มีปริมาณเส้นใย 100% มีความเครียดเกิดขึ้นกับชิ้นงานมากกว่า จึงส่งผลทำให้ค่ามอดูลัสแรงดัดโค้งลดลงเพราะค่าโมดูลัสแรงดัดโค้งเป็นอัตราส่วนระหว่างความเค้นต่อความเครียดโดยจากการทดสอบมีค่ามอดูลัสแรงดัดโค้งสูงสุดเท่ากับ 463.64MPa ซึ่งปรากฏในกรณีที่ชิ้นงานมีความยาวเส้นใยเท่ากับ 10 mm และมีปริมาณเส้นใยเท่ากับ 66.67 %

3.3ผลการหาค่าความหนาแน่น



รูปที่ 6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความหนาแน่นของภาชนะย่อยสลายได้ทางชีวภาพจากกาบกล้วย ความยาวเส้นใยและปริมาณการเติมเส้นใย

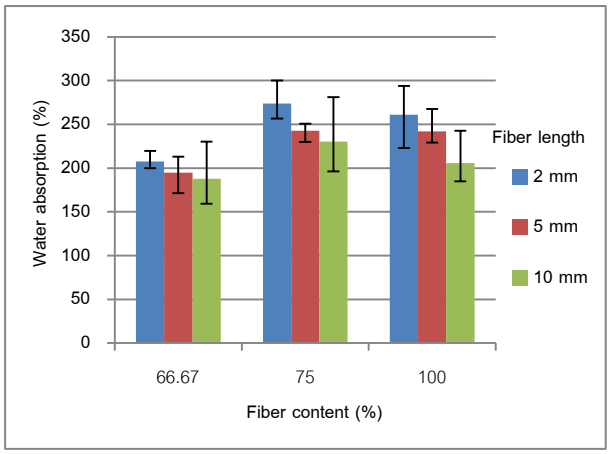
ตารางที่ 5 ค่าความหนาแน่นของภาชนะย่อยสลายได้ทางชีวภาพจากกาบกล้วย

Fiber length (mm)	Fiber content (%by weight)	Density (g/cm^3)
2	66.67	0.24
	75	0.22
	100	0.20
5	66.67	0.25
	75	0.22
	100	0.24
10	66.67	0.29
	75	0.30
	100	0.31

จากผลการทดสอบหาค่าความหนาแน่นพบว่าค่าความหนาแน่นของชิ้นงานในแต่กรณีนั้นมีค่าค่อนข้างใกล้เคียงกันและจากผลทดสอบแสดงให้เห็นว่าการเพิ่มขึ้นของความยาวเส้นใยนั้นทำให้ค่าความหนาแน่นของชิ้นงานเพิ่มขึ้น เนื่องจากเส้นใยที่มีความยาวมากกว่าจะช่วยลดช่องว่างระว่างโมเลกุลทำให้มีรูพรุนที่เกิดขึ้นในชิ้นงานน้อยตามไปด้วยซึ่งผลการ

ทดลองที่ได้มีความสอดคล้องกับงานวิจัยของ Soykabkeaw (2004) ที่ทำการศึกษาเกี่ยวกับการเสริมแรงถาดโฟมแป้งด้วยเส้นใยป่านและปอกระเจา ซึ่งผลจากการทดสอบพบว่าเมื่อมีการเพิ่มความยาวของเส้นใยจะส่งผลให้ค่าความหนาแน่นของถาดโฟมแป้งเพิ่มขึ้นตามไปด้วยโดยจะมีความหนาแน่นมากที่สุดที่ความยาวเส้นใยเท่ากับ 20 mm ส่วนการเพิ่มปริมาณของเส้นใยนั้นไม่ส่งผลกระทบต่อความหนาแน่นของชิ้นงานมากเท่าใดนักซึ่งผลการทดลองที่ได้อาจจะไม่ค่อยสอดคล้องกัน เนื่องจากว่าชิ้นงานที่ได้นั้นอาจจะมีความพรุนที่แตกต่างกัน เนื่องจากวัสดุไม่เป็นเนื้อเดียวกันและระหว่างการอัดอาจจะมีการไหลของเส้นใยกล้วยไปได้ไม่ดีนัก ซึ่งอาจจะต้องศึกษาและปรับปรุงในส่วนของหัวข้อนี้ต่อไป ส่วนสาเหตุที่ชิ้นงานที่มีส่วนผสมของตัวประสาน (น้ำแป้งมันสำปะหลัง) มีค่าความหนาแน่นต่ำกว่าชิ้นงานที่มีเส้นใย 100 % เนื่องจากว่าน้ำแป้งที่ผสมไปเป็นตัวประสานมีส่วนผสมของน้ำ เมื่อน้ำได้รับความร้อนจึงมีการระเหยตัวออกไป ด้วยเหตุนี้จึงทำให้เกิดช่องว่างหรือรูพรุนในชิ้นงานมากกว่า โดยจากการทดสอบหาความหนาแน่นพบว่าชิ้นงานมีความหนาแน่นสูงที่สุดในกรณีที่เส้นใยยาว 10 mm และมีปริมาณเส้นใย 100 % (0.31g/cm^3)ซึ่งมีค่าสูงกว่าค่าความหนาแน่นของโฟมพออลีสไตรีนเล็กน้อย (0.05 – 0.19 g/cm^3) [11]

3.4 ผลการทดสอบการซึมน้ำ



รูปที่ 7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการซึมน้ำความยาวเส้นใยและปริมาณการเติมเส้นใย

ตารางที่ 6 ค่าการซึมน้ำของภาชนะย่อยสลายได้ทางชีวภาพจากกาบกล้วย

Fiber length (mm)	Fiber content (%by weight)	Increase weight (%)
2	66.67	207.60
	75	273.93
	100	261.00
5	66.67	194.89
	75	242.80
	100	242.09
10	66.67	187.93
	75	230.40
	100	205.79

จากการทดสอบการซึมน้ำของชิ้นงานซึ่งจะนำไปแช่ในน้ำเป็นเวลา 60 sec แสดงให้เห็นว่าค่าการซึมน้ำของทุกกรณีมีค่าใกล้เคียงกันและมีค่าการซึมน้ำที่สูงมากและน่าจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มเวลาในการทดสอบ ซึ่งชิ้นงานที่มีค่าการซึมน้ำมากที่สุดคือ กรณีที่มีปริมาณเส้นใย 75%สาเหตุที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากชิ้นงานมีองค์ประกอบของเส้นใยจากธรรมชาติและแป้งมันสำปะหลังซึ่งแป้งมันสำปะหลังมีสมบัติพิเศษคือ เป็นสารที่ชอบน้ำ (Hydrophilic) จึงทำให้มีความสามารถในการดูดซึมน้ำเพิ่มมากยิ่งขึ้น โดยชิ้นงานที่มีความยาวสั้นที่สุด (2 mm) มีค่าการซึมน้ำมากที่สุด เมื่อสังเกตจากผลการทดสอบการหาค่าความหนาแน่นของชิ้นงาน พบว่าชิ้นงานที่มีเส้นใยยาว 2 mm มีค่าความหนาแน่นที่น้อยที่สุด ด้วยเหตุนี้จึงทำให้โมเลกุลของน้ำสามารถเคลื่อนตัวแทรกเข้าไปในโครงสร้างภายในของชิ้นงานได้ง่าย

4. สรุปผลการทดลอง

จากงานวิจัยนี้มุ่งเน้นคิดค้นและพัฒนาวัสดุจากธรรมชาติเพื่อนำมาผลิตเป็นภาชนะแบบใช้แล้วทิ้งทดแทนภาชนะที่ผลิตขึ้นจากพลาสติกซึ่งก่อให้เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม จากงานวิจัยนี้มีการทดสอบสมบัติที่สำคัญของวัสดุทั้งสมบัติทางกลและทางกายภาพ จากผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่าการเพิ่ม

ความยาวของเส้นใยมีอิทธิพลต่อค่าการต้านแรงดัดโค้งและค่ามอดูลัสแรงดัดโค้งของชิ้นงานอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งชิ้นงานที่มีความยาวของเส้นใยเท่ากับ 10 mm มีสมบัติการต้านแรงดัดโค้งและค่ามอดูลัสแรงดัดโค้งดีที่สุดอย่างเห็นได้ชัดเจน และการเพิ่มความยาวเส้นใยนั้นยังมีอิทธิพลต่อค่าความหนาแน่นของชิ้นงาน พบว่าการเพิ่มความยาวเส้นใยกล้วยจะทำให้ชิ้นงานมีค่าความหนาแน่นเพิ่มมากขึ้น ซึ่งจะส่งผลให้ค่าการซึมน้ำของชิ้นงานมีค่าลดลง แต่ก็ยังถือว่าชิ้นงานมีค่าการซึมน้ำที่ค่อนข้างสูงมาก จึงต้องคิดค้นและพัฒนางานวิจัยเพื่อหาวิธีลดค่าการซึมน้ำของชิ้นงานต่อไป ไม่ว่าจะเป็นการเติมสารเติมแต่งที่สามารถย่อยสลายได้ทางชีวภาพ หรือเคลือบด้วยพลาสติกที่สามารถย่อยสลายได้ทางชีวภาพ

6. เอกสารอ้างอิง

[1] Cinelli, P., Chiellini, E., Lawtom, J.W., Imam, S.H. (2006). Fomed articles based on potato starch, corn fibers and poly(vinyl alcohol),*Polymer Degradation and Stability*, Vol.91, pp. 1147-1155.

[2] Mukhopadhyay, S., Fangueiro, R., Arpac Y., Sentrrk, R. (2008). Banana Fibers-Variability and Fracture Behaviour, Journal of Engineering Fibers and Fabrics, Vol. 3, pp. 39-45.

[3]National innovation agency (2551). *เทคโนโลยีของประเทศผู้นำด้านพลาสติกย่อยสลายได้ทางชีวภาพ*,[ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา http://www.nia.or.th/download/document/charpter3.pdf

[4] National metal and materials technology center. (2550). *พลาสติกย่อยสลายได้ทางชีวภาพ* [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา http://www2.mtec.or.th/th/special/biodegradable_plastic/bio_de_plas.html

[5] Shorgren, R.L., Lawton, J.W., Tiefenbacher, K.F. (2002). Baked starch foams: starch modifications and additives improve process parameters, structure and properties,*Indrustrial Crop and Products*, Vol. 16, pp. 69-79.

[6] Soykeabkaew, N., Supaphol, P., Rujiravanit, R. (2004). Preparation and characterization of jute-and flax-reinforced starch-based composite foams,*Carbohydrate Polymers*, Vol.58, pp. 53-63.

[7]Tiefenbacher, K. (1993). Starch-based foamed materials-use and degradation properties, *J. Macromol.Sci., Pure Appl. Chem*. A30, pp. 727-731.

[8] ณัฐพล ไข่แสงศรี, อรพิน เกิดชูชื่น, ณัฏฐาเลาหกุลจิตต์, และสุพจน์ ประทีบทอง. (2553). การพัฒนาถาดโฟมจากแป้งมันสำปะหลังในการบรรจุส้มโอตัดแต่งสด, ว.วิทย์.กษ.41(3/1), 669 - 672.

[9] ธนาวดี ลี้จากภัย(2551). *พลาสติกย่อยสลายได้: อดีต ปัจจุบัน อนาคต*,[ระบบออนไลน์],แหล่งที่มา http://www.vcharkarn.com/varticle/38245

[10] สำนักหอสมุดและศูนย์สารสนเทศวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กรมวิทยาศาสตร์บริการ กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี(2553). *พลาสติกย่อยสลายได้ทางชีวภาพ*,[ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา http://siweb.ass.go.th/repack/fulltext

[11] อังศุมา บุญไชยสุริยา(2554). การผลิตโฟมย่อยสลายได้ทางชีวภาพจากแป้งมันสำปะหลังเสริมแรงด้วยเส้นใยปาล์มน้ำมัน. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.