

สมบัติทางกายภาพของยางโฟมธรรมชาติเสริมแรงด้วยเส้นใยตาล: ผลของการทำการปรับปรุงพื้นผิวด้วยสารละลายด่าง และปริมาณเส้นใย

Physical Properties of Natural Rubber Foam Reinforced with Borassus Fruit Fiber: Effects of Alkali Treatment and Fiber Content

กนกวรรณ ยันตะบุศย์<sup>1\*</sup> และ พันธกานต์ แก้วอาษา<sup>2</sup>  
Kanokwan Yantaboot<sup>1\*</sup> and Phanthakan Kaewarsa<sup>2</sup>

<sup>1</sup> สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์

Chemistry Program, Faculty of Science and Technology, Surinda Rajabhat University

<sup>2</sup> สาขาวิชาเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น

Division of Chemistry, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Isan, Khonkaen Campus

\*E-mail: Yantaboot.kanok@gmail.com

Received: Aug 27, 2020

Revised: Aug 17, 2020

Accepted: Aug 20, 2020

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการปรับปรุงพื้นผิวของเส้นใยตาล และศึกษาผลปริมาณของเส้นใยตาล ต่อสมบัติทางกายภาพของวัสดุคอมโพสิตยางโฟมธรรมชาติที่เสริมแรงด้วยเส้นใยตาล การปรับปรุงพื้นผิวของเส้นใยตาลใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ปรับเปลี่ยนความเข้มข้นเป็นร้อยละ 0 5 10 และ 20 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร เวลาที่ใช้ในการปรับปรุงพื้นผิวเส้นใยตาล คือ 1 ชั่วโมง การวิเคราะห์สภาวะที่เหมาะสมสำหรับการปรับปรุงพื้นผิวเส้นใย ทิจาณาจาก ค่าอัตราส่วนระหว่างความยาวของเส้นใย ต่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (L/D) และลักษณะสัณฐานวิทยาของเส้นใยจากผลการทดลอง ผลการศึกษาพบว่า ค่าอัตราส่วน (L/D) ของเส้นใยมีค่าเพิ่มขึ้น เมื่อความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เพิ่มขึ้น แต่ที่ความเข้มข้นร้อยละ 20 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร เส้นใยตาลขาดง่าย ดังนั้นความเข้มข้นที่เหมาะสมที่สุด คือ ร้อยละ 10 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร ปริมาณของเส้นใยตาลที่ในการศึกษาเลือกกำหนด 0 1 2.5 และ 5 phr พบว่า ความหนาแน่นของวัสดุคอมโพสิตยางโฟมธรรมชาติมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้น เมื่อปริมาณเส้นใยตาลเพิ่มขึ้น ร้อยละการยุบตัวจากแรงอัดของวัสดุมีค่าลดลง เมื่อปริมาณเส้นใยเพิ่มมากขึ้น และสัณฐานวิทยาวัสดุคอมโพสิตยางโฟมธรรมชาติ ศึกษาจากกล้องจุลทรรศน์แบบส่องกราด พบว่า เส้นใยจะแทรกตัวอยู่ระหว่างเซลล์โฟม

คำสำคัญ : ยางโฟม วัสดุคอมโพสิต น้ำยางธรรมชาติ เส้นใยตาล การปรับปรุงพื้นผิวด้วยสารละลายเบส

Abstract

This research investigated the appropriate conditions for improving fiber of Borassus Fruit and effects of content on physical properties of natural rubber foam reinforced with Borassus fruit fiber composites. Firstly, sodium hydroxide (NaOH) solution treatment was used. The concentrations of NaOH were varied from 0, 5, 10 and 20 % w/v, respectively. The treatment time was 1 hour. The suitable condition for surface treatment was evaluated by fiber length, diameter ratio (L/D) , and morphology of natural fiber by scanning electron microscopy (SEM). The results showed that the L/D ratio trended to increase when concentrations of NaOH solution increased. However, 20%w/v of NaOH resulted in brittle fiber. Therefore, the optimal NaOH concentration was 10% w/v for treatment. The fiber contents were varied from 0, 1, 2.5 and 5 phr. The cell size of rubber foam composite decreased when the fiber contents increased. The density of natural rubber composites foam increased with increasing fiber contents. The rate of collapsing due to compression decreased with increasing fiber contents. The morphology study has shown that the natural fibers penetrate into the foam cells. **Keywords:** Rubber Foam, Composite Materials, Latex, Borassus Fruit Fiber, Alkali treatment

## 1. บทนำ

ปัจจุบันเส้นใยธรรมชาติได้รับความสนใจมากขึ้น และถูกนำมาเป็นวัสดุเสริมแรงในวัสดุคอมพอสิต ทั้งในงานอุตสาหกรรมยาง และพลาสติก แทนการใช้เส้นใยสังเคราะห์ เช่น เส้นใยหิน เส้นใยแก้ว เส้นใยนาโนคาร์บอน [1] เป็นต้น ซึ่งเส้นใยสังเคราะห์ดังกล่าว ล้วนเป็นอันตรายต่อร่างกาย หากสัมผัสกับผิวหนังจะทำให้เกิดการระคายเคือง แต่เส้นใยธรรมชาติ เป็นวัสดุธรรมชาติที่มีปริมาณมาก เช่น เส้นใยจากใบ ลำต้น หรือจากผลไม้ ข้อดีของเส้นใยธรรมชาติ คือ ราคาถูก ความเป็นพิษ ระคายเคือง หรือ อันตรายต่อผิวหนังร่างกายมนุษย์มีน้อยมาก และยังส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม น้อยกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับเส้นใยสังเคราะห์ เส้นใยธรรมชาติที่นิยมนำมาใช้เป็นวัสดุเสริมแรงในยาง และพลาสติก เช่น เส้นใยปาล์ม เส้นใยปอ ปานครนารายณ์ เส้นใยสับปะรด เส้นใยกล้วย เส้นใยตาล [2] เป็นต้น ประเทศไทยเป็นหนึ่งในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ที่ส่งออกยางพารา หรือยางธรรมชาติ และผลิตภัณฑ์จากยางธรรมชาติเป็นอันดับต้น ๆ โดยมีการผลิตยางธรรมชาติมากเป็นอันดับหนึ่งของโลก แต่ผลิตภัณฑ์ส่วนใหญ่ส่งออกในรูปแบบของยางดิบประมาณ ร้อยละ 90 ของผลผลิต ส่วนการแปรรูปผลิตภัณฑ์มีเพียง ร้อยละ 10 [3] รัฐบาลมีนโยบายอย่างชัดเจนที่จะส่งเสริมการแปรรูปยางธรรมชาติเพื่อผลิตเป็นผลิตภัณฑ์เพื่อเพิ่มมูลค่า ประเทศไทยยังเป็นประเทศอุดมไปด้วยเส้นใยธรรมชาติเป็นจำนวนมากหากนำมาใช้ให้เกิดประโยชน์เช่น ชานอ้อย เส้นใยตาล เส้นใยกล้วย เส้นใยสับปะรด เส้นใยปาล์ม ซึ่งเป็นเส้นใยธรรมชาติที่มีปริมาณเซลลูโลสค่อนข้างสูง [4] การนำเส้นใยธรรมชาติมาเสริมแรงในยางธรรมชาติ อาจส่งผลให้สมบัติของวัสดุลดลง เนื่องจากอันตรกิริยาระหว่างเฟสของเส้นใยธรรมชาติที่มีสมบัติชอบน้ำ ส่วนยางธรรมชาติมีสมบัติไม่ชอบน้ำ ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงมีแนวความคิดนำเอาเส้นใยธรรมชาติมาทำการปรับปรุงพื้นผิวด้วยสารละลายเบส เพื่อ กำจัดเอมิเซลลูโลส ลิกนิน และสิ่งเจือปนอื่น ๆ ที่พื้นผิวของเส้นใยธรรมชาติ ทำให้พื้นผิวของเส้นใยหยาบเพื่อให้เกิด mechanical interlocking กับ เฟสพื้นของยางพอมช่วยปรับปรุงให้เกิดการยึดติดระหว่างเส้นใยธรรมชาติ กับ ยางพอม [5-7] ยางพอม หรือ ยางฟองน้ำ (Latex Foam) ที่เตรียมจากน้ำยางธรรมชาติ โดยตรงมีลักษณะเป็นรูพรุน ผิวหน้าระบายอากาศออกได้ สามารถกดหรือบิดได้โดยไม่เสียรูปทรง นิยมใช้ผลิตเป็นอุปกรณ์รองรับการกระแทก กันสั่น [8] เส้นใยตาลมีองค์ประกอบทางเคมีดังนี้ ลิกนิน ร้อยละ 12.20 เซลลูโลส ร้อยละ 62.90 เอมิเซลลูโลส ร้อยละ 18.42 และ เพกติน ร้อยละ 1.55 [9]

Darinya M., and Arunsri A (2013) ศึกษาอิทธิพลของร่าสกัดน้ำมันต่อสมบัติของยางพอมธรรมชาติ โดยปริมาณของร่าสกัดน้ำมันแปรปริมาณ ดังนี้ 0 10 20 30 และ 40 ส่วนต่อเนื้อยางแห้งหนึ่งร้อยละส่วน (phr) พบว่า ปริมาณร่าสกัดที่ใช้เป็นสารตัวเติมในยางธรรมชาติไม่เกิน 30 phr เมื่อเพิ่มปริมาณร่าสกัดน้ำมันส่งผลให้การตีฟองยากขึ้น เวลาในการเกิดเจล ค่า

ความหนาแน่น แรงกดที่ทำให้ฟองน้ำยุบตัว และค่าการยุบตัวจากแรงอัดมีค่าเพิ่มขึ้น [10]

ในงานวิจัยนี้มุ่งศึกษาคุณสมบัติวัสดุคอมพอสิตระหว่างเส้นใยตาล และยางพอมธรรมชาติ เหตุที่เลือกเส้นใยตาลเพราะเส้นใยตาลมีปริมาณของเซลลูโลสค่อนข้างสูง และในท้องถิ่น จังหวัดสุรินทร์ โดยเลือกใช้เส้นใยจากเปลือกตาลที่เหลือจากการทำขนมตาล ซึ่งการขึ้นรูปใช้กระบวนการดันล้อยเพื่อศึกษาสมบัติของยางพอมยางธรรมชาติที่สัดส่วนต่าง ๆ โดยศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมในการปรับปรุงพื้นผิวของเส้นใยตาล ด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ หาอัตราส่วนระหว่างเส้นใยตาลกับยางธรรมชาติ ทดสอบคุณสมบัติของวัสดุคอมพอสิต เช่น สมบัติทางกายภาพ และสมบัติทางกลของวัสดุคอมพอสิต

## 2. วัสดุอุปกรณ์และวิธีการวิจัย

### 2.1 สารเคมีที่ใช้ในการวิจัย

น้ำยางธรรมชาติ ปริมาณเนื้อยางแห้ง (DRC 60 %) สารซิงก์ไดเอทิลไดไทโคาร์บาเมต (Zinc diethyldithiocarbamate dispersion, ZDEC) สาร ซิงก์เมอร์แคปโทเบนโซไทโอโซล (Zinc mercaptobenzothiazole dispersion, ZMBT) สารต่อต้านการเกิดออกซิเดชันวิงส์เตย์ แอล (Wingstay L) สารโพแทสเซียมโอเลต (Potassium - Oleate) สารไดฟีนิลควินิดีน (Diphenyl guanidine, DPG) และ สารโซเดียมซิลิโคฟลูออไรด์ (Sodium silicofluoride, SFF) จากบริษัท จี เอส พี โพรดักส์ จำกัด กำมะถัน (S) จากบริษัท สยามเคมี จำกัด มหาชน สารซิงค์ออกไซด์ (Zinc oxide, ZnO) จากบริษัท ไทย - โลชาท จำกัด และ สารโซเดียมไฮดรอกไซด์ (Sodium hydroxide, NaOH) จากบริษัท อาร์ท ซี แอล แล็บสแกน

### 2.2 การเตรียมเส้นใยตาล

นำลูกตาลที่ได้มาแกะเปลือก แล้วจะเห็นส่วนของเส้นใยตาลที่ติดกับเปลือก โดยเฉลี่ยเส้นใยลูกตาลจะมีความยาวประมาณ 7-10 เซนติเมตร และมีสีเหลืองสด ใช้มือดึงเส้นใยออกแล้วนำไปล้างทำความสะอาดด้วยน้ำประมาณ 3-4 ครั้ง นำเส้นใยตาลไปอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นนำเส้นใยมาตัดให้มีมีความยาวเท่ากับ 0.5 เซนติเมตร ดัง Figure 1

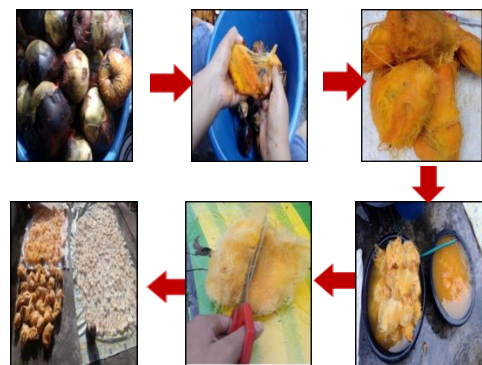


Figure 1 Preparation of Borassus Fruit Fiber

## 2.3 การปรับปรุงผิวเส้นใยตาลด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)

ชั่งเส้นใยตาล 10 กรัม ใส่ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 500 มิลลิลิตร ทำการปรับเปลี่ยนความเข้มข้นของสารละลายร้อยละ 5 10 และ 20 โดยน้ำหนักต่อปริมาตรเป็นเวลา 60 นาที ทำการกวนผสมเส้นใยตาลตลอดเวลา ที่อุณหภูมิห้อง จากนั้นล้างทำความสะอาดเส้นใยจนกระทั่งน้ำที่ล้างมีค่ากรด-เบสเป็นกลาง แล้วนำเส้นใยที่ผ่านการปรับผิวบไล้ความชื้น ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ทำการหาอัตราส่วนระหว่างความยาวต่อเส้นผ่านศูนย์กลาง

### 2.4 การเตรียมยางโฟมธรรมชาติ

การเตรียมยางโฟมธรรมชาติ สารเคมีตามสูตรที่แสดงใน Table 1 นำน้ำยางธรรมชาติชั้น (60% DRC) กวนน้ำยาง 1 นาที เพื่อไล่แอมโมเนียขึ้นตอนการเตรียมยางโฟมธรรมชาติ และวัสดุคอปเปอร์ออกไซด์ยางโฟมธรรมชาติที่เสริมแรงด้วยเส้นใยตาล ดังแสดง Table 2 เมื่อทำการผสมครบตามเวลา เทน้ำยางลงเข้าพิมพ์ (mold) ใช้พิมพ์เค้กขนาด 2 ปอนด์ ปล่อยให้ยางโฟมเซตตัว 60 นาที จากนั้นนำเข้าพิมพ์อบที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส เวลา 30 นาที

Table 1 Formulations of Natural Rubber Latex Foam

Chemical substances	Weight	
	Dry (phr)	Wet (g)
NR latex 60 % DRC	100	167
Potassium – Oleate solution 10 %	1.00	10
Sulphur dispersion 50 %	2.5	5
ZDEC dispersion 50%	1.0	2.0
ZMBT dispersion 50%	1.0	2.0
Wingstay L dispersion 50 %	1.0	2.0
ZnO dispersion 50 %	5.0	10.0
Diphenyl guanidine dispersion 33 %	1.0	3.0
Sodium silicofluoride dispersion 12.5 %	0.5	4
Borassus Fruit Fiber	0, 1, 2.5, 5	0, 1, 2.5, 5

Table 2 Mixing procedure For NR compound preparation

Order	Ingredient	Mixing time (min)
1	Latex (DRC 60%)	1
2	10% Potassium – Oleate Sulphur ZDEC ZMBT WingstayL, Borassus Fruit Fiber	3
3	Zinc Oxide Diphenyl guanidine	1
4	SFF dispersion	1

## 2.5 การวิเคราะห์

### 2.5.1 การศึกษาสัณฐานวิทยา

นำวัสดุยางโฟมธรรมชาติและวัสดุยางโฟมธรรมชาติที่เสริมแรงด้วยเส้นใยตาลศึกษารูปร่างและขนาดของเซลล์โฟมด้วยการถ่ายภาพด้วยการใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron microscope) ยี่ห้อ LED รุ่น 1450 VP การเตรียมชิ้นงานก่อนการวิเคราะห์ นำตัวอย่างวัสดุยางโฟมธรรมชาติ และวัสดุยางโฟมธรรมชาติที่เสริมแรงด้วยเส้นใยตาล มาจุ่มในไนโตรเจนเหลวเป็นเวลา 3 นาที จากนั้นนำชิ้นงานมาหักในแนว (cross section) และนำชิ้นงานเคลือบด้วยทองคำก่อนนำไปศึกษาสัณฐานวิทยา

### 2.5.2 การทดสอบหาค่าการยุบตัวเนื่องจากแรงอัด

ทดสอบตามมาตรฐาน ASTM D 395 โดยตัดชิ้นงานเป็นรูปวงกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 29 มิลลิเมตร สูง 19 มิลลิเมตร วางชิ้นตัวอย่างในแผ่นเหล็กอัด กดให้ยุบตัว 50 % จากความสูงเดิม ตั้งไว้ประมาณ 15 นาที นำไปอบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 22 ชั่วโมง นำออกจากตู้อบ วางชิ้นตัวอย่าง 30 นาที จากนั้นวัดความสูงของชิ้นตัวอย่าง โดยมีสูตรในการคำนวณ ดังสมการที่ 1

$$\text{compression set \%} = \left[ \frac{t_0 - t}{t_0} \right] \times 100 \quad (1)$$

t = ความหนาหลังการทดสอบ (mm)

t<sub>0</sub> = ความหนาเดิม (mm)

### 2.6.3 การทดสอบความหนาแน่น

(Density)

การทดสอบตัดแปลงจากมาตรฐาน ASTM D 3574-95 โดยตัดชิ้นยางโฟมที่ใช้ในการทดสอบเป็นรูปสี่เหลี่ยม นำชิ้นงานมาชั่งน้ำหนักคำนวณหาความหนาแน่น ของตัวชิ้น ตัวอย่างโดยใช้สูตรดังสมการที่ 2

$$D = \frac{M}{V} \quad (2)$$

D = ความหนาแน่นของชิ้นงานทดสอบ (g/cm<sup>3</sup>)

M = น้ำหนักชิ้นทดสอบ (g)

V = ปริมาตรชิ้นทดสอบ (cm<sup>3</sup>)

### 2.6.4 การทดสอบความแข็ง

ตัดชิ้นงานให้มีขนาดกว้าง 2.5 เซนติเมตร หนา 6 เซนติเมตร วัดความแข็งของวัสดุทั้งหมด 6 จุด ตามมาตรฐาน ASTM D 2240 ด้วยเครื่องวัดความแข็งแบบ Shore A (ISH-SAM Shore Durometer Operation Manual)

### 3. ผลการวิจัย

#### 3.1 การปรับปรุงพื้นผิวด้วยสารละลายต่าง

ผลการหาสถานะที่เหมาะสมในการปรับปรุงพื้นผิวของเส้นใยตาลโดยการปรับเปลี่ยนความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ที่ร้อยละ 5 10 และ 20 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร โดยเทียบกับน้ำหนักของเส้นใยตาลผลของการเปลี่ยนแปลงของเส้นผ่านศูนย์กลาง (D) ของเส้นใยพบว่าเมื่อเพิ่มความเข้มข้นสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์มีผลทำให้ค่าอัตราส่วน (L/D) มีค่าเพิ่มขึ้น ที่ความเข้มข้น ร้อยละ 20 โดยน้ำหนักมีค่า อัตราส่วน (L/D) สูงที่สุดคือ 27.21 ที่ความเข้มข้น ร้อยละ 10 5 และ 0 ค่าอัตราส่วน (L/D) มีค่า เท่ากับ 16.824 9.527 และ 5.318 ตามลำดับ ดัง Table 3 ค่าอัตราส่วน (L/D) มีค่าเพิ่มขึ้นเนื่องจากสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์สามารถกำจัดเฮมิเซลลูโลส ลิกนิน และสารอื่น ๆ ที่เคลือบบนพื้นผิวของเส้นใย ส่งผลให้เส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นใยมีขนาดลดลง [11] ดัง Figures 2 และ 3 กำลังขยาย 200 เท่าแต่ความเข้มข้น ร้อยละ 20 โดยน้ำหนักต่อปริมาตรของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เส้นใยตาลขาดง่าย และเปราะ เนื่องจากปริมาณของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์มากเกินไป ดังนั้นความเข้มข้นที่เหมาะสมสำหรับการปรับปรุงเส้นใยตาล คือ ความเข้มข้นสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ คือ ร้อยละ 10 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร

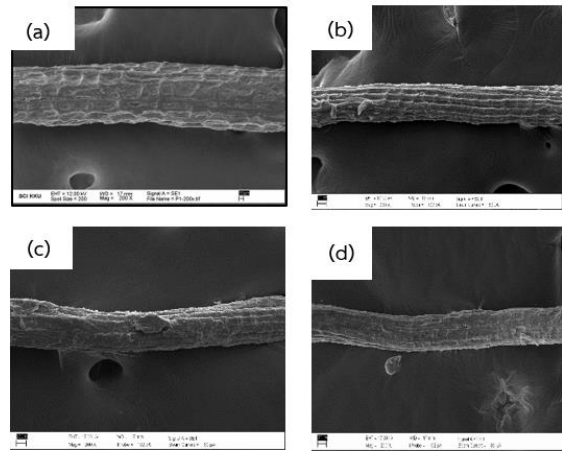
**Table 3** L/D ratio of Borassus Fruit Fiber as various NaOH concentrations

NaOH (%w/v)	Length of Borassus Fruit Fiber (L) (µm)	Diameter (D) (µm)	(L/D)
0	536.78 ±1.41	100.94 ±17.097	5.318
5	600.30 ±1.24	62.98 ±10.606	9.527
10	567.30 ±1.25	33.72 ±5.024	16.824
20	567.86 ±1.21	20.87 ±6.759	27.21

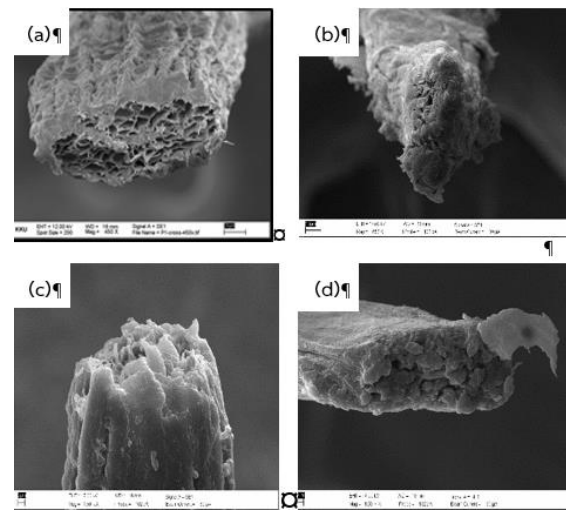
#### 3.2 ลักษณะวิทยา

Figures 4 แสดงลักษณะของยางพาราธรรมชาติ และวัสดุคอมพอสิตยางพาราธรรมชาติที่เสริมแรงด้วยเส้นใยตาลในปริมาณ 0 1 2.5 และ 5 phr จากภาพถ่าย พบว่า ฟองของยางพาราธรรมชาติเกิดการยุบตัว และเกิดการรวมกลุ่มของมัดเส้นใยเกิดการกระจายตัวได้น้อย Figure 5 แสดงลักษณะของยางพาราธรรมชาติ และวัสดุคอมพอสิตยางพาราธรรมชาติที่เสริมแรงด้วยเส้นใยตาลในปริมาณ 0 1 2.5 และ 5 phr จากภาพถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบส่องกราด กำลังขยาย 50 เท่า พบว่า ลักษณะวิทยาของโครงสร้างเซลล์โพลิเมอร์มีลักษณะโครงสร้างเป็นเซลล์เปิด (Open Cell) โดยโครงสร้างเซลล์ของยางพาราธรรมชาติ และวัสดุคอมพอสิตยางพาราธรรมชาติที่

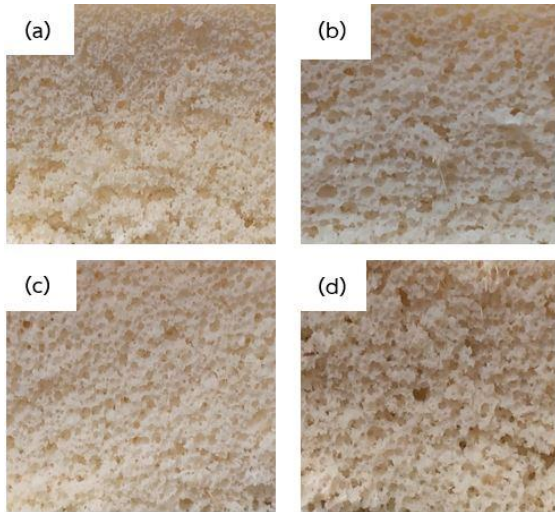
เสริมแรงด้วยเส้นใยตาล มีลักษณะของผนังเซลล์แตกและเจาะต่อระหว่างเซลล์ [12] เมื่อเพิ่มปริมาณของเส้นใยตาลเพิ่มขึ้นขนาดของเซลล์โพลิเมอร์มีขนาดลดลง เนื่องจากเส้นใยตาลขัดขวางการขยายตัวของเซลล์



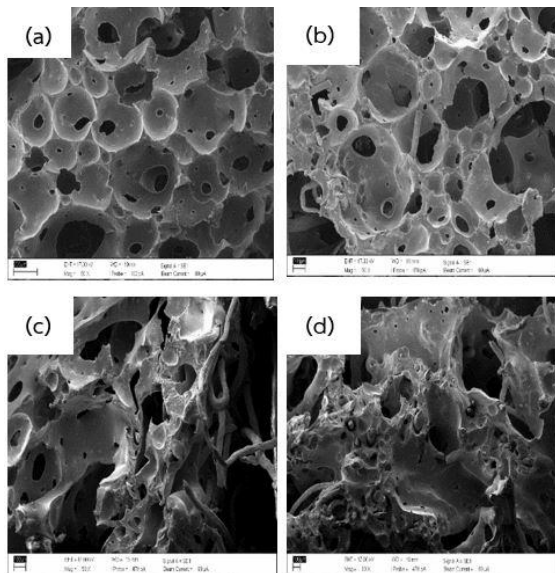
**Figure 2** SEM micrographs 200 x (a) untreated (b) treated 5 % w/v (c) treated 10 % w/v และ (d) treated 20 % w/v of Borassus Fruit Fiber



**Figure 3** SEM micrographs 615 x of cross section Borassus Fruit Fiber (a) untreated (b) treated 5 % w/v (c) treated 10 % w/v และ (d) treated 20 % w/v



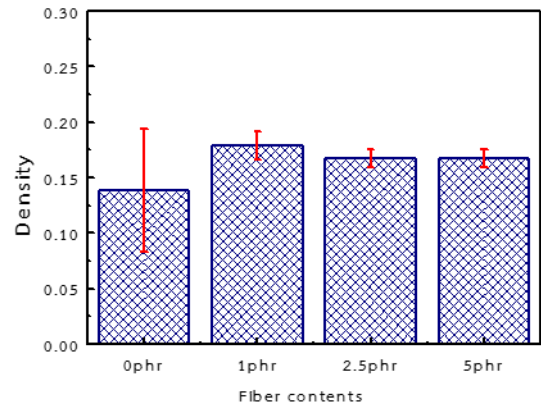
**Figure 4** Cell Structure of Natural Rubber Foam and Natural Rubber Foam Composites (a) 0 phr (b) 1 phr (c) 2.5 phr และ (d) 5 phr



**Figure 5** SEM Micrographs 50 x of Natural Rubber Foam and Natural Rubber Foam Composites (a) 0 phr (b) 1 phr (c) 2.5 phr and (d) 5 phr

### 3.3 ความหนาแน่นของวัสดุคอมพอสิตยางโฟมธรรมชาติที่เสริมแรงด้วยเส้นใยตาล

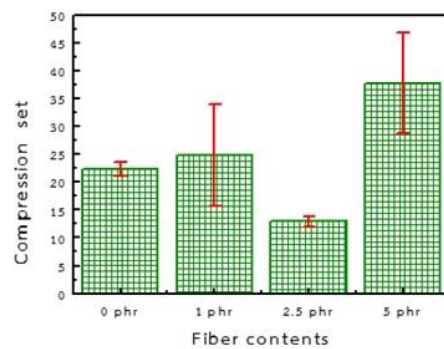
Figure 6 การศึกษาความหนาแน่นของยางโฟมธรรมชาติ และวัสดุคอมพอสิตยางโฟมธรรมชาติที่เสริมแรงด้วยเส้นใยตาลในปริมาณ 0 1 2.5 และ 5 phr พบว่า เมื่อเพิ่มปริมาณของเส้นใยตาลเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ความหนาแน่นของวัสดุคอมพอสิตยางโฟมธรรมชาติเพิ่มขึ้น เนื่องจากการเติมเส้นใยเพิ่มน้ำหนักให้วัสดุยางโฟม



**Figure 6** Density of Natural Rubber Foam and Natural Rubber Foam Composites

### 3.4 การยุบตัวเนื่องจากแรงอัด ของวัสดุคอมพอสิตยางโฟมธรรมชาติที่เสริมแรงด้วยเส้นใยตาล

Figure 7 การยุบตัวเนื่องจากแรงอัดของยางโฟมธรรมชาติ และ วัสดุคอมพอสิตยางโฟมธรรมชาติที่เสริมแรงด้วยเส้นใยตาล พบว่า เมื่อเพิ่มปริมาณเส้นใยตาล ทำให้ค่าการยุบตัวลดลง เนื่องจากเกิดการขวางพองทำให้การเกิดพองยากขึ้น ในส่วนวัสดุคอมพอสิตยางโฟมธรรมชาติที่เสริมแรงด้วยเส้นใยตาล 1 phr ร้อยละการยุบตัวมีค่าเพิ่มขึ้น เนื่องจากการเพิ่มปริมาณเส้นใย 1 phr ยังมีปริมาณน้อยการเสริมแรงยังไม่ดีพอ 2 phr ค่าร้อยละการยุบตัวมีค่าน้อยที่สุด แสดงวัสดุชิ้นงานมีความสามารถคืนตัวได้ดี ดังนั้นพองที่ได้มีโครงสร้างของเซลล์น้อยลง ขนาดของเซลล์พองน้ำไม่สม่ำเสมอ ส่งผลให้ความยืดหยุ่นของวัสดุโฟมยางลดลง



**Figure 7** Compression set percent of Natural Rubber Foam and Natural Rubber Foam Composites

### 3.5 ความแข็ง (Hardness) ของวัสดุคอมพอสิตยางโฟมธรรมชาติที่เสริมแรงด้วยเส้นใยตาล

จาก Table 4 ศึกษาการทดสอบความแข็งของวัสดุโฟมยางธรรมชาติ และวัสดุคอมพอสิตยางโฟมธรรมชาติที่เสริมแรงด้วยเส้นใยตาลพบว่า เมื่อเพิ่มปริมาณเส้นใยตาล

เพิ่มขึ้นส่งผลให้ความแข็งแรงของวัสดุเพิ่มขึ้น เนื่องจากเพิ่มวัสดุที่มีความแข็งแรงลงในเฟสยาง

**Table 4** Hardness of Natural Rubber Foam and Natural Rubber Foam Composites

Borassus Fruit Fiber Contents (phr)	Hardness (shore A)
0	11.72 ± 3.13
1	16.75 ± 1.12
2.5	21.58 ± 1.74
5	30.33 ± 2.58

#### 4. สรุปผลการทดลอง

##### 4.1 ผลของการศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมในการปรับปรุงพื้นผิวของเส้นใยตาลด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์

เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เพิ่มขึ้นมีผลให้ค่าอัตราส่วนความยาวต่อเส้นผ่านศูนย์กลาง (L/D) มีค่าเพิ่มขึ้น โดยค่าอัตราส่วน(L/D) มีค่าสูงสุดที่ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 20 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร แต่ที่ความเข้มข้น ร้อยละ 20 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร เส้นใยมีความเปาะ และขาดง่าย ดังนั้นความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เหมาะสมสำหรับการปรับปรุงพื้นผิวของเส้นใยธรรมชาติคือ ร้อยละ 10 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร

##### 4.2 ผลของการศึกษาอัตราส่วนระหว่างเส้นใยธรรมชาติ กับยางธรรมชาติต่อสมบัติทางกายภาพ

เมื่อเติมเส้นใยตาล มีผลต่อขนาดของฟอง และการขยายของเซลล์โฟม โดยเซลล์โฟมมีขนาดลดลง เนื่องจากเส้นใยตาลกระจายตัวได้น้อยเมื่อปริมาณเส้นใยเพิ่มขึ้น ความหนาแน่นของวัสดุยางโฟมธรรมชาติ และวัสดุคอมพอสิตยางโฟมธรรมชาติเพิ่มขึ้น เมื่อปริมาณเส้นใยตาลเพิ่มขึ้น ร้อยละการยุบตัวเนื่องจากแรงอัด (Compression Set) สำหรับเส้นใยตาล ปริมาณที่เหมาะสม คือ 2.5 phr และ ความแข็งแรงของวัสดุคอมพอสิตยางโฟมธรรมชาติที่เสริมแรงด้วยเส้นใยธรรมชาติมีความแข็งแรงเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณเส้นใยเพิ่มขึ้น

#### 5. ข้อเสนอแนะ

5.1 ศึกษาสมบัติเชิงกลของวัสดุคอมพอสิตยางโฟมธรรมชาติเสริมแรงเส้นใย

5.2 ศึกษาอายุการใช้งานของวัสดุคอมพอสิตยางโฟมธรรมชาติเสริมแรงเส้นใย

#### 6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ ทนอดทนทุนการวิจัยจากกองทุนสนับสนุนการวิจัย มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์สำหรับทุนวิจัย คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น

#### 7. References

- [1] Kengkhetkit, N. and Amornsakchai. T. 2012. "Utilisation of pineapple leaf waste for plastic reinforcement: 1. A novel extraction method for short pineapple leaf fiber." *Industrial Crops and Products*. 40 : 55-61.
- [2] Saheb, D. N., and Jog, J. P. 1999. "Natural fiber composites A review." *Advances in Polymer Technology*. 18: 351-363.
- [3] Sakdapipanch, J. 2010. *Natural Rubber and Technology*. 1<sup>st</sup> , Bangkok: TechnoBiz Communications Co., Ltd.
- [4] Ismail, H., Rosnah, N., and Rozman, HD. 1997. "Effect of various bonding systems on mechanical properties of oil palm fibre reinforced rubber composites." *European Polymer Journal*. 8: 1232-1238.
- [5] Phomrak, S., and et.al. 2020. "Natural Rubber Latex Foam Reinforced with Micro- and Nanofibrillated Cellulose via Dunlop Method." *Polymer*. 12: 1959-1974.
- [6] Bisanda ETN. 2000. "The effect of alkali treatment on the adhesion characterization of sisal fibres". *Applied Composite Materials*. 7: 331-339.
- [7] Karim, A. F, A., Ismail, H., and Ariff, Z, M. 2016. "Properties and characterization of Kenaf-Filled Natural Rubber Latex Foam". *Bioresources*. 11(1): 1080-1091.
- [8] Kajornchaikul. V. 2012. *Latex Technology*. 1<sup>st</sup>. Bangkok. Wanida karnpim limited partnership.
- [9] Sirikaseamlerd. C. 2011. "Textile innovation." *TTIS Textile Digest*. 19(January-February): 34-35.
- [10] Darinya M., and Arunsri A. 2013. "Effect of Defatted Rice Bran on Properties of Natural Rubber Latex Foam." *Khonkaen Science Journal*. 41(4): 1019 – 1029.

[11] El-Shekeil, Y.A., and et. al. 2012. "Effect of Alkali Treatment on Mechanical and Thermal Properties of Kenaf Fiber-reinforced Thermoplastic Polyurethane Composite". **Journal of Thermal Analysis and Calorimetry**. 109: 1435-1443.

[12] Piyawan S. 2000. **Cassava Starch-Natural Rubber Blends as Shock Absorbing Foam**. M.Sc. Thesis, Chulalongkorn University.