สมบัติทางกลของยางธรรมชาติที่เติมฟองน้ำลาเท็กซ์เหลือทิ้งจากอุตสาหกรรม

The Mechanical Properties of Natural Rubber Filled with Latex Foam Waste from Industrial

นิภาส ลีนะธรรม[1], อดิศร ไกรนรา[2], วัสสา รวยรวย[2], ฉัตรชัย แก้วดี[3], วีระยุทธ สุดสมบูรณ์[3] และวีรพล ปานศรีนวล[3]

Nipas Leenatham[1], Adisorn Krainara[2], Wassa Ruayruay[2], Chatchai Kaewdee[3], Weerayute Sudsomboon[3], and Weeraphol Pansrinual[3]

[1] สาขาวิชาเทคโนโลยีการจัดการอุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานี
ผู้ประสานงานเผยแพร่ (Corresponding Author), E-mail: Nipas.lee@sru.ac.th

[2] สาขาวิชาอุตสาหกรรมศิลป์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช

[3] หลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช

วันที่รับบทความ: .21 มีนาคม 2566; วันที่ทบทวนบทความ: 19 เมษายน 2566; วันที่ตอบรับบทความ: 22 เมษายน 2566
วันที่เผยแพร่ออนไลน์: 28 เมษายน 2566

บทคัดย่อ: ฟองน้ำลาเท็กซ์เหลือทิ้งเป็นของเสียจากกระบวนการผลิตหมอนและที่นอน งานวิจัยนี้จึงมีความสนใจที่จะนำฟองน้ำลาเท็กซ์เหลือทิ้งกลับมาใช้ใหม่เป็นสารตัวเติมให้กับยาง STR 5L เพื่อลด ต้นทุนของผลิตภัณฑ์ยาง และเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับของเสียจากอุตสาหกรรมหมอนและที่นอน โดย เริ่มจากการบดฟองน้ำลาเท็กซ์เหลือทิ้งให้มีขนาดเล็กด้วยเครื่องย่อยและบดละเอียดด้วยเครื่องบด ผสมแบบสองลูกกลิ้ง ตามด้วยการร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 10 จากนั้นนำมาผสมกับยาง STR 5L ด้วย เครื่องบดผสมแบบสองลูกกลิ้ง โดยแปรปริมาณฟองน้ำลาเท็กซ์เหลือทิ้งที่บดย่อยแล้ว 5 ระดับ คือ 0, 15, 30, 45 และ 60 phr ตามลำดับ สารเคมียางอื่น ๆ ที่เติม ประกอบด้วยกรดสเตียริก 5 phr, ซิงค์ออกไซด์ 1.5 phr, วิงสเตย์ แอล 1 phr, ซีบีเอส 1 phr และกำมะถัน 2 phr ทำการอัดขึ้นรูปยางคอมพาวน์ดที่เตรียมได้ให้เป็นแผ่นยางคงรูปขนาด 25x25x0.2 เซนติเมตร ด้วยเครื่องอัดขึ้นรูปด้วย ความร้อนที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส จากนั้นทำการทดสอบสมบัติความทนต่อแรงดึงตาม มาตรฐาน ASTM D412 (Die C) พบว่าสมบัติความต้านทานต่อแรงดึงมีค่าลดลงตามปริมาณฟองน้ำ ลาเท็กซ์เหลือทิ้งที่เพิ่มขึ้น โดยความทนต่อแรงดึงต่ำสุดอยู่ที่ 3.59 MPa เมื่อทดสอบสมบัติความแข็ง ของยางคงรูปมาตรฐาน ASTM D2240 (Shore A) พบว่าเมื่อเปรียบเทียบกับยางธรรมชาติที่ไม่มี ส่วนผสมฟองน้ำลาเท็กซ์เหลือทิ้ง ความแข็งของยางเพิ่มสูงขึ้นตามปริมาณฟองน้ำลาเท็กซ์เหลือทิ้ง โดยค่าความแข็งสูงสุดที่ได้อยู่ที่ 55 Shore A

คำสำคัญ: ยางธรรมชาติ ฟองน้ำลาเท็กซ์เหลือทิ้ง สมบัติทางกล

Abstract: Latex foam waste is a waste product from the production of mattresses and pillows. Recycled latex foam wastes mixed with the STR 5L rubber can be used as a filler resulting in a reduction product cost and increase the value of waste from the production process. The latex foam wastes were crushed into a smaller size by using granulator and grind with a two-roll mill machine through sieve number 10. Five rubber formulas were issued varied on the amount of latex

sponge and classified into 5 levels: 0; 15; 30; 45 and 60 (phr). Then, such wastes were mixed with the chemical content in a fixed ratio including stearic acid (5 phr), zinc oxide (1.5 phr), Wing Stay L (1 phr), CBS 1 phr and sulfur (2 phr), after that grinded and mixed with a two-roll mill. Then, the test was formed by bringing the mixture to a compression molding machine at 150 degrees Celsius. The size of 25x25x0.2 cm. was tested with ASTM D412 (Die C) standard. The results found that the hardness and tensile strength was low based on the amount of waste latex sponge with a minimum of 3.59 MPa. The thickness of ASTM D2240 (Shore A) standard with the hardness properties had a higher amount of latex foam wastes with a maximum value of 55 Shore A when compared with a natural rubber without the latex foam waste from the industry.

Key words: Natural rubber, Latex foam waste, Mechanical properties

1. บทนำ

ผลิตภัณฑ์ฟองน้ำลาเท็กซ์เป็นผลิตภัณฑ์ที่เตรียมจากน้ำยางธรรมชาติ มีลักษณะเป็นรูพรุน เหมาะที่จะนำไปผลิตเป็นผลิตภัณฑ์จำพวก ที่นอน หมอน กระบวนการผลิตฟองน้ำลาเท็กซ์คือ การทำให้น้ำยางเกิดฟองของอากาศหรือของก๊าซต่าง ๆ แล้วทำให้ฟองยางคงรูปหรือการวัลคาไนซ์ (Vulcanization) ด้วยสารเคมีและความร้อน ปัจจุบันเทคโนโลยีการผลิตที่ได้รับความนิยมคือเทคโนโลยีการผลิตแบบดันลอป (Dunlop process) เทคโนโลยีการนี้ อาศัยหลักการตีน้ำยางให้เกิดฟองอากาศ และใช้สารก่อเจลอย่างช้าในการทำให้ฟองเซ็ตตัวก่อนนำไปอบวัลคาไนซ์ [1] อย่างไรก็ตามถึงแม้เทคโนโลยีการผลิตแบบดันลอปจะเป็นวิธีที่สะดวกรวดเร็วอุปกรณ์ปั่นกวนที่ทำให้เกิดฟองมี ราคาถูก แต่วิธีนี้จะมีฟองน้ำลาเท็กซ์เหลือทิ้งจากการฉีดหรือเทฟองยางลงแม่พิมพ์ ทำให้เกิดฟองน้ำลาเท็กซ์เหลือ ทิ้งจำนวนมาก ส่งผลทำให้มีปัญหาเรื่องของการจัดการกับของเสียจากกระบวนการผลิต และก่อให้เกิดผลกระทบ ต่อสิ่งแวดล้อมในประเทศที่มีอุตสาหกรรมการผลิตฟองน้ำลาเท็กซ์ เช่น ประเทศไทย เป็นต้น

สหกรณ์กองทุนสวนยางบ้านหนองครก จังหวัดตรัง ประเทศไทย ได้ดำเนินโครงการเพิ่มมูลค่ายาง ธรรมชาติ โดยแปรรูปยางธรรมชาติเป็นผลิตภัณฑ์หมอนยาง ด้วยกระบวนการผลิตแบบดันลอป โดยกำลังการผลิต เฉลี่ยอยู่ที่ 400 ใบต่อวัน ทำให้มีฟองน้ำลาเท็กซ์เหลือทิ้งเกิดขึ้นประมาณ 40-50 กิโลกรัม ดังแสดงในภาพที่ 1

ภาพที่ 1 ฟองน้ำลาเท็กซ์เหลือทิ้ง

การวิจัยครั้งนี้จึงมุ่งเน้นการเสนอแนวทางเลือกใหม่ในการนำวัสดุเหลือทิ้งจากอุตสาหกรรมกลับมาใช้ใหม่ โดยให้ความสำคัญกับการนำฟองน้ำลาเท็กซ์เหลือทิ้งจากอุตสาหกรรมมาใช้เป็นสารตัวเติมเพื่อลดต้นทุนให้กับผลิตภัณฑ์ ยางธรรมชาติ อีกทั้งเป็นการนำสิ่งที่ไม่มีประโยชน์มาเพิ่มมูลค่าสร้างอีกครั้ง และเป็นการลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม โดยงานวิจัยนี้จะทำการเติมฟองน้ำลาเท็กซ์เหลือทิ้งในปริมาณต่าง ๆ กัน ได้แก่ 0, 15, 30, 45 และ 60 phr ลงในยางธรรมชาติ จากนั้นทำการกดอัดขึ้นรูป (compression mold) และทดสอบหาสมบัติความทนต่อแรงดึง (tensile properties) และความแข็ง (hardness)

2. วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อศึกษาผลของการเติมฟองน้ำลาเท็กซ์เหลือทิ้งจากอุตสาหกรรมในปริมาณต่าง ๆ กันต่อสมบัติเชิงกลของยางธรรมชาติ

3. วิธีดำเนินการวิจัย

การดำเนินงานแบ่งออกเป็น 3 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1: การบดลดขนาดฟองน้ำลาเท็กซ์เหลือทิ้ง

ฟองน้ำลาเท็กซ์เหลือทิ้งที่นำมาใช้ในการศึกษาครั้งนี้ได้รับมาจากสหกรณ์กองทุนสวนยางบ้านหนองครก โดยฟองน้ำลาเท็กซ์เหลือทิ้งจะถูกบดด้วยเครื่องบด ตามด้วยการบดอัดด้วยเครื่องผสมสองลูกกลิ้ง จากนั้นฟองน้ำลาเท็กซ์เหลือทิ้งที่ผ่านการบดแล้วจะถูกนำไปร่อนเพื่อคัดแยกขนาด โดยส่วนที่นำมาใช้ในการศึกษาจะเป็นส่วนที่สามารถผ่านตะแกรงเบอร์ 10 (2 มิลลิเมตร)

ส่วนที่ 2: การเตรียมยางคอมพาวน์ดและยางคงรูปที่เติมฟองน้ำลาเท็กซ์เหลือทิ้ง

ภาพที่ 2 การบดอัดส่วนผสมทั้งหมดด้วยเครื่องผสมสองลูกกลิ้ง

2.1 เริ่มจากการบดยางยางธรรมชาติ STR 5L ด้วยเครื่องบดผสมยางสองลูกกลิ้ง ดังภาพที่ 2 ที่ อุณหภูมิห้อง จนยางพันบนลูกกลิ้ง ทำการกรีดพับยางจนยางนิ่ม

2.2 เติมสารเคมีได้แก่ ซิงค์ออกไซด์ กรดสเตียริก และวิงสเตย์แอล ลงไประหว่างลูกกลิ้งแล้วทำการบด ผสมโดยการกรีดและพับยาง เพื่อให้เกิดการผสมที่มีการกระจายตัว

2.3 จากนั้นทำการเติมฟองน้ำลาเท็กซ์เหลือทิ้งในปริมาณ 5 ระดับ คือ 0, 15, 30, 45 และ 60 Parts per hundred of rubber (phr) บดผสมกับยาง

2.4 เติมสารเร่งการคงรูปซีบีเอส และสารคงรูปกำมะถัน บดผสมกับยางต่อจนสารเคมีกระจายตัวในเนื้อยางอย่างสม่ำเสมอ โดยสูตรสารเคมียางที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้แสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 สูตรยางธรรมชาติผสมฟองน้ำลาเท็กซ์เหลือทิ้งจากอุตสาหกรรม (phr)

ยางธรรมชาติ STR 5L	กรดสเตียริก Stearic acid	ซิงค์ออกไซด์ ZnO	วิงสเตย์แอล Wingstay L	ซีบีเอส CBS	กำมะถัน S	ฟองน้ำลาเท็กซ์เหลือทิ้ง
100	5	1.5	1	1	2	0
85	5	1.5	1	1	2	15
70	5	1.5	1	1	2	30
55	5	1.5	1	1	2	45
40	5	1.5	1	1	2	60

2.5นำยางคอมพาวน์ดที่ได้มาอัดขึ้นรูปเป็นแผ่นยางคงรูปขนาด 25x25x0.2 เซนติเมตร เพื่อนำไปใช้ใน การทดสอบสมบัติเชิงกลด้วยเครื่องขึ้นรูปแบบกดอัด (Compression mold) ดังภาพที่ 3 ที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส

ภาพที่ 3 เครื่องขึ้นรูปแผ่นทดสอบด้วยเครื่องขึ้นรูปแบบกดอัด (Compression mold)

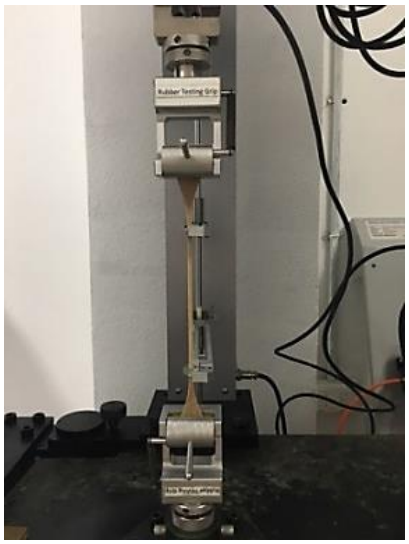
ส่วนที่ 3: การทดสอบสมบัติเชิงกลของยางคงรูปที่เติมฟองน้ำลาเท็กซ์เหลือทิ้ง

3.1 การทดสอบสมบัติความต้านทานแรงดึง

นำแผ่นยางคงรูปที่เตรียมได้ขนาด 25x25x0.2 เซนติเมตร มาตัดเป็นชิ้นทดสอบรูปดัมเบลล์ชนิด Die C ดังภาพที่ 4

ภาพที่ 4 ชิ้นงานทดสอบรูปดัมเบลล์

วัดความหนาของชิ้นทดสอบ 3 ตำแหน่ง ในช่วง gauge length หาค่าเฉลี่ยความหนาของชิ้นงาน จากนั้นนำชิ้นไปทดสอบความทนต่อแรงดึง ตามมาตรฐาน ASTM D412 ด้วยเครื่อง Universal Testing Machine Model NRI-TS500-50SERIAL NO.TS57004 โดยใช้ Load Cell ขนาด 50 กิโลกรัม ที่อัตราความเร็วในการทดสอบ 500 มิลลิเมตรต่อนาที ดังภาพที่ 5 ทำการทดสอบสมบัติความต้านทานแรงดึง จำนวนสูตรละ 5 ตัวอย่าง โดยรายงานความทนต่อแรงดึง และระยะการยืดตัว ณ จุดขาด เป็นค่าเฉลี่ย



ภาพที่ 5 เครื่องทดสอบสมบัติความต้านทานแรงดึงและการยืดตัว ณ จุดขาด

3.2 การทดสอบสมบัติความแข็ง

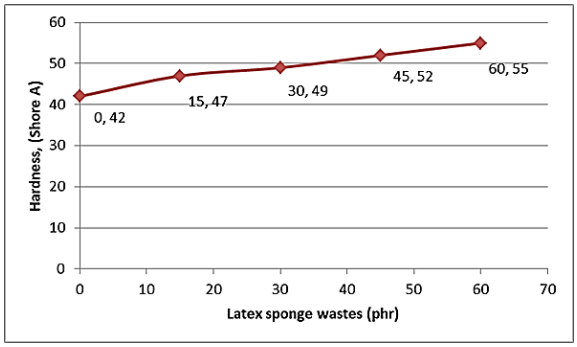
นำแผ่นยางคงรูปที่มีความหนาอย่างน้อย 6 มิลลิเมตร ดังภาพที่ 6 มาทดสอบหาค่าความแข็งด้วย เครื่องวัดความแข็งแบบ Shore A ดังภาพที่ 7 ตามมาตรฐาน ASTM D2240 โดยทำการกดเป็นเวลา 5 วินาที ที่ตำแหน่งต่างกัน 20 ตำแหน่ง อ่านค่าความแข็งจากเครื่องและรายงานผลเป็นค่าเฉลี่ย

ภาพที่ 6 ชิ้นงานสำหรับทดสอบค่าความแข็ง

ภาพที่ 7 เครื่องวัดความแข็งแบบ Shore A ตามมาตรฐาน ASTM D2240

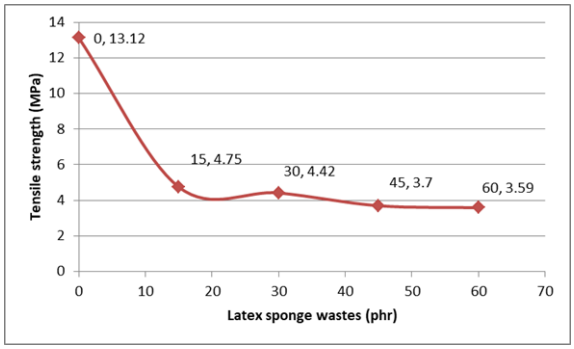
4. ผลการวิจัย

จากการทดสอบสมบัติทางกลของยางธรรมชาติ STR 5L ที่ผสมฟองน้ำลาเท็กซ์เหลือทิ้งจากอุตสาหกรรม ทั้ง 5 สูตร สามารถสรุปได้ ดังนี้



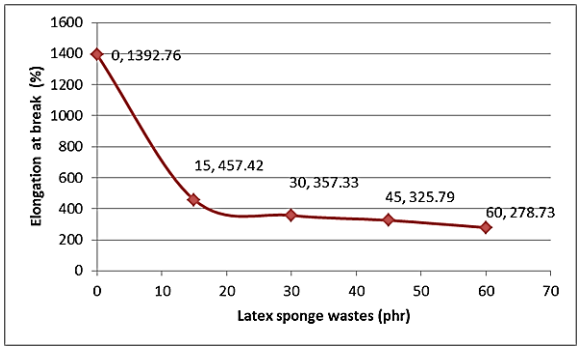
ภาพที่ 8 สมบัติความแข็งของยาง STR 5L ผสม ฟองน้ำลาเท็กซ์เหลือทิ้ง ที่มีปริมาณต่างๆ

จากภาพที่ 8 แสดงผลของการเติมฟองน้ำลาเท็กซ์เหลือทิ้งต่อค่าความแข็งของยางธรรมชาติ พบว่าการเติมฟองน้ำลาเท็กซ์เหลือทิ้งสามารถเพิ่มความแข็งให้กับยางธรรมชาติได้ โดยค่าความแข็งจะเพิ่มขึ้นตามปริมาณฟองน้ำลาเท็กซ์เหลือทิ้ง โดยยางธรรมชาติที่เติมฟองน้ำลาเท็กซ์เหลือทิ้งที่ 60 phr จะสามารถเพิ่มความแข็งให้ยางธรรมชาติที่ได้ถึง 13 shore A



ภาพที่ 9 สมบัติความต้านทานแรงดึงของยาง STR 5L ผสมฟองน้ำลาเท็กซ์เหลือทิ้งที่มีปริมาณต่าง ๆ

จากผลการทดสอบสมบัติความต้านทานแรงดึงของยาง STR 5L ผสมฟองน้ำลาเท็กซ์เหลือทิ้ง ทั้ง 5 สูตรในภาพที่ 9 พบว่ายาง STR 5L ที่เติมฟองน้ำลาเท็กซ์เหลือทิ้ง มีผลต่อความต้านทานแรงดึง ทั้งนี้เป็นผลมาจากฟองน้ำลาเท็กซ์เหลือทิ้ง เป็นวัสดุที่มีความต้านทานแรงดึงต่ำ และเมื่อผสมในปริมาณที่สูงมากขึ้นตามสูตรอัตราส่วน 15, 30 , 45 และ 60 phr จะส่งผลต่อค่าความต้านทานแรงดึงที่ต่ำลงตามลำดับ ทำให้ความสามารถการยึดเกาะระหว่างยาง STR 5L และฟองน้ำลาเท็กซ์น้อยลง จะเห็นได้จากสมบัติความต้านทานแรงดึงที่ลดลงตามลำดับ



ภาพที่ 10 สมบัติการยืดตัว ณ จุดขาดของยาง STR 5L ที่เติม ฟองน้ำลาเท็กซ์เหลือทิ้ง ที่มีปริมาณต่างๆ

จากภาพที่ 10 แสดงผลของการเติมฟองน้ำลาเท็กซ์เหลือทิ้งต่อ สมบัติการยืดตัว ณ จุดขาด (elongation at break) ของยางธรรมชาติทั้ง 5 สูตรพบว่าการเติมฟองน้ำลาเท็กซ์เหลือทิ้งส่งผลทำ ให้ระยะการยืดตัวสูงสุดของยางธรรมชาติลดลง โดยเมื่อผสมในปริมาณที่สูงถึง 60 phr จะส่งผลให้สมบัติการยืดตัว ลดต่ำลงเหลือเพียง 278.73 % ทั้งนี้เป็นผลมาจากฟองน้ำลาเท็กซ์เหลือเป็นวัสดุที่มีสมบัติการยืดตัวต่ำ และเกิดการยึดติดกับยางธรรมชาติได้ไม่ดี

5. สรุปผลและอภิปรายผล

ผลจากการศึกษาสมบัติเชิงกลของยางธรรมชาติที่ผสมฟองน้ำลาเท็กซ์เหลือทิ้งพบว่า ปริมาณฟองน้ำลาเท็กซ์เหลือทิ้งจากอุตสาหกรรมมีผลต่อสมบัติเชิงกล โดยการเติมฟองน้ำลาเท็กซ์เหลือทิ้งจะทำให้ความทนต่อแรงดึงและความสามารถในการยืดตัวของยางธรรมชาติลดลง ซึ่งเติมฟองน้ำลาเท็กซ์เหลือทิ้งมากขึ้น สมบัติทั้งสองจะยิ่งลดลง อย่างไรก็ตามการเติมฟองน้ำลาเท็กซ์เหลือทิ้งสามารถช่วยเพิ่มความแข็งให้กับยางธรรมชาติได้

ซึ่งจากผลการทดลองข้างต้น สรุปได้ว่าฟองน้ำลาเท็กซ์เหลือทิ้ง สามารถใช้เป็นสามารถใช้เป็นสารตัวเติมเพื่อลดต้นทุนให้กับผลิตภัณฑ์ยางธรรมชาติ หากสมบัติความทนต่อแรงดึงไม่ใช่สมบัติสำคัญของผลิตภัณฑ์ยางนั้น ๆ เช่น บล็อกยางปูพื้น โดยมีการรายงานการพัฒนา

บล็อกยางปูพื้นจากยางธรรมชาติ และยางอีพีดีเอ็มเหลือทิ้ง [2] หรือ กระเบื้องยาง โดยการผสมยางธรรมชาติกับเศษพลาสติกอีวีเอ [3] โดยผลิตภัณฑ์ข้างต้นทั้ง 2 ชนิด ที่กล่าวมาเป็นผลิตภัณฑ์ที่พิจารณาสมบัติค่าความแข็งเป็นหลัก อย่างไรก็ตามมีการรายงานว่า ยางธรรมชาติที่เติมซิลิกาจากแกลบข้าวซึ่งเป็นขยะจากอุตสากรรมเกษตรที่ผ่านการปรับปรุงพื้นผิวด้วยพอลิเอทิลีน(Polyethylene) จะมีความต้านทานแรงดึงสูงยางธรรมชาติที่ไม่มีการเติม [4] ทั้งนี้เพราะพอลิเอทิลีนจะช่วยเพิ่มอันตรกิริยาระหว่างซิลิกาและยางธรรมชาติได้ อีกทั้งยังช่วยลดการดูดซับสารเร่งปฏิกิริยาบนพื้นผิวของซิลิกาอีกด้วย

ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งนี้ เพื่อลดผลการทบจากการเติมฟองน้ำลาเท็กซ์เหลือทิ้งต่อสมบัติความทนต่อแรงดึงของยางธรรมชาติเพื่อให้ สามารถนำไปใช้ในผลิตภัณฑ์ยางได้มากขึ้น อาจจะต้องสารตัวเติมที่สามารถช่วยเพิ่มความต้านแรงดึงหรือปรับปรุง พื้นผิวของฟองน้ำลาเท็กซ์เหลือทิ้งให้สามารถเกิดอันตรกิริยากับยางธรรมชาติได้มาก

6. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับความอนุเคราะห์ฟองน้ำลาเท็กซ์เหลือทิ้งจากสหกรณ์กองทุนสวนยางบ้านหนองครก

7. เอกสารอ้างอิง

[1] Kajonchaikul,W. (2016). *Latex technology.* 2nd ed. Bangkok: Wanida Phim. (In Thai)

[2] Kaewchang, S. (2009). *“Development of floor covering blocks made from natural rubber and waste EPDMg,”* M.Eg. thesis, Industrial and Systems Engineering. Songkhla, Prince of Songkhla University. (In Thai)

[3] Deepanya, W., and Suwiro, K. (2018). “Rubber tile products mixed with plastic waste from industrial factories,” *Journal of Community Development and Life Quality*. 4(3): pp. 451-460. (In Thai)

[4] Sukrat, K., Chaturapiree, A., Chaichana, E., and Saowapak. (2017). “Properties of natural rubber filled with silica from rice husk coated with polyethylene,” *Thaksin University Journal.* 20(2): pp. 54-63. (In Thai)