การพัฒนาบรรจุภัณฑ์จากเส้นใยเปลือกทุเรียนแบบฟอกขาวและไม่ฟอกขาว
Development of packaging from durian rind fibers using bleached and unbleached fibers

วริศชนม์ นิลนนท์[1], กุลพร พุทธมี[1], จิรพร สวัสดิการ[1], คมสัน มุ่ยสี[2], ประมวล ศรีกาหลง[3]
Waritchon Ninlanon[1], Kunlaporn Puttame[1], Jiraporn Sawasdikarn[1],
Komsan Muisee[2], Pramoun Srikalong[3]

Received: 15 July 2021 ; **Revised**: 26 August 2021 ; **Accepted**: 5 October 2021

บทคัดย่อ
วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อศึกษาปริมาณเส้นใยเปลือกทุเรียนที่เหมาะสมในการขึ้นรูปภาชนะจากเส้นใยชนิดฟอกขาว (DRFT) และไม่ฟอกขาว (DRF) โดยส่วนผสมในการขึ้นรูปประกอบด้วยแมกนีเซียมสเตียเรท กัวกัม กลีเซอรอล แป้งสาลี และแป้งมันสำปะหลังซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวประสาน และใช้กระบวนการขึ้นรูปแบบอัดร้อน โดยศึกษาระดับเส้นใยในประมาณ 10, 20, 30 40, 50, และ 60% โดยน้ำหนัก และวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ ผลการวิจัยพบว่า ภาชนะบรรจุที่ขึ้นรูปด้วยเส้นใยชนิด DRFT ให้ลักษณะปรากฏสีขาวน้ำตาลอ่อน มีค่าความแข็งสูงและมีน้ำหนักมาก โดยปริมาณเส้นใย DRFT 50% ให้ค่าความต้านทานการซึมผ่านน้ำและน้ำมันมากที่สุดเท่ากับ 53±9.29 วินาทีต่อมิลลิลิตร และ 14±0.57 วินาทีต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ และมีค่าความแข็งเท่ากับ 0.15±1.08 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ขณะที่ภาชนะบรรจุที่ขึ้นรูปด้วยเส้นใย DRF ให้ลักษณะปรากฏสีน้ำตาลเข้ม มีความมันวาว ขึ้นรูปได้ง่ายและมีน้ำหนักเบา โดยปริมาณเส้นใย DRF 60% มีความสามารถต้านทานการซึมผ่านของน้ำและน้ำมัน และค่าความแข็งมากที่สุดเท่ากับ 92±9.31 วินาทีต่อมิลลิลิตร 110±4.21 วินาทีต่อมิลลิลิตร และ 0.13±1.30 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ตามลำดับ ดังนั้นการเลือกใช้ชนิดของเส้นใยเพื่อขึ้นรูปภาชนะบรรจุจึงขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของการนำไปใช้ประโยชน์ ซึ่งสามารถนำไปใช้สำหรับบรรจุอาหารแห้งได้

คำสำคัญ: เส้นใยฟอกขาว เส้นใยเปลือกทุเรียน ภาชนะบรรจุ

Abstract
The objective of this research was to study the appropriate amount of durian rind fibers for forming packages from bleached (DRFT) and unbleached fibers (DRF). The molding mixture consisted of magnesium stearate, guar gum, glycerol, wheat flour and tapioca starch which acted as binders, and used a hot-pressed forming process. Fiber levels were studied in approximately 10, 20, 30, 40, 50 and 60% by weight, and physical quality was analyzed. The results showed that DRFT fiber molded package had a white-brown appearance, high hardness and heavy weight. The fiber content of 50% DRFT gave the highest resistance to water and oil permeability for 53±9.29 sec/ml and 14±0.57 sec/ml, respectively, and the hardness was 0.15±1.08 kg/cm^2. DRF fiber molded packages had a dark brown appearance, were glossy, easily moldable and lightweight. The 60% DRF fiber content gave the highest resistance to water and oil permeability, and the highest hardness values were 92±9.31 sec/ml 110±4.21 sec/ml and 0.13±1.30 kg/cm^2, respectively. Therefore, the choice of fiber type to form a container depends on the purpose of its use, in packing dry foods

Keywords: bleached fiber, durian rind fiber, package

[1] รองศาสตราจารย์, คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี ตำบลท่าช้าง อำเภอเมือง จังหวัดจันทบุรี 22000
[2] ผู้ช่วยศาสตราจารย์, คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี ตำบลท่าช้าง อำเภอเมือง จังหวัดจันทบุรี 22000
[3] ผู้ช่วยศาสตราจารย์, คณะอุตสาหกรรมอาหาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520
[1] Assoc. Prof., Faculty of Agricultural Technology, Rambhai Barni Rajabhat University, Muang District, Chanthaburi 22000, Thailand.
[2] Assist. Prof., Faculty of Industrial Technology, Barni Rajabhat University, Muang District, Chanthaburi 22000, Thailand.
[3] Assist. Prof., Faculty of Food Industry, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Ladkrabang District, Bangkok, 10520, Thailand.
* Corresponding author ; Waritchon Ninlanon, Faculty of Agricultural Technology, Rambhai Barni Rajabhat University, Muang District, Chanthaburi 22000, Thailand. waritchon.n@rbru.ac.th

บทนำ

ทุเรียนเป็นผลไม้เศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย ซึ่งได้รับความนิยมในการบริโภคเป็นอย่างมากทั้งในประเทศและต่างประเทศ โดยมีมูลค่าการส่งออกในแต่ละปีเป็นจำนวนมาก ปัจจุบันเกษตรกรสามารถพัฒนาให้สามารถออกผลผลิตได้เกือบตลอดปี ปัญหาหนึ่งที่ตามมาภายหลังจากการบริโภคและการแปรรูปคือขยะที่เกิดจากส่วนของเปลือกทุเรียน โดยเปลือกทุเรียนเป็นของเหลือทิ้งที่พบจำนวนมาก ทุเรียนหนึ่งผลพบว่าส่วนของเปลือกมีจำนวนไม่น้อยกว่า 30% ของน้ำหนักทั้งหมด ซึ่งเป็นปัญหาในการกำจัดทิ้งของหน่วยงานที่ต้องรับผิดชอบและเป็นผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม นอกจากส่งกลิ่นเหม็นยังกลายเป็นแหล่งที่อยู่อาศัยพวกหนูและแมลงต่างๆ ซึ่งเป็นพาหะนำโรคร้ายมาสู่คนด้วย ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงนำเปลือกทุเรียนมาใช้ประโยชน์ในการผลิตบรรจุภัณฑ์สำหรับอาหาร เนื่องจากเปลือกทุเรียนมีองค์ประกอบของเส้นใยสูงโดยนอกเหนือจากส่วนที่เป็นพอลิแซคคาไรด์ แล้วยังประกอบไปด้วยส่วนที่เป็นเยื่อเซลลูโลสสูงถึง 30% โดยขนาดของเส้นใยเซลลูโลสมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 100-150 ไมโครเมตร (Penjumras *et al.*, 2014) และเป็นวัตถุดิบสำคัญในการเตรียมซีเอ็มซีได้ (Carboxymethyl cellulose, CMC) (กฤษณา ศิรเลิศมุกุล, 2547) จากรายงานวิจัยของสุนันท์ พงษ์สามารถ และคณะ (ม.ป.ป.) พบว่าสารสกัดเปลือกทุเรียนมีลักษณะเป็นของแข็ง เป็นผงมีรูปร่างไม่แน่นอน พบทั้งลักษณะกลมและคล้ายไฟเบอร์ มีสีน้ำตาลอ่อนและเป็นผงสีขาวนวล สารที่สกัดได้มีกลิ่นเฉพาะ มีรสเปรี้ยวอมขมจนถึงไม่มีรสขม มีลักษณะคล้ายฟองอากาศกลมกลวง ผงของสารสกัดเปลือกทุเรียนจะพองตัวได้ในน้ำให้เป็นของเหลวข้นหนืด

ปัจจุบันบรรจุภัณฑ์ทางอาหารหลายชนิดโดยเฉพาะพลาสติกและโฟม มีแนวโน้มการใช้เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องทุกปี เนื่องจากมีความสะดวกในการใช้และยังมีราคาถูก แต่ด้วยภาชนะเหล่านี้มีความคงทนต่อสภาพแวดล้อมได้ดี ย่อยสลายได้ยากต้องใช้ระยะเวลานาน การกำจัดด้วยการกลบฝังหรือการเผามักสร้างปัญหาก่อเกิดมลภาวะทั้งทางน้ำและทางอากาศได้ และหากมีการนำกลับมาใช้ใหม่ในอาหารโอกาสการปนเปื้อนสารพิษกับอาหารที่รับประทานมีสูง นักวิจัยได้พยายามศึกษาแหล่งวัสดุทางการเกษตรที่ย่อยสลายได้ง่ายเพื่อนำมาทดแทนวัสดุที่ไม่ย่อยสลายดังกล่าว โดยมีองค์ประกอบของส่วนผสมที่ประกอบไปด้วยแป้งน้ำ และเส้นใยจากพืชนิดต่างๆ ด้วยกระบวนการกรองสุญญากาศ หรือการบีบอัดด้วยความร้อน ชนิดของเส้นใยที่ช่วยเสริมความแข็งแรงในภาชนะประเภทโฟม เช่น Softwood, Aspen fiber, ปอ และ ป่าน ฯลฯ Lawton *et al.* (2004) รายงานถึงการใช้ Aspen fiber 15-30% ในโฟมจากแป้งข้าวโพดเพื่อปรับปรุงคุณสมบัติทางเชิงกล Soykeabkaew *et al.* (2004) รายงานการใช้เส้นใยจากปอหรือป่านในแป้งมันสำปะหลัง ซึ่งมีส่วนช่วยให้ภาชนะมีความยืดหยุ่นมากขึ้น Salgado *et al.* (2008) ใช้เส้นใยเซลลูโลส 10-20% ในสูตรภาชนะโฟมทำให้คุณสมบัติเชิงกลดีขึ้นและช่วยลดความชื้นที่เกิดขึ้นภายหลังได้ด้วย Kaisangri *et al.* (2012) รายงานการผลิตถาดโฟมด้วยแป้งมันสำปะหลังผสมเส้นใยคราฟท์ 30% และไคโตซาน 4% ถาดโฟมที่ได้ให้สมบัติใกล้เคียงกับ Polystyrene foam

ดังนั้นด้วยคุณสมบัติของเปลือกทุเรียนดังกล่าว คณะผู้วิจัยจึงเห็นถึงศักยภาพในการนำเส้นใยเปลือกทุเรียนไปใช้เป็นตัวเสริมสำหรับวัสดุบรรจุภัณฑ์ โดยเปรียบเทียบชนิดเส้นใยเปลือกทุเรียนที่ผ่านกระบวนการฟอกขาวและไม่ฟอกขาว ในปริมาณเส้นใยที่เหมาะสมสำหรับการขึ้นรูปแผ่นวัสดุและภาชนะบรรจุภัณฑ์ ทั้งนี้เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาผลิตบรรจุภัณฑ์สำหรับอาหาร ซึ่งจะช่วยลดปัญหาสิ่งแวดล้อมและเป็นแนวทางในการเพิ่มมูลค่าของเปลือกทุเรียนซึ่งเป็นของเหลือทิ้งทางการเกษตรต่อไป

วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาปริมาณเส้นใยเปลือกทุเรียนที่เหมาะสมในการขึ้นรูปภาชนะบรรจุจากเส้นใยเปลือกทุเรียนที่ผ่านกระบวนการฟอกขาวและไม่ผ่านการฟอกขาว

วิธีการวิจัย

1. การวางแผนทดลอง วัตถุดิบและสารเคมี

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) ศึกษาปริมาณเส้นใยเปลือกทุเรียนที่เหมาะสมในการขึ้นรูปภาชนะบรรจุจากเส้นใยเปลือกทุเรียนที่ผ่านกระบวนการฟอกขาวและไม่ผ่านการฟอกขาว โดยทดสอบบนแผ่นวัสดุเบื้องต้นด้วยปริมาณเส้นใย 10, 20, 30, 40, 50 และ 60% (โดยน้ำหนัก) และเลือกปริมาณเส้นใยที่สามารถขึ้นรูปแผ่นวัสดุได้เพื่อศึกษาการขึ้นรูปภาชนะบรรจุ ทดลองจำนวน 3 ซ้ำ

เปลือกทุเรียนพันธุ์หมอนทองจากร้านค้าตลาดเนินสูง อ.เมือง จันทบุรี แป้งมันสำปะหลังและแป้งสาลี (เกรดการค้า) จากตลาดน้ำพุ อ.เมือง จันทบุรี โซเดียมไฮดรอกไซด์ ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ กลีเซอรอล แมกนีเซียมสเตียเรท และกัวกัม (เกรดวิเคราะห์, บริษัทไซแอนติฟิคเคมิคอล จำกัด)

2. การเตรียมเส้นใยจากเปลือกทุเรียน

2.1 การเตรียมเส้นใยเปลือกทุเรียนชนิดฟอกขาว (Durian rind fiber treated : DRFT)

นำเปลือกทุเรียนพันธุ์หมอนทองมาผ่านกระบวนการสับหยาบด้วยเครื่องสับย่อย ต้มด้วยสารละลายโซเดียม

ไฮดรอกไซด์ในปริมาณความเข้มข้น 18% ใช้อัตราส่วนของสารละลายต่อเส้นใยแห้งเท่ากับ 5:1 ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 2 ชั่วโมง ล้างเยื่อเปลือกทุเรียนจนไม่มีสารโซเดียม ไฮดรอกไซด์ตกค้าง นำเยื่อเปลือกทุเรียนมาผ่านการฟอกขาวด้วยสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ความเข้มข้น 15% ในอัตราส่วนของสารต่อเส้นใยแห้งเท่ากับ 5:1 ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 2 ชั่วโมง ซึ่งทำให้เยื่อที่ได้มีความขาวมากขึ้น นำอบแห้งที่อุณหภูมิ 60±5 องศาเซลเซียส เมื่อเยื่อแห้งแล้วนำมากระจายเยื่อเพื่อแยกกลุ่มก้อนของเส้นใยให้แตกตัวออกจากกัน และเก็บรักษาในถุงพลาสติกชนิด PE 2 ชั้น ที่อุณหภูมิห้องปกติ

2.2 การเตรียมเส้นใยเปลือกทุเรียนชนิดไม่ฟอกขาว (Durian rind fiber : DRF)

โดยนำเปลือกทุเรียนพันธุ์หมอนทองมาผ่านกระบวนการสับหยาบด้วยเครื่องสับย่อย ก่อนนำมาอบแห้งในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส เมื่อเปลือกทุเรียนแห้งแล้วนำไปบดด้วยเครื่องบดละเอียดและอบให้แห้งอีกครั้งก่อนเก็บรักษาในถุงพลาสติกชนิด PE 2 ชั้น ที่อุณหภูมิห้องปกติ

3. เครื่องมือขึ้นรูปภาชนะ

เครื่องมือขึ้นรูปภาชนะบรรจุ เป็นเครื่องสำหรับขึ้นรูปแบบอัดร้อน โดยใช้กำลังไฮดรอลิคในการอัดขึ้นรูป ซึ่งเครื่องขึ้นรูปที่สร้างขึ้นมีความสามารถสร้างแรงดันไฮดรอลิคได้สูงสุด 15 ตัน มีอุปกรณ์ให้ความร้อนแก่แม่พิมพ์สำหรับขึ้นรูป โดยสภาวะที่ใช้สำหรับการขึ้นรูปภาชนะ คือ อุณหภูมิ 100-120 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ที่แรงดัน 2 ตัน แม่พิมพ์มีขนาด 22x22x10 เซนติเมตร

4. ศึกษาปริมาณเส้นใยเปลือกทุเรียนที่เหมาะสมในการขึ้นรูปแผ่นวัสดุเบื้องต้น

เตรียมส่วนผสมจากเส้นใยเปลือกทุเรียนที่เตรียมได้ทั้งสองชนิดจากข้อ 2 ในปริมาณ 10, 20, 30, 40, 50 และ 60% โดยน้ำหนัก (แป้งมันสำปะหลัง) และผสมสารขึ้นรูปประกอบไปด้วยแมกนีเซียมสเตียเรท 4% กัวกัม 1.5% กลีเซอรอล 4% และแป้งสาลี 10% โดยน้ำหนัก ผสมส่วนผสมทั้งหมดให้เข้ากันด้วยเครื่องผสมเป็นเวลา 5 นาที ขึ้นรูปแผ่นวัสดุให้มีความหนา 2มิลลิเมตร เส้นผ่าศูนย์กลาง 7 เซนติเมตร ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส จนกระทั่งแผ่นวัสดุแห้ง วิเคราะห์คุณภาพ และเลือกปริมาณเส้นใยที่เหมาะสมเพื่อศึกษาการขึ้นรูปด้วยแม่พิมพ์ต่อไป

5. ศึกษาการขึ้นรูปภาชนะบรรจุจากเส้นใยเปลือกทุเรียนด้วยเครื่องมือขึ้นรูป

จากผลการศึกษาปริมาณเส้นใยเปลือกทุเรียนที่เหมาะสมในขั้นตอนที่ 4 โดยผสมส่วนผสมแมกนีเซียม สเตียเรท 4% กัวกัม 1.5% และกลีเซอรอล 4% แป้งสาลี 10% ผสมส่วนผสมทั้งหมดให้เข้ากันด้วยเครื่องผสมเป็นเวลา 5 นาที ขึ้นรูปด้วยเครื่องอัดขึ้นรูป โดยขนาดความกว้างของภาชนะในการขึ้นรูปมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 16 เซนติเมตร ความหนา 2 มิลลิเมตร ก่อนนำอบแห้งที่อุณหภูมิ 65±5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 ชั่วโมง หรือจนแห้ง เก็บภาชนะบรรจุไว้ที่อุณหภูมิ 27±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง และวิเคราะห์คุณภาพ

6. การวิเคราะห์คุณภาพ

วิเคราะห์คุณภาพแผ่นวัสดุและภาชนะที่ผ่านการขึ้นรูปด้วยคุณลักษณะทางกายภาพ ด้านลักษณะปรากฏ ค่าความแข็งด้วยเครื่อง Hardness tester (Cat.Nos.510-1) โดยใช้หัวกดแบบโคนชนิด C กำหนดตำแหน่งของการวัดให้ตั้งฉาก จากนั้นกดหัววัดลงบนตัวอย่างด้วยความแรงที่คงที่สม่ำเสมอ อ่านค่าจากสเกลที่ได้และบันทึกผล หน่วยเป็นกิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร

การวัดความต้านทานการซึมผ่านของน้ำและน้ำมันดัดแปลงตามวิธีการของ พรทิพย์ ฐานมั่น (2543) โดยวางชิ้นตัวอย่างลงบนขาตั้งเหล็ก เติมน้ำและน้ำมันปริมาณ 700 มิลลิลิตร ลงในชิ้นตัวอย่าง บันทึกเวลาและปริมาณน้ำหรือน้ำมันที่ซึมผ่านชิ้นตัวอย่างในภาชนะรองรับ ในการซึมผ่านของน้ำบันทึกทุกระยะเวลาตั้งแต่ 20 วินาที จนถึงระยะเวลา 120 วินาที ส่วนการซึมผ่านของน้ำมันบันทึกทุกนาทีตั้งแต่ 1 นาที จนถึงระยะเวลา 21 นาที

7. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วิเคราะห์ความแปรปรวนของผลการทดลองโดยใช้ ANOVA (Analysis of Variance) และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของข้อมูลโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ผลการวิจัย

1. ผลของปริมาณของเส้นใยเปลือกทุเรียนชนิด DRFT ที่เหมาะสมในแผ่นวัสดุ

ปริมาณของเส้นใยเปลือกทุเรียนที่เหมาะสมในแผ่นวัสดุ ด้านลักษณะปรากฏทางกายภาพ พบว่าปริมาณของเส้นใยเปลือกทุเรียนที่ 10 และ 20% ลักษณะผิวแผ่นวัสดุไม่เรียบเนียน มีรอยแตกร้าวและเกิดการแตกหักได้ง่าย ไม่มีความสม่ำเสมอของแผ่นวัสดุ ส่วนที่ปริมาณเส้นใย 30, 40, 50 และ 60% แต่ละอัตราส่วนมีความแตกต่างกันที่ลักษณะปรากฏทางกายภาพ คือแผ่นวัสดุมีผิวที่เรียบเนียนมากขึ้น มีความสม่ำเสมอ ไม่มีร้อยร้าวสามารถบิดงอได้ โดยเส้นใยเปลือกทุเรียนที่เพิ่มมากขึ้นมีผลต่อลักษณะทางกายภาพของแผ่นวัสดุที่ดี เนื่องจากเปลือกทุเรียนเป็นเส้นใยเซลลูโลสธรรมชาติเป็นกลุ่มเส้นใยที่มีโครงสร้างของโมเลกุลประกอบด้วยกลุ่ม

แอนไฮโดรกลูโคสเกาะเกี่ยวกันเป็นสายโซ่ยาวโมเลกุลใหญ่ สายโมเลกุลนี้รวมกันจำนวนมากจะเกิดเป็นเส้นใยและยิ่งมีความยาวของเส้นใยมากขึ้น มีผลทำให้เซลลูโลสมีความเหนียวมากขึ้น จากการวิเคราะห์ค่าการซึมผ่านของน้ำและน้ำมัน (Figure 1-2) แสดงแนวโน้มความสามารถในการต้านทานการซึมผ่านน้ำและน้ำมันของแผ่นวัสดุเมื่อมีปริมาณเส้นใยเพิ่มสูงขึ้น แผ่นวัสดุที่ขึ้นรูปด้วยปริมาณเส้นใยเปลือกทุเรียน 30% มีการซึมผ่านน้ำได้เร็วมากที่สุด เท่ากับ 695 มิลลิลิตร ในเวลา 20 วินาที (34.75 มิลลิลิตรต่อวินาที) รองลงมาคือ ปริมาณเส้นใย 40, 50 และ 60% ตามลำดับ โดยที่ปริมาณเส้นใย 60% มีความสามารถในการต้านทานการซึมผ่านน้ำและใช้เวลานานมากสุดเท่ากับ 683 มิลลิลิตร ในเวลา 120 วินาที (5.69 มิลลิลิตรต่อวินาที) เช่นเดียวกับการซึมผ่านน้ำมันของแผ่นวัสดุ โดยปริมาณเส้นใย 30% มีการซึมผ่านของน้ำมันเร็วที่สุด เท่ากับ 685 มิลลิตร ใช้ระยะเวลาเพียง 9 นาที (1.27 มิลลิลิตรต่อวินาที) รองลงมาคือ 40, 50 และ 60% ตามลำดับ โดยแผ่นวัสดุที่มีปริมาณเส้นใยทุเรียน 60% มีความสามารถในการต้านทานการซึมผ่านน้ำมันและใช้ระยะเวลานานที่สุด เท่ากับ 680 มิลลิลิตร ในระยะเวลา 21 นาที (0.54 มิลลิลิตรต่อวินาที) สำหรับแผ่นวัสดุที่มีเส้นใยระดับ 10 และ 20% ไม่สามารถวัดการต้านทานการซึมผ่านของน้ำและน้ำมันได้ จึงไม่มีข้อมูลปรากฏ

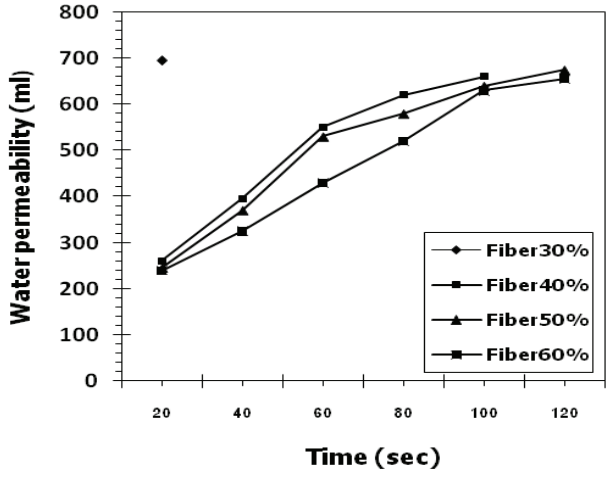


Figure 1 The permeability of water in material sheets with different levels of durian rind fibers (DRFT)

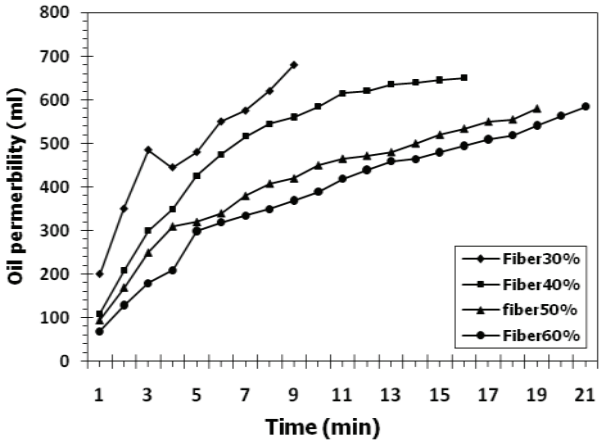


Figure 2 The permeability of oil in material sheets with different levels of durian rind fibers (DRFT)

2. ผลของปริมาณของเส้นใยเปลือกทุเรียนชนิด DRF ที่เหมาะสมในแผ่นวัสดุ

ผลลักษณะปรากฏทางกายภาพของแผ่นวัสดุที่ขึ้นรูป พบว่าที่ระดับเส้นใยทุเรียนบดแห้ง 10% ไม่สามารถขึ้นรูปแผ่นวัสดุไม่ได้ โดยที่ระดับเส้นใยเปลือกทุเรียน 20% มีความเหนียวจากการเกิดเจลของแป้งทำให้ขึ้นรูปแผ่นวัสดุได้ยาก ในขณะที่เส้นใยเปลือกทุเรียน 30% แผ่นวัสดุมีความเหนียวน้อยกว่าเส้นใยที่ระดับ 20% และสามารถขึ้นรูปได้ดีกว่า ส่วนแผ่นวัสดุเส้นใยเปลือกทุเรียน 40 และ 50% ให้ลักษณะแผ่นวัสดุมีความเหนียวยืดหยุ่นบิดงอได้ สามารถผสมและขึ้นรูปได้ง่าย และแผ่นวัสดุเส้นใยเปลือกทุเรียนที่ระดับ 60% ไม่มีความยืดหยุ่น ขึ้นรูปได้แต่มีลักษณะแห้งเปราะ โดยแผ่นวัสดุทั้งหมดไม่มีรอยร้าว เส้นใยเปลือกทุเรียน DRF ประกอบด้วยองค์ประกอบอื่นนอกเหนือจากเส้นใยเซลลูโลส เช่น แป้ง และกัม ซึ่งมีส่วนทำให้แผ่นวัสดุมีความเหนียวยืดหยุ่นมากขึ้น

จากการทดสอบการซึมผ่านของน้ำและน้ำมัน พบว่าการซึมผ่านน้ำและน้ำมันของแผ่นวัสดุสูงขึ้นตามลำดับเมื่อระยะเวลานานมากขึ้น โดยแผ่นวัสดุที่ขึ้นรูปด้วยปริมาณเส้นใย 30, 40, 50 และ 60% มีความสามารถในการต้านทานซึมผ่านของน้ำและน้ำมันได้นานมากขึ้นตามลำดับ โดยวัสดุที่ขึ้นรูปด้วยปริมาณเส้นใย 60% มีความสามารถในการต้านทานการซึมผ่านของน้ำและน้ำมันได้นานมากที่สุด เท่ากับ 490 มิลลิลิตร ในระยะเวลา 120 วินาที (4.08 มิลลิลิตรต่อวินาที) และ 660 มิลลิลิตร ในระยะเวลา 22 นาที (0.5 มิลลิลิตรต่อวินาที) ตามลำดับ (Figure 3-4) โดยที่ปริมาณเส้นใย 10% มีการซึมผ่านของน้ำและน้ำมันมันเร็วที่สุด เนื่องจากมีลักษณะแผ่นบางปริมาณเส้นใยน้อย ดังนั้นในที่นี้จึงเลือกแผ่นวัสดุที่มีปริมาณเส้นใย 30, 40, 50 และ 60% เพื่อศึกษาการขึ้นรูปของภาชนะบรรจุต่อไป

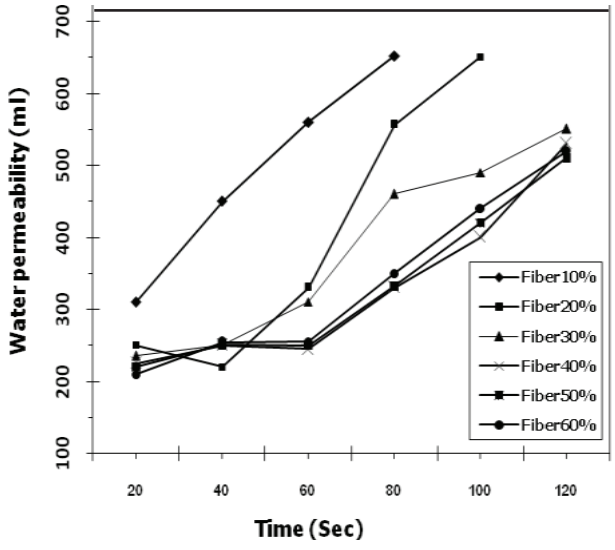


Figure 3 The permeability of water in material sheets with different levels of durian rind fibers (DRF)

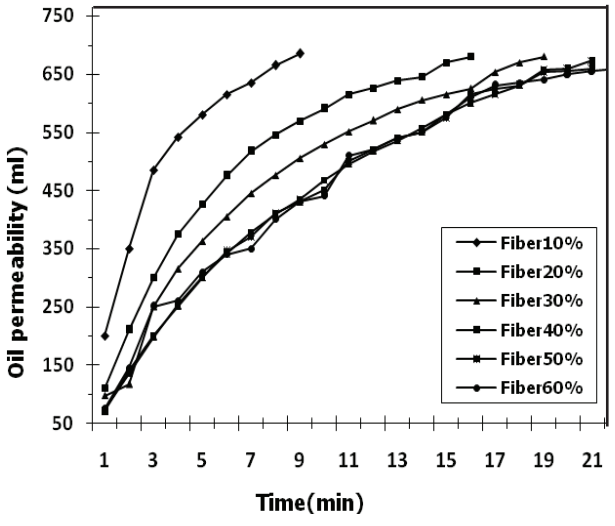


Figure 4 The permeability of oil in material sheets with different levels of durian rind fibers (DRF)

3. ผลของปริมาณเส้นใยเปลือกทุเรียน DRFT ต่อการขึ้นรูปของภาชนะบรรจุ

ผลทางด้านลักษณะปรากฏทางกายภาพของภาชนะ (Figure 5) พบว่า ภาชนะที่มีเส้นใยเปลือกทุเรียนปริมาณน้อยจนไปถึงปริมาณมากมีลักษณะปรากฏทางกายภาพที่แตกต่างกันในด้านของเนื้อสัมผัส ผิวเรียบเนียน และรอยแตก โดยปริมาณเส้นใยที่เหมาะสมในการขึ้นรูปของภาชนะบรรจุคือ 40 และ 50% เนื่องจากมีความสามารถในการขึ้นรูปได้ดีกว่าปริมาณเส้นใยเปลือกทุเรียน 30 และ 60% โดยมีลักษณะทางกายภาพที่ดี ไม่มีรอยแตกร้าวมีความเรียบเนียน

3.1 คุณสมบัติด้านซึมผ่านน้ำและน้ำมันของภาชนะบรรจุจากเส้นใยเปลือกทุเรียน DRFT

จาก Table 1 พบว่าภาชนะบรรจุที่มีส่วนผสมของเส้นใยเปลือกทุเรียนสูงมีความต้านทานการซึมผ่านน้ำสูงขึ้น โดยภาชนะบรรจุที่มีปริมาณเส้นใยเปลือกทุเรียน 50% มีการต้านทานการซึมผ่านน้ำมากที่สุด (53 วินาทีต่อมิลลิลิตร) และความต้านทานการซึมผ่านของน้ำลดลงเมื่อเพิ่มปริมาณเส้นใยเปลือกทุเรียนสูงขึ้นที่ 60% (30 วินาทีต่อมิลลิลิตร) โดยภาชนะที่ขึ้นรูปด้วยเส้นใยเปลือกทุเรียน 30% มีการต้านทานการซึมผ่านน้ำน้อยที่สุดเท่ากับ 4 วินาทีต่อมิลลิลิตร

การซึมผ่านน้ำมันของภาชนะบรรจุ (Table 1) พบว่าการต้านทานการซึมผ่านน้ำมันของภาชนะสูงสุดที่ปริมาณเส้นใยเปลือกทุเรียน 50% (14 วินาทีต่อมิลลิลิตร) และลดลงเมื่อมีปริมาณเส้นใยเปลือกทุเรียนเพิ่มขึ้น 60% (11 วินาทีต่อมิลลิลิตร) ขณะที่ภาชนะที่ขึ้นรูปด้วยเส้นใยเปลือกทุเรียน 30% มีความต้านทานการซึมผ่านน้ำมันน้อยที่สุดเท่ากับ 9 วินาทีต่อมิลลิลิตร

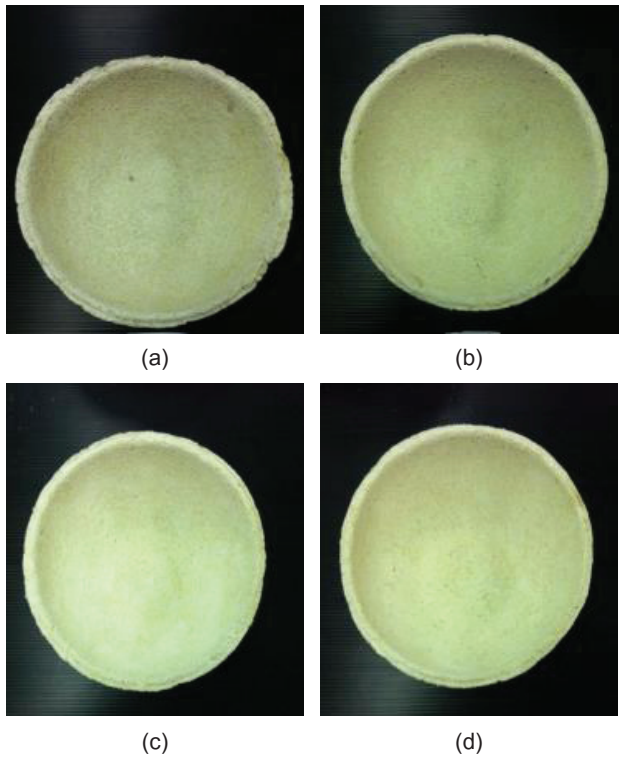


Figure 5 Characteristics of packages with different levels of DRFT
DRFT 30% (b) DRFT 40%
(c) DRFT 50% (d) DRFT 60%

3.2 ความแข็งของภาชนะบรรจุจากเส้นใยเปลือกทุเรียน DRFT

จาก Table 1 พบว่าความแข็งของภาชนะบรรจุที่มีส่วนผสมของเส้นใยเปลือกทุเรียน 60% มีความแข็งสูงสุดเท่ากับ 0.16 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร โดยความแข็งของภาชนะบรรจุที่ระดับเส้นใยเปลือกทุเรียน 40 และ 50% ไม่แตกต่างกัน ขณะที่ภาชนะบรรจุที่มีส่วนผสมของเส้นใยเปลือกทุเรียน 30% มีความแข็งต่ำสุดเท่ากับ 0.14 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร

4. ผลของปริมาณเส้นใยเปลือกทุเรียน DRF ต่อการขึ้นรูปภาชนะบรรจุ

ผลด้านลักษณะปรากฏทางกายภาพ ภาชนะมีสีน้ำตาลเข้ม มีความเรียบเนียนมันวาว มีความเปราะของขอบด้านบนของภาชนะ โดยพื้นผิวของวัสดุแยกออกจากกันภายหลังจากทำแห้ง รอยขาดของขอบภาชนะลดลงเมื่อปริมาณเส้นใยเพิ่มขึ้น 50 และ 60% (Figure 6) ทั้งนี้เนื่องจากมีการหดตัวจากความชื้นที่ลดลง เมื่อทดสอบความต้านทานการซึมผ่านของน้ำและน้ำมัน พบว่ามีค่าความต้านทานเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณเส้นใยเพิ่มขึ้น โดยความสามารถในการต้านทานการซึมผ่านของน้ำและน้ำมันของภาชนะสูงสุดที่ระดับเส้นใย 60% เท่ากับ 92 วินาทีต่อมิลลิลิตร และ110 วินาทีต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ และภาชนะมีความแข็งเท่ากับ 0.13 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร (Table 2)

วิจารณ์และสรุปผล

องค์ประกอบหลักของเปลือกทุเรียนส่วนใหญ่ประกอบด้วยเซลลูโลสและเฮมิเซลลูโลส ประมาณ 57.4% และ 22% ลิกนิน 13.6% (Lubis *et al.*, 2018) และ สารประกอบพอลิแซคคาไรด์ สารสกัดจากเปลือกทุเรียนที่ได้มีลักษณะเป็นของแข็งเป็นผงมีรูปร่างไม่แน่นอน มีทั้งลักษณะกลมและคล้ายไฟเบอร์ คุณสมบัติของเส้นใยเปลือกทุเรียนมีลักษณะเป็นเส้นใยแข็งและไม่ยืดหยุ่น มีคุณสมบัติเชิงกลเช่นเดียวกับเส้นใยของฝ้ายและป่าน ซึ่งสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมสิ่งทอได้ (Lubis *et al.*, 2018) เส้นใยเปลือกทุเรียนที่ผ่านการสกัดและฟอกขาว (DRFT) ให้ลักษณะเส้นใยมีสีขาวปนน้ำตาลอ่อน สีของแผ่นวัสดุและภาชนะที่ได้จึงมีความขาวสว่างมากกว่าเส้นใยที่ไม่ได้ผ่านการสกัด (DRF) ซึ่งสีของแผ่นวัสดุและภาชนะที่ได้มีสีน้ำตาลเข้ม อันเนื่องมาจากองค์ประกอบต่าง ๆของเปลือกที่ไม่ได้ถูกสกัดออก ส่วนผสมซึ่งมีเส้นใยปริมาณที่สูงขึ้นทำให้สัดส่วนของแป้งมันสำปะหลังลดลง เซลลูโลสมีสมบัติดูดซับความชื้นได้ง่าย ขณะที่แป้งมันสำปะหลังซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวประสานจากโมเลกุลของแป้งมีหมู่ไฮดรอกซิลที่มีสมบัติชอบน้ำจำนวนมาก ความต้านทานการซึมผ่านน้ำและน้ำมันของแผ่นวัสดุและภาชนะบรรจุเป็นผลมาจากการยึดเกาะระหว่างเส้นใยและแป้งมันสำปะหลังและระหว่างเส้นใยกับเส้นใย โดยสภาพพื้นผิวเส้นใยซึ่งถูกปรับสภาพด้วยด่างและสารฟอกขาวช่วยให้พื้นผิวมีความหยาบเพิ่มขึ้น จึงมีส่วนเพิ่มความสามารถในการยึดเกาะระหว่างเส้นใยและพอลิเมอร์แมทริกซ์ดีขึ้น และยังช่วยปรับคุณสมบัติเชิงกล การคงสภาพและค่าความต้านทานน้ำได้ดี (พิมภนิจภากันทาดง และคณะ 2561) ดังนั้นการเพิ่มปริมาณเส้นใยของเปลือกทุเรียนจึงมีผลต่อความสามารถในการต้านทานน้ำและน้ำมันได้มากขึ้น อย่างไรก็ตามความสมดุลในสัดส่วนของเส้นใยและแป้งมันสำปะหลังมีผลค่าความต้านทานของน้ำในภาชนะที่ขึ้นรูปด้วย ซึ่งถ้าสัดส่วนของเส้นใยน้อยกว่าหรือมีมากกว่าแป้ง ความสามารถในการเป็นตัวประสานในการยึดเกาะของแป้งในส่วนผสมจึงลดลง จึงมีผลต่อความต้านทานการซึมผ่านของน้ำลดลง โดยสัดส่วนของเส้นใย DRFT ที่เหมาะสมในการขึ้นรูปภาชนะบรรจุจึงอยู่ในระดับเส้นใย 50%

สำหรับภาชนะที่ขึ้นรูปด้วยเส้นใย DRF ลักษณะปรากฏของภาชนะมีความมันวาว และความสามารถในการต้านทานการซึมผ่านของน้ำและน้ำมันได้ดี โดยเส้นใยเปลือกที่เพิ่มขึ้น 60% ให้ลักษณะปรากฏและความสามารถในการต้านการซึมผ่านของน้ำและน้ำมันได้สูงสุด เนื่องมาจากองค์ประกอบของเปลือกเมื่อไม่ได้ผ่านการสกัดและฟอกขาวจะมีองค์ประกอบอื่นนอกเหนือจากเส้นใยเซลลูโลส โดยเฉพาะสารที่มีคุณสมบัติให้ความหนืด ซึ่งเป็นกลุ่มของคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสหรือซีเอ็มซีและโซเดียมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส ซึ่งไม่ได้ถูกกำจัดออกไปในกระบวนการสกัด

Table 1 Properties of packing in package with different levels of DRFT

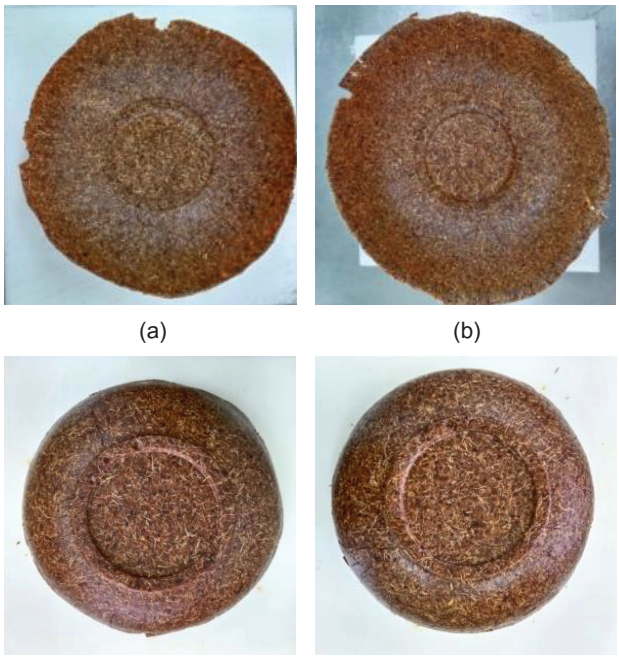
Properties	DRFT contents (%)			
	30	40	50	60
Water permeation time (sec/ml)	4±1.15[a]	9±4.72[a]	53±9.29[b]	30±12.58[c]
Oil permeation time (sec/ml)	7±3.78[a]	9±1.15[b]	14±0.57[d]	11±1.15[c]
Hardness (kg/cm^2)	0.14±1.09[a]	0.15±1.20[b]	0.15±1.08[b]	0.16±1.00[c]

[abc] means in the same row with different superscripts are significantly different (P<0.05)

Table 2 Properties of packing in package with different levels of DRF

Properties	DRF contents (%)			
	30	40	50	60
Water permeation time (sec/ml)	16±7.11[a]	19±5.42[a]	55±7.10[b]	92±9.31[c]
Oil permeation time (sec/ml)	18±5.23[a]	25±4.65[b]	78±5.64[c]	110±4.21[d]
Hardness (kg/cm^2)	0.10±1.10[a]	0.10±1.00[a]	0.11±1.42[b]	0.13±1.30[c]

[abc] means in the same row with different superscripts are significantly different (P<0.05)



(a) (b) (c) (d)

Figure 6 Characteristics of packages with different levels of DRF
DRF 30 % (b) DRF 40 %
(c) DRF 50 % (d) DRF 60 %

(กฤษณา ศิรเลิศมุกุล, 2547; พิมภนิจภา กันทาดง และคณะ, 2561; Lubis *et al.*, 2018) โดยสารซีเอ็มซีสามารถละลายได้ทั้งในน้ำร้อนและน้ำเย็น มีคุณสมบัติให้ความคงตัว เพิ่มความหนืด และช่วยยึดเกาะ (binding agent) โดยให้ความหนืดสูงสุดในช่วงค่า พีเอช 6.5-9.0 (Food additives, 2021)

ดังนั้นในการขึ้นรูปภาชนะจากเส้นใย DRF จึงจำเป็นต้องใช้ปริมาณของเส้นใยมากกว่าเส้นใย DRFT จากงานวิจัยของ Soykeabkaew *et al.* (2004) ได้เติมเส้นใยจากปอหรือป่านในแป้งมันสำปะหลัง ทำให้ภาชนะมีความยืดหยุ่นมากขึ้น จากปฏิกิริยาการเชื่อมข้ามระหว่างแป้งและเส้นใย จากรายงานของ Salgado *et al.* (2008) พบว่าการใช้เส้นใยเซลลูโลส 10-20% ในภาชนะโฟมมีส่วนช่วยปรับคุณสมบัติเชิงกลและช่วยลดความชื้นที่เกิดขึ้นในภายหลังได้ นอกจากนี้ปริมาณเส้นใยยังมีผลต่อความแข็งของภาชนะบรรจุด้วย ซึ่งพบว่าการเพิ่มปริมาณเส้นใยเปลือกทุเรียนมากขึ้นส่งผลให้ค่าความแข็งของภาชนะบรรจุเพิ่มขึ้น โดยภาชนะที่ขึ้นรูปด้วยเส้นใย DRFT มีความแข็งมากกว่าภาชนะที่ขึ้นรูปด้วยเส้นใย DRF ผลของปริมาณเส้นใยต่อค่าความแข็งของภาชนะที่เพิ่มขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ Kaisangsri *et al.* (2012) ซึ่งใช้เส้นใยจากธรรมชาติเป็นส่วนผสมในถาดโฟม ย่อยสลายได้ โดยส่วนผสมประกอบด้วยแป้ง มันสำปะหลังและไคโตซาน พบว่าการใช้เส้นใยคราฟท์ 30% มีผลต่อค่าความหนาแน่นของถาดโฟมเพิ่มขึ้น

ดังนั้นผลของการใช้ชนิดเส้นใยเปลือกทุเรียนที่แตกต่างกันในการผลิตภาชนะบรรจุ จึงมีผลต่อปริมาณในการใช้ที่เหมาะสม ลักษณะปรากฏและคุณสมบัติในการบรรจุที่แตกต่างกัน ซึ่งภาชนะที่ใช้เส้นใยเปลือกทุเรียนชนิด DRFT เป็นส่วนผสม ปริมาณเส้นใยที่เหมาะสม คือ 50% ส่วนภาชนะที่ใช้เส้นใยเปลือกทุเรียนชนิด DRF เป็นส่วนผสม ปริมาณเส้นใยที่เหมาะสม คือ 60% โดยภาชนะจากเส้นใยชนิด DRF ให้ลักษณะปรากฏที่ดีในด้านความมันวาว และมีความสามารถในการต้านทานต่อการซึมผ่านของน้ำและน้ำมันได้ดี มีความสามารถในการขึ้นรูปได้ง่ายและมีน้ำหนักเบา ส่วนภาชนะที่ขึ้นรูปด้วยเส้นใยชนิด DRFT มีความแข็งแรง มีความสว่างและมีน้ำหนักมากกว่า ดังนั้นการเลือกใช้จึงขึ้นอยู่กับความต้องการในการนำไปใช้ประโยชน์ ซึ่งสามารถนำไปใช้สำหรับบรรจุอาหารแห้งได้ แต่สำหรับการบรรจุอาหารเหลวจำเป็นต้องมีการปรับปรุงสมบัติในการบรรจุต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากงบกองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สกสว.) ประจำปีงบประมาณ 2563

เอกสารอ้างอิง

กฤษณา ศิรเลิศมุกุล. (2547). *เซลลูโลสจากเปลือกทุเรียน*. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

พรทิพย์ ฐานมั่น. (2543). *การพัฒนาภาชนะบรรจุจากแป้งมันสำปะหลัง*. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

พิมภนิจภา กันทาดง, มินตรา พีเกาะ และอรธีรา สินด่านจาก. (2561). ฟิล์มคอมโพสิตชีวภาพจากแป้งมันสำปะหลังเสริมแรงด้วยเส้นใยเซลลูโลสเปลือกทุเรียน. *วารสารวิจัยและวิชาการ มทร. พระนคร, 13*(1), 39-50.

สุนันท์ พงษ์สามารถ, เรวดี ธรรมอุปกรณ์ และธิติรัตน์ ปานม่วง. (ม.ป.ป.). *การศึกษาสารคาร์โบไฮเดรตจากเปลือกทุเรียนในการเตรียมผลิตภัณฑ์ยาน้ำและผลิตภัณฑ์อาหาร*. https://www.researchgate.net/scientific-contributions/sunanth-phngssamarth-17750384.

Food additives. (2021). *What is carboxymethyl cellulose (CMC)/cellulose gum (E466) in food and uses?*. https://foodadditives.net/thickeners/cellulose-gum/.

Kaisangsri, N., Kerdchoechuen, O. & Laohakunjit, N. (2012). Biodegradable foam tray from cassava starch blended with natural fiber and chitosan. *Industrial Crops and Products, 37*(1), 542-546.

Lawton, J.W., Shogren, R.L. & Tiefenbacher, K.F. (2004). Aspen fiber addition improves the mechanical properties of baked cornstarch foams. *Industrial Crops and Products, 19*, 41-48.

Lubis, R., Saragih, S.W., Wirjosentono, B. & Eddyanto, E. (2018). Characterization of durian rinds fiber (*Durio zubinthinus*, *murr*) from North Sumatera. *AIP conference Proceedings* (pp.1-8). https://doi.org/10.1063/1.5082474.

Penjumras, P., Abdul Rahman, R.B., Talib, R.A. & Abdan, K. (2014). Extraction and characterization of cellulose from durian rind. *Agriculture and Agricultural Science Procedia*, *2*, 237-243.

Salgado, P.R., Schmidt, V.C., Molina Ortiz, S.E., Mauri, A.N. & Laurindo, J.B. (2008). Biodegradable foams based on cassava starch, sunflower proteins and cellulose fibers obtained by a baking process. *J. of Food Engineering, 85*, 435-443.

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