# การปรับปรุงสมบัติเชิงกลของยางธรรมชาติด้วยเส้นใยบวบ

# Improvement Mechanical Properties of Natural Rubber by Zucchini fiber

**สทัศน์ โตนุช**[1] **ศศินา พิมพาทอง**[1] **และ ประพนธ์ เลิศลอยปัญญาชัย**[1]
กลุ่มวิจัยแก้วและเทคโนโลยีวัสดุ สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยราชภัฏหมู่บ้านจอมบึง

## บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาเกี่ยวกับการนำเส้นใยบวบมาผสมกับยางธรรมชาติเพื่อปรับปรุงสมบัติเชิงกล โดยมีการปรับเปลี่ยนอัตราส่วนของเส้นใยบวบทั้งหมดเป็น 4 อัตราส่วน คือ 25 50 75 และ100 phr เพื่อทำการเปรียบเทียบกับสูตรมาตรฐาน ในการทดลองได้ผสมยาง และสารเคมีทั้งหมดด้วยเครื่องบดผสมแบบ 2 ลูกกลิ้ง แล้วนำมาขึ้นรูปด้วยแม่พิมพ์แบบกดอัดที่อุณหภูมิ 160 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 25 นาที ทำให้ได้ชิ้นงานที่มีความกว้าง 19 ซม. ยาว 19 ซม. หนา 0.5 ซม. จากผลการทดสอบสมบัติเชิงกลพบว่า สูตรที่ 3 ซึ่งมีอัตราส่วนผสมของเส้นใยบวบและดินอ่อน 50:50 phr เป็นอัตราส่วนที่มีสมบัติเชิงกลใกล้เคียงกับสูตรมาตรฐาน โดยมีค่าความแข็ง 89.2±2.17Shore A ค่าความทนต่อแรงดึง 4.21±0.37 MPa ค่าระยะยืด ณ จุดขาด 100.17±7.56 ค่ามอดูลัส 3.16±1.80 MPa และค่าความทนต่อการฉีกขาด 26.00±2.71 N/mm จากสมบัติเชิงกลข้างต้นจึงอาจสามารถนำเส้นใยบวบมาปรับปรุงสมบัติเชิงกลของยางธรรมชาติให้ดีขึ้นได้

**คำสำคัญ** : ใยบวบ ยางธรรมชาติ สมบัติเชิงกล

## ABSTRACT

This research study improvement mechanical properties of natural rubber by using zucchini fiber fille. The formulas of natural rubber. Are varied 4 ration such as 25, 50, 75 and 100 phr in order to compare standard formula. All formulas, natural rubber were mixed chemical by two roll mill mechine and hot compress at temperature 160 ℃ , 25 minutes. The samples have dimension width 19 cm., length 19 cm. and thickness 0.5 cm., The results of mechanical properties testing , it found that the third formula ( zucchini fiber 50 : soft clay 50 phr) similar properties with standard rubber ( 100 phr soft clay). The third formula show mechanical properties 89.2±2.17Shore A , tensile strength 4.21±0.37 MPa , elongation at break 100.17±7.56 , Modulus 3.16±1.80 MPa and tear strength 26.00±2.71 N/mm. natural rubber filled zucchini fiber can improve mechanical properties of natural rubber.

## บทนำ

ยางพาราถือเป็นพืชเศรษฐกิจที่มีความสำคัญของประเทศไทยปัจจุบันมีการขยายพื้นที่ปลูกยางพาราเป็นจำนวนมาก สืบเนื่องมาจากราคายางพาราที่เพิ่มสูงขึ้น ซึ่งเป็นเหตุจูงใจให้เกษตรกรหันไปปลูกยางพาราเป็นจำนวนมาก ต่อมาราคายางพาราได้ปรับตัวลดลงและต่ำกว่าต้นทุนการผลิต ซึ่งส่งผลกระทบต่อเกษตรกร และเศรษฐกิจของประเทศไทย แนวทางหนึ่งในการแก้ไขภาวะราคาตกต่ำคือการเพิ่มปริมาณการใช้ยางพารา หรือ นำยางพารามาเพิ่มมูลค่าให้มากขึ้นด้วยเทคโนโลยีต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็น การนำยางพารามาทำผลิตภัณฑ์ยาง เช่น การผลิตยางปูพื้น เครื่องมือทางการแพทย์ ที่นอนยางพารา เป็นต้น รวมไปถึงการแปรรูปยางพาราในด้านการตกแต่งอาคารภายนอก โดยสมบัติทั่วไปของผลิตภัณฑ์คือ ทนต่อการฉีกขาด ทนต่อสภาพอากาศ ดูแลรักษาและทำความสะอาดง่าย

“ใยบวบหอม” จึงเป็นทางเลือกหนึ่งในการนำสู่การวิจัยและพัฒนาประสิทธิภาพ ด้วยลักษณะทางกายภาพของตัวเส้นใยบวบจะมีโครงสร้างประกอบด้วยสารอินทรีย์ที่มีความเหนียวด้วยความหนาแน่นที่ 820 – 920 kg/m3 (Satyanarayana, et al., 2007) มีลักษณะเบาและโครงสร้างแข็งแรง มีปริมาณเซลลูโลสสูงถึงร้อยละ 63 (Seki, et al., 2012) สามารถนำสมบัติเส้นใยของใยบวบหอมมาใช้เป็นฉนวนกันความร้อนให้กับอาคาร

จากเหตุผลและความสำคัญดังกล่าว กลุ่มผู้วิจัยได้คิดค้นการพัฒนาผลิตภัณฑ์ฉนวนกันความร้อน จึงได้นำเส้นใยบวบมาใช้เป็นสารตัวเติมในยางธรรมชาติ เพื่อปรับปรุงสมบัติเชิงกลและคาดว่าจะสามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพทางด้านสมบัติเชิงกล รวมถึงเส้นใยบวบยังให้สมบัติทางกายภาพ คือ ตัวเส้นใยบวบจะมีโครงสร้างประกอบด้วยสารอินทรีย์ เช่น เซลลูโลส (cellulose) เฮมิเซลลูโลส(hemi-cellulose) และลิกนิน (lignin) โดยเฉพาะเซลลูโลสมีปริมาณที่สูง ซึ่งสามารถนำมาทำเป็นฉนวนได้เป็นอย่างดี หาได้ง่าย ไม่เป็นมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม เพราะฉะนั้นการปรับปรุงสมบัติเชิงกลของผลิตภัณฑ์จากยางธรรมชาติ สามารถพัฒนาด้านการผลิตเชิงอุตสาหกรรมพร้อมกับการนำเทคโนโลยีใหม่ๆ มาประยุกต์ใช้ ทางทีมผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่าการปรับปรุงสมบัติเชิงกลของยางธรรมชาติ โดยการเติมเส้นใยบวบก่อให้เกิดประโยชน์แก่อุตสาหกรรมการผลิตในประเทศไทย

## วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อปรับปรุงสมบัติเชิงกลของยางธรรมชาติให้ดีขึ้น
2. เพื่อนำเส้นใยบวบมาทำเป็นฉนวนกันความร้อน

## วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

ในงานวิจัยทางด้านนำยางธรรมชาติมาปรับปรุงสมบัติเชิงกลด้วยสารตัวเติมนั้น ได้มีนักวิจัยภายในประเทศหลายท่านทำการวิจัยมาอย่างมากมาย แต่การใช้เส้นใยบวบเป็นสารตัวเติมในยางธรรมชาตินั้น ยังมีงานวิจัยอยู่น้อยมาก ดังนั้นทางทีมผู้วิจัยจึงได้นำข้อมูลเบื้องต้นดังกล่าวมาเป็นแนวทางในการศึกษาวิจัย

ประพนธ์ เลิศลอยปัญญาชัยและคณะ.2561 ทำการศึกษาเกี่ยวกับการใช้ประโยชน์อนุภาคผงหินเป็นสารตัวเติมในยางธรรมชาติ จากงานวิจัยดังกล่าวพบว่า สามารถใช้อนุภาคผงหินมาปรับปรุงสมบัติเชิงกลของยางธรรมชาติให้ดีขึ้น โดยใช้เศษขยะจากการทำยางมะตอยราดพื้นถนนมาใช้ให้เกิดประโยชน์ และยังเป็นการกำจัดมลพิษที่เกิดจากฝุ่นหินด้

ดิศสกุล อิ้งตระกูลและคณะ.2562 ทำการศึกษาเกี่ยวกับการพัฒนาคอนกรีตบล็อกจากใยบวบหอม ซึ่งนำใยบวบหอมสับละเอียดมาเป็นส่วนผสมของคอนกรีตบล็อก ตามมาตรฐานอุตสาหกรรมคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักประเภทไม่ควบคุม ความชื้น มอก.58 – 2533 จากงานวิจัยดังกล่าวพบว่า การใช้เส้นใยบวบสับละเอียดเป็นส่วนผสมของคอนกรีตบล็อกแทนที่หินฝุ่นจะช่วยลดการนำความร้อนให้กับตัวอาคารได้

โรสลีนา จาราแว. 2559 ศึกษาเบื้องต้นเกี่ยวกับการพัฒนาฉนวนกันความร้อนจากพืชในเขตท้องถิ่น โดยทดสอบสมบัติทางกายภาพ และสมบัติเชิงกลความร้อนของฉนวนกันความร้อนที่ผลิตจากเส้นใยหญ้าคา ใยมะพร้าว กาบกล้วย ฟางข้าว และกาบหมาก และใช้น้ำยางพาราเป็นตัวประสานให้วัสดุสามารถยึดติด แผ่นฉนวนที่ผลิตได้มีลักษณะเป็นแผ่นเรียบ มีขนาด 15 x 15 x 3 cm3 จากผลการทดสอบพบว่า ฉนวนกันความร้อนจากเส้นใยธรรมชาติมีความหนาแน่นอยู่ในช่วง 0.020-0.021 g/cm$^3$ ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของ หญ้าคา ใยมะพร้าว กาบกล้วย ฟางข้าว และกาบหมากมีค่าเท่ากับ 0.022 W/m·K , 0.023 W/m·K ,0.028 W/m·K ,0.021 W/m·K ,0.017 W/m·K ตามลำดับ {ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน คือค่าที่แสดงความสามารถในการถ่ายเทความร้อนของวัสดุ หรือที่เรียกกันว่า “ค่า K” มีหน่วยเป็น W/(m.K)} เมื่อเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของฉนวนกาบหมากกับฉนวนใยแก้วที่ได้จากเชิงพาณิชย์มีค่าเท่ากับ 0.035 W/m·K จะเห็นได้ว่าฉนวนกันความร้อนจากเส้นใยธรรมชาติมีค่าการนำความร้อนที่น้อยกว่าฉนวนใยแก้ว จากผลการวิจัยพบว่า เส้นใยธรรมชาติพวกเซลลูโลสสามารถนำมาเป็นฉนวนกันความร้อนได้ดีจากงานวิจัยดังกล่าว จึงเป็นแนวทางให้ผู้ทำวิจัยสามารถนำข้อมูลที่ได้จากศึกษาในเบื้องต้นนำมาใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาสูตรยางให้มีสมบัติเชิงกลที่ดีขึ้น

## ขอบเขตของการวิจัย

เพื่อต้องการปรับปรุงสมบัติเชิงกลของยางธรรมชาติ ซึ่งสมบัติเชิงกลที่ทำการทดสอบ ได้แก่ ค่าความแข็ง (Shore A hardness) ค่าความต้านทานแรงดึง (Tensile strength) ค่าระยะยืด ณ จุดขาด (Elongation at break) ค่ามอดูลัส (Modulus) และค่าความทนต่อการฉีกขาด(Tear strength) ด้วยการเติมเส้นใยบวบ และสามารถต่อยอดในเชิงอุตสาหกรรม และพาณิชย์ได้

## วิธีดำเนินการวิจัย

การผสมยางคอมพาวด์

งานวิจัยนี้เป็นการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์แผ่นยางโดยใช้เครื่องบด 2 ลูกกลิ้งและเครื่องอัดขึ้นรูปร้อน ในงานวิจัยได้ใช้ยางธรรมชาติ (เกรด STR 5L) ผสมกับเส้นใยบวบ เพื่อเพิ่มสมบัติเชิงกลให้แก่ยางธรรมชาติ

ก. ลักษณะของใยบวบ ข. ลักษณะของใยบวบที่ตัดเป็นเส้นเพื่อใช้เป็นสารตัวเติม

**ภาพที่1** ลักษณะของเส้นใยบวบ

**การหาองค์ประกอบทางเคมีของเส้นใยบวบ**

ในการตรวจสอบองค์ประกอบทางเคมีของเส้นใยบวบใช้เครื่อง **FTIR Spectrometer** รุ่น **IR Prestige-21** ของบริษัท **Shimadzu** ประเทศญี่ปุ่น

**ตารางที่ 1** สูตรปริมาณสารเคมีที่ใช้ผสมในยางธรรมชาติ

| สารเคมี | ปริมาณ(phr) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | สูตร 1* SC:ZF 100:0 | สูตร 2 SC:ZF 75:25 | สูตร 3 SC:ZF 50:50 | สูตร 4 SC:ZF 25:75 | สูตร 5 SC:ZF 0:100 |
| Natural rubber | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 |
| ZnO | 10.00 | 10.00 | 10.00 | 10.00 | 10.00 |
| Stearic acid | 1.50 | 1.50 | 1.50 | 1.50 | 1.50 |
| MBTS | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| TMTD | 0.10 | 0.10 | 0.10 | 0.10 | 0.10 |

**ตารางที่ 1(ต่อ)** สูตรปริมาณสารเคมีที่ใช้ผสมในยางธรรมชาติ

| สารเคมี | ปริมาณ(phr) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | สูตร 1* SC:ZF 100:0 | สูตร 2 SC:ZF 75:25 | สูตร 3 SC:ZF 50:50 | สูตร 4 SC:ZF 25:75 | สูตร 5 SC:ZF 0:100 |
| Paraffin wax | 2.00 | 2.00 | 2.00 | 2.00 | 2.00 |
| Aromatic oil | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| 6PPD | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| Soft clay (SC) | 250.00 | 181.25 | 125 | 68.75 | - |
| Zucchini fiber (ZF) | - | 68.75 | 125 | 181.25 | 250 |
| Sulfur | 4.00 | 4.00 | 4.00 | 4.00 | 4.00 |

*สูตรอ้างอิง Shore hardness ประมาณ 80 Shore A (ประพนธ์,2559)

**การทดสอบสมบัติเชิงกล**

นำยางคอมพาวด์ไปอัดขึ้นรูปที่อุณหภูมิ 160 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 25นาที จากนั้นนำชิ้นงานไปทดสอบสมบัติเชิงกลด้วยเครื่อง Universal tensile machine โดยสมบัติเชิงกลที่ทำการทดสอบ ได้แก่ ค่าความแข็ง (Shore A hardness) ค่าความทนต่อแรงดึง (Tensile strength) ค่าระยะยืด ณ จุดขาด(Elongation at break) ค่าโมดูลัส (Modulus) และค่าความทนต่อการฉีกขาด (Tear strength)

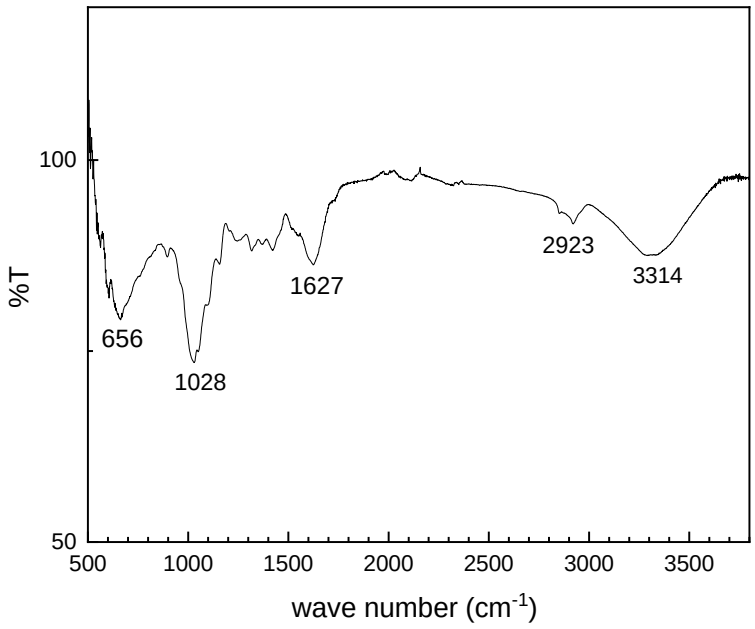
## ผลการวิจัย

องค์ประกอบทางเคมีของเส้นใยบวบ

การทดลองนี้ได้นำเส้นใยบวบมาใช้เป็นสารตัวเติมในยางธรรมชาติ เพื่อปรับปรุงสมบัติเชิงกลของชิ้นงาน ซึ่งจากการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง FTIR พบว่าเส้นสเปกตรัมของเส้นใยบวบแสดงพีคที่ 656 ซม.$^{-1}$ คือกลุ่ม C – H bending พีคที่ 1028 ซม.$^{-1}$ คือกลุ่ม C–O stretching, vibrations , พีคที่ 1627 ซม$^{-1}$ คือกลุ่ม C-O-C stretching, พีคที่ 2923 ซม$^{-1}$ คือกลุ่ม C-H stretching และพีคที่ 3314 ซม.$^{-1}$ คือกลุ่ม $OH^-$ stretching, vibration ในตารางที่ 2 แสดงองค์ประกอบทางเคมีของเส้นใยบวบโดยเทคนิค FTIR

**ตารางที่ 2** โครงสร้างทางพันธะเคมีของเส้นใยบวบโดยเทคนิค FTIR

| Wave number | Bond |
|---|---|
| 656 | C – H bending |
| 1028 | C–O stretching, vibrations |
| 1627 | C-O-C stretching |
| 2923 | C-H Stretching |
| 3314 | $OH^-$ stretching, vibration |




**ภาพที่ 2** ผลการวิเคราะห์สเปคตรัมของเส้นใยบวบด้วยเทคนิค FTIR

**อิทธิพลของสารตัวเติมที่ส่งผลต่อสมบัติเชิงกลของแผ่นยาง**

จากการศึกษางานวิจัยของ (ดิศสกุล อึ้งตระกูลและคณะ.2562) ได้ทำการพัฒนาคอนกรีตบล็อกจากใยบวบหอม และจากการศึกษางานวิจัยของ (โรสลีนา จาราแว. 2559) ได้ทำการพัฒนาฉนวนกันความร้อนจากพืชในเขตท้องถิ่น ที่ใช้น้ำยางพาราเป็นตัวประสานให้วัสดุสามารถยึดติด พบว่า ใยบวบหอมและน้ำยางพารามีสมบัติเป็นฉนวนกันความร้อน ดังนั้นทีมผู้วิจัยจึงปรับปรุงสมบัติเชิงกลของแผ่นยางที่ผสมสารตัวเติมเป็นเส้นใยบวบแทน โดยได้นำยางคอมพาวด์ไปอัดขึ้นรูปเป็นชิ้นงาน โดยใช้อุณหภูมิที่ 160 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 25 นาที ได้ชิ้นงานแผ่นยางสีน้ำตาลดังที่แสดงในภาพที่ 3 ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้ทำการทดลองเปรียบเทียบสมบัติเชิงกลระหว่างแผ่นยางสูตรมาตรฐานและสูตรแผ่นยางที่ผสมสารตัวเติมเส้นใยบวบที่มีอัตราส่วนผสมที่แตกต่างกัน ซึ่งผลการทดสอบสมบัติเชิงกลแสดงในตารางที่ 3

**ภาพที่ 3** แผ่นยางที่ผสมเส้นใยบวบ ที่มีการเติมอัตราส่วนผสมตั้งแต่ 25, 50 ,75 และ 100 phr ซึ่งมีสีที่แตกต่างกันตามจำนวนเส้นใยบวบ

**ตารางที่ 3** ค่าสมบัติเชิงกลของแผ่นยางเปรียบเทียบระหว่างสูตรมาตรฐานและสูตรผสมเส้นใยบวบ

| สมบัติเชิงกล | สูตรที่ 1* | สูตรที่ 2 | สูตรที่ 3 | สูตรที่ 4 | สูตรที่ 5 |
|---|---|---|---|---|---|
| **ความแข็ง (Shore A)** | 83.40±0.65 | 87.8±2.49 | 89.2±2.17 | 90.4±3.44 | 91.2±3.03 |
| **ความทนต่อแรงดึง (MPa)** | 4.13±0.30 | 3.81±0.17 | 4.21±0.37 | 2.35±0.90 | 1.42±0.33 |
| **ระยะยืด ณ จุดขาด** | 194.60±20.98 | 123.50±22.55 | 100.17±7.56 | 118.59±36.83 | 107.18±5.70 |
| **มอดูลัส (MPa)** | 3.48±0.07 | 3.14±0.46 | 3.16±1.80 | 2.22±0.32 | 1.33±0.34 |
| **ความทนต่อการฉีกขาด (N/mm)** | 23.12±1.38 | 14.92±1.00 | 26.00±2.71 | 16.25±1.37 | 16.01±1.74 |

สูตร* สูตรยางอ้างอิงค่าความแข็ง 80 (Shore A) (ประพนธ์,2559)

จากการทดสอบสมบัติเชิงกลชิ้นงานยางธรรมชาติ เปรียบเทียบระหว่างสูตรมาตรฐานและสูตรเส้นใยบวบ พบว่าค่าความแข็งเป็นค่าความต้านทานต่อแรงที่มากระทำกับชิ้นงาน เห็นได้ว่าสูตรที่ 5 มีค่าความแข็งที่ดี คือ 91.2±3.03 Shore A เพราะ เส้นใยบวบมีการจัดเรียงตัวของโมเลกุลเซลลูโลสมีความเป็นระเบียบค่อนข้างมากคือ 85-95% ซึ่งมีผลทำให้เส้นใยเซลลูโลสมีความเหนียวและแข็งแรงค่อนข้างสูง (ประชุม คำพุฒและคณะ, 2552.) ผลการทดสอบความทนต่อแรงดึง เป็นการวัดความต้านทานของวัสดุต่อแรงดึง พบว่าสูตร 3 ที่ใช้เส้นใยบวบเป็นส่วนผสมปริมาณ 50 phr มีค่าความทนต่อแรงดึงที่ดี คือ 4.21±0.37 MPa ผลการทดสอบระยะยืด ณ จุดขาด เป็นร้อยละการยืดตัวของชิ้นงานทดสอบที่จุดขาดเมื่อเปรียบเทียบกับความยาวเริ่มต้น พบว่าสูตรที่ 2 มีค่าดีที่สุด คือ 123.50±22.55 ซึ่งการใช้ปริมาณเส้นใยที่เพิ่มขึ้นจะ

ส่งผลให้สมบัติเชิงกล ได้แก่ ความทนต่อแรงดึงและระยะยืด ณ จุดขาด ลดลง เนื่องจากเส้นใยจะไปรบกวนการเกิดผลึกของยางธรรมชาติจึงทำให้สมบัติเชิงกลทางด้านแรงดึงและระยะยืดลดลง ดังนั้นการเติมเส้นใยที่พอเหมาะจะส่งผลต่อสมบัติเชิงกลโดยรวมให้ดีขึ้นได้ (Jacob, et al., 2006.) ผลการทดสอบค่ามอดูลัส เป็นการบ่งบอกสภาพการต้านทานการเปลี่ยนรูปของวัตถุ พบว่าสูตรที่ 3 มีค่ามอดูลัสที่ดี โดยมีค่าอยู่ที่ 3.16±1.80 MPa โดยสัดส่วนที่มีเส้นใยมากขึ้นจะส่งผลให้วัสดุมีความเหนียวเพิ่มขึ้น ซึ่งจะส่งผลโดยตรงต่อความเครียดภายในของวัสดุ (Okubo et al., 2003) ผลการทดสอบค่าความทนต่อการฉีกขาด คือ ค่าแรงดึงสูงสุดที่ทำให้ยางเกิดการฉีกขาดต่อความหนาของชิ้นงานตัวอย่าง พบว่าสูตรที่ 3 มีค่าความทนต่อการฉีกขาดที่ดี อยู่ที่ 26.00±2.71 N/mm เมื่อเพิ่มปริมาณเส้นใยบวบพบว่า ค่าความทนทานต่อการฉีกขาดมีค่าเพิ่มขึ้นเนื่องจากเส้นใยไปขวางแนวการฉีกขาดทำให้การขยายของรอยแยก (crack propagation) เกิดยากขึ้น (Ismail et al., 1997)

## สรุปผลและการอภิปรายผลการวิจัย

จากผลการวิจัยแผ่นชิ้นงานยางธรรมชาติที่ใช้เส้นใยบวบเป็นสารตัวเติมสามารถสรุปได้ว่า สูตรที่ 3 เป็นสูตรที่มีสมบัติเชิงกลที่ดีเมื่อเทียบกับสูตรมาตรฐาน โดยมีค่าความทนต่อแรงดึงและค่าความทนต่อการฉีกขาดที่ดี ดังนั้นทางทีมผู้วิจัยจึงเลือกสูตรที่ 3 มาทำเป็นฉนวนกันความร้อนเพราะมีสมบัติเชิงกลที่ดี ซึ่งในการทำผลการวิจัยครั้งต่อไป จะทำการทดสอบค่าสัมประสิทธิ์ความร้อนและอาจเพิ่มเส้นใยอีก 1 ชนิด เพื่อให้เป็นฉนวนกันความร้อนที่ดีขึ้นและเพื่อปรับปรุงสมบัติเชิงกลของยางธรรมชาติให้ดีขึ้น

## กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากสำนักงานงบประมาณ ปีงบประมาณ พ.ศ. 2564 ผ่านการพิจารณาจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติภายใต้รหัสโครงการ 182614 ขอขอบคุณอาจารย์ที่ปรึกษาวิจัยผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ประพนธ์ เลิศลอยปัญญาชัย อาจารย์ประจำสาขาฟิสิกส์ มหาวิทยาลัยราชภัฏหมู่บ้านจอมบึง ที่ให้คำปรึกษา และศูนย์เครื่องมือสาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏหมู่บ้านจอมบึง ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้เครื่องขึ้นรูปยางและภาควิชาวิศวกรรมเครื่องมือและวัสดุ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้เครื่องทดสอบสมบัติทางกลของยาง

## เอกสารอ้างอิง

ประพนธ์ เลิศลอยปัญญาชัย.(2559).**ผลของผงหินยางมะตอยเป็นสารตัวเติมในยางธรรมชาติเพื่อปรับปรุงสมบัติเชิงกลของแผ่นกระเบื่องยางปูพื้น.**การประชุมสัมมนาวิชาการนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติเครือข่ายบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏภาคเหนือ ครั้งที่ 16 และการประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ ครั้งที่ 3 งานวิจัยเพื่อพัฒนาท้องถิ่น, 536-545.

ประชุม คำพุฒ และคณะ 2552. **“ฉนวนความร้อนจาก ชานอ้อยและยางธรรมชาติ“.** การประชุมวิชาการทาง วิศวกรร.0.มศาสตร์ ครั้งที่ 7 ณ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ 21-22 พฤษภาคม 2552.

ดิศสกุล อึ้งตระกูลและคณะ.2562 **ทำการศึกษาเกี่ยวกับการพัฒนาคอนกรีตบล็อกจากใยบวบหอม**, สืบค้นเมื่อ 23 ธันวาคม 2563, จาก file:///C:/Users/ASUS/Downloads/145061-Article%20PDF%20file-630782-1-10-20190722%20(11).pdf

โรสลีนา จาราแว. 2559 **ศึกษาเบื้องต้นเกี่ยวกับการพัฒนาฉนวนกันความร้อนจากพืชในเขตท้องถิ่น**, สืบค้นเมื่อ 26 ธันวาคม 2563, จากhttp://wb.yru.ac.th/bitstream/yru/249/1/162.pdf

Okubo, K., Fujii, T., & Yamamoto, Y. (2003). Development of Bamboo-based Polymer Composites and Their Mechanical Properties, Composites, 35(3), 377-383.

Jacob, M., Francis, B., Thomas, S., and Varughese, K. T. (2006). Dynamical mechanical analysis of sisal fiber/oil palm hybrid fiber-reinforced natural rubber composites. Polym. Compos. 27. 671-680.

Ismail, H., Rozman, H. D., Jaffri, R. M., and Mohd Ishak, Z. A. (1997). Oil palm wood flour reinforced epoxidized natural rubber composites: The effect of filler content and size. Eur. Polym. J. 33. 1627-1632.

(Satyanarayana, et al., 2007) **วิจัยและพัฒนาประสิทธิภาพ ด้วยลักษณะทางกายภาพของตัวใยบวบซึ่งเป็นวัสดุอินทรีย์ มีความเหนียวด้วยความหนาแน่นที่ 820 – 920 kg/m3 มีลักษณะเบาและโครงสร้างแข็งแรง ซึ่งทั้งเป็นวัสดุเหลือ ใช้ในภาคเกษตรจำนวนหนึ่งที่มีปริมาณเซลลูโลสสูงถึงร้อยละ 63** (Seki, et al., 2012) **สามารถนำคุณสมบัติเส้นใยของใยบวบหอมมาใช้เป็นฉนวนกันความร้อนให้กับอาคาร**, สืบค้นเมื่อ 23 ธันวาคม 2563, จาก file:///C:/Users/ASUS/Downloads/145061-Article%20PDF%20file-630782-1-10-20190722%20(11).pdf