

การใช้น้ำหมักชีวภาพเปลือกสับปะรดผสมใบเตยเป็นสารจับตัวยางธรรมชาติ Use of Bio-extract of Pineapple Shell mixed with Pandan as a Natural Rubber Coagulant

สายสมร ล้าลอง* และ สมณฑา คำพันธ์

ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี จ. อุบลราชธานี 34190

*Email: g3936619@hotmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาการใช้ น้ำหมักชีวภาพเปลือกสับปะรดผสมใบเตยเป็นสารจับตัวยางธรรมชาติต่อสมบัติของยางแผ่นดิบและสมบัติเชิงกลของยางวัลคาไนซ์เปรียบเทียบกับกรดฟอร์มิก สำหรับยางคอมปาวด์ที่ศึกษามี 2 สูตร (ที่มีและไม่มีเขม่าดำ) จากการศึกษาพบว่า ชนิดของสารจับตัวน้ำยางไม่มีผลต่อสมบัติของยางแผ่นดิบ (สี ปริมาณสิ่งระเหย ปริมาณแก้ว ปริมาณไนโตรเจน และความหนืดมูนนี่) แต่ดัชนีความอ่อนตัวของยางแผ่นที่ใช้กรดฟอร์มิกมีค่าสูงกว่ายางแผ่นที่ใช้ น้ำหมักชีวภาพเปลือกสับปะรดผสมใบเตย สำหรับสมบัติเชิงกลในสูตรเดียวกัน (ความแข็ง การเสียรูปหลังการกด โมดูลัส ความทนทานต่อแรงดึง และการยืดจนขาด) ของยางวัลคาไนซ์ที่ใช้กรดฟอร์มิกและน้ำหมักชีวภาพเปลือกสับปะรดผสมใบเตยไม่แตกต่างกัน แต่ความทนทานต่อการฉีกขาดของกรดฟอร์มิกมีค่าสูงกว่าน้ำหมักชีวภาพเปลือกสับปะรดผสมใบเตย อย่างไรก็ตาม สูตรที่มีการเติมเขม่าดำสมบัติเชิงกลจะดีกว่าในแง่ของความแข็ง ความทนทานต่อแรงดึง ความทนทานต่อการฉีกขาด แต่ในแง่ของการเสียรูปหลังการกดและการยืดจนขาดมีค่าต่ำกว่าสูตรที่ไม่มีการเติมเขม่าดำ

คำสำคัญ : น้ำหมักชีวภาพ ยางดิบ เปลือกสับปะรด ใบเตย สมบัติเชิงกล

Abstract

This work studied the use of bio-extract of pineapple shell mixed with pandan as a natural rubber coagulant affecting raw rubber sheet and vulcanized rubber properties compared to formic acid. For the rubber compound, two formulas (with and without carbon black) were studied. The results showed that types of latex coagulant did not affect the properties of raw rubber sheet (color, volatile matter content, ash content, nitrogen content, and Mooney viscosity) but the plasticity retention index of rubber sheet from formic acid was higher than that of bio-extract of pineapple shell mixed pandan. The mechanical properties for the same formula (in terms of hardness, compression set, modulus, tensile strength, and elongation at break) of vulcanized rubber from formic acid and bio-extract of pineapple shell mixed with pandan did not differ greatly but the tear strength of vulcanized rubber from formic acid was higher than that of bio-extract of pineapple shell mixed with pandan. However, the formula with carbon black had better mechanical properties in terms of hardness, modulus, tensile strength, and tear strength, but was worse in terms of compression set and elongation at break than that of the formula without carbon black.

Keywords: Bio-extract: Raw rubber: Pineapple shell: Pandan: Mechanical properties

บทนำ

ยางธรรมชาติส่วนมากได้มาจากต้นยางพารา (*Hevea brasiliensis* L.) ยางพาราเป็นพืชอุตสาหกรรมที่สำคัญของประเทศไทยและภูมิภาคอาเซียน ประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกยาง 18.76 ล้านไร่ เป็นผู้ผลิตและส่งออกยางมากที่สุดของโลก มีปริมาณการผลิต 3.57 ล้านตัน คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 33 ของปริมาณการผลิตยางธรรมชาติของโลก ส่งออก 2.95 ล้านตัน คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 36 ของปริมาณการส่งออกยางธรรมชาติของโลก ในปี 2554 ประเทศไทยเป็นผู้ใช้ยางอันดับที่ 5 ของโลก ด้วยปริมาณ 486,475 ตันหรือร้อยละ 13.6 ของปริมาณการผลิตยางในประเทศ การส่งออกยางธรรมชาติของไทย ส่งออกในรูปของวัตถุดิบผลิตภัณฑ์ยาง ไมยางพาราแปรรูปและผลิตภัณฑ์ไม้ทำรายได้ให้แก่ประเทศ คิดเป็นมูลค่า 678,942 ล้านบาท ผลผลิตเฉลี่ย 276 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี [1]

น้ำหมักชีวภาพ (Bio-extract) เป็นของเหลวที่ได้จากการย่อยสลายสารอินทรีย์เหลือใช้จากส่วนต่างๆ ของพืชและสัตว์ โดยผ่านกระบวนการหมักในสภาพไร้ออกซิเจนโดยมีจุลินทรีย์ในธรรมชาติและที่ติดมากับวัสดุที่นำมาหมักทำหน้าที่ย่อยสลายโดยใช้กากน้ำตาลและสารประกอบอินทรีย์จากวัสดุเหล่านั้นเป็นแหล่งอาหารและพลังงาน โดยจุลินทรีย์แต่ละชนิดจะทำการย่อยสลายวัสดุอินทรีย์ให้มีโมเลกุลเล็กลงตามลำดับ ของเหลวหรือน้ำหมักที่ได้นี้

จะมีทั้งจุลินทรีย์ธรรมชาติที่เกิดขึ้นหลากหลายชนิด รวมทั้งมีสารประกอบที่สกัดได้จากเซลล์พืชและเซลล์สัตว์ชนิดต่างๆ ได้แก่ สารพวกคาร์โบไฮเดรต โปรตีน กรดอะมิโน ฮอร์โมน เอนไซม์ และอื่น ๆ เนื่องจากขบวนการทำในระยะแรกเกี่ยวข้องกับขบวนการสกัดน้ำเลี้ยงจากเซลล์ทางชีวภาพและในช่วงหลังเกี่ยวข้องกับขบวนการหมัก น้ำหมักชีวภาพเป็นทางเลือกหนึ่งที่ใช้ในการเร่งอัตราการเจริญเติบโตของพืช เพิ่มคุณภาพของผลผลิตของพืชให้ดีขึ้นโดยการให้วัสดุเหลือใช้ในท้องถิ่นให้เกิดประโยชน์สูงสุดเช่นขยะสดจากตลาด จากครัวเรือน เศษวัสดุจากโรงงานแปรรูปอาหาร โรงงานปลากระป๋อง เศษปลาจากตลาด หอยเชอรี่ น้ำหมักชีวภาพจะมีธาตุอาหารหลัก อาหารรอง กรดอะมิโน และอื่น ๆ ขึ้นอยู่กับวัตถุดิบที่ใช้ในการหมัก [2]

สายสมร ล้าลอง และจารวี นามวิชัย [3] ศึกษาประสิทธิภาพของสารจับตัวน้ำยาง ซึ่งสารจับตัวน้ำยาง ได้แก่ กรดฟอร์มิก น้ำหมักชีวภาพจากมะเฟืองหิวเชื้อและส้มโอ พบว่าปริมาณสารจับตัวน้ำยางที่เหมาะสมต่อน้ำยางสด 100 กรัม สำหรับกรดฟอร์มิก น้ำหมักชีวภาพจากมะเฟืองหิวเชื้อและส้มโอ เท่ากับ 9, 7 และ 20 มิลลิลิตร

ตามลำดับ ยางคอมพาวด์สูตรที่มีเขม่าดำจะใช้เวลาในการวัลคาไนซ์เร็วกว่ายางสูตรที่ไม่มีเขม่าดำ สมบัติเชิงกล ได้แก่ ความแข็งแรง การเสียรูปหลังการกดอัด ความต้านทานต่อแรงดึงที่ระยะยืด 100% และ 300% ความต้านทานต่อแรงดึงจนขาดของยางวัลคาไนซ์ที่ใช้กรดฟอร์มิกและน้ำหมักชีวภาพมะเฟืองหิวเชื้อเป็นสารจับตัวยางแต่ละสูตรไม่แตกต่างกัน อย่างไรก็ตามยางสูตรที่มีเขม่าดำจะมีคุณสมบัติเชิงกลดีกว่า เช่น ความแข็งแรง การเสียรูปหลังการกดอัด ความต้านทานต่อแรงดึงที่ระยะยืด 100% และ 300% ความต้านทานต่อแรงดึงจนขาด แต่การยืดจนขาดมีค่าต่ำกว่ายางสูตรที่ไม่มีเขม่าดำ Saisamorn Lumlong and et al. [4] ศึกษาผลของสารจับตัวน้ำยางต่อสมบัติทางกายภาพและสมบัติเชิงกลของยางแผ่น ซึ่งสารจับตัวยาง ได้แก่ กรดฟอร์มิก น้ำหมักชีวภาพมะม่วงดิบและน้ำหมักชีวภาพแดงโม พบว่า ปริมาณสารจับตัวน้ำยางที่เหมาะสมต่อน้ำยางสด 200 กรัม สำหรับกรดฟอร์มิก น้ำหมักชีวภาพมะม่วงดิบและน้ำหมักชีวภาพแดงโม เท่ากับ 10, 20 และ 20 มิลลิลิตร ตามลำดับ ยางแผ่นดิบมีสมบัติทางกายภาพ ได้แก่ สี ปริมาณสิ่งระเหย ปริมาณแฉะ ปริมาณไนโตรเจน และความหนืดมูนนี้ใกล้เคียงกันแต่ยางที่ใช้กรดฟอร์มิกเป็นสารจับตัวยางมีดัชนีความอ่อนตัวมากกว่ายางที่ใช้ น้ำหมักชีวภาพ ชนิดของสารจับตัวน้ำยางไม่มีผลต่อเวลาในการวัลคาไนซ์ สมบัติทางกายภาพและสมบัติเชิงกล (ความแข็งแรง โมดูลัสที่ระยะยืด 300 % ความต้านทานต่อแรงดึงจนขาด ความต้านทานการฉีกขาด ความยืดจนขาด) ของยางวัลคาไนซ์ พบว่า มีสมบัติแตกต่างกันเล็กน้อยเมื่อเทียบในสูตรเดียวกัน แต่สมบัติความยืดหยุ่นของยางที่เตรียมจากกรดฟอร์มิกและน้ำหมักชีวภาพแดงโมดีกว่ายางแผ่นที่เตรียมจากน้ำหมักชีวภาพมะม่วงดิบ อย่างไรก็ตามปริบัติเปรม ทศนกุล [5] ศึกษาการใช้ น้ำหมักชีวภาพทดแทนการใช้กรดในการเตรียมยางแผ่นพบว่าหากใช้ปริมาณน้ำหมักชีวภาพมากจะทำให้ให้น้ำยางจับตัวได้เร็วขึ้นแต่ยางแผ่นจะมีสีคล้ำมาก

ในงานวิจัยนี้ต้องการนำน้ำหมักชีวภาพมาใช้เป็นสารจับตัวน้ำยาง อย่างไรก็ตามน้ำหมักชีวภาพจะมีสารอินทรีย์เจือปนอยู่ค่อนข้างมาก รวมทั้งเชื้อจุลินทรีย์ประเภทต่าง ๆ เช่น เชื้อรา แบคทีเรีย และสารแขวนลอยต่าง ๆ ปะปนอยู่ หากนำน้ำหมักชีวภาพมาใช้เป็นสารจับตัวยางอาจทำให้สิ่งเจือปนที่มีอยู่ในน้ำหมักชีวภาพตกค้างอยู่ในยางที่จับตัวได้ส่งผลต่อสมบัติของยางธรรมชาติที่ใช้ทำผลิตภัณฑ์ ดังนั้นในงานวิจัยนี้จะศึกษาการใช้ น้ำหมักชีวภาพเปลือกสับประรดผสมใบเตยเป็นสารจับตัวยางเปรียบเทียบกับสารละลาย

กรดฟอรั่มิกมาตรฐานที่ใช้ในการจับตัวน้ำยางที่มีอยู่เดิม และผลการใช้ น้ำหมักชีวภาพต่อสมบัติของยางคอมพาวด์ และยางวัลคาไนซ์ เนื่องจากเปลือกสับปะรดเป็นขยะเปียก จากครัวเรือน หากสามารถนำมาใช้เป็นวัตถุดิบในการหมัก จะเป็นการลดขยะในครัวเรือน ส่วนไบโอดีปเป็นพืชที่หาได้ง่าย จึงนำมาศึกษาเพื่อหาความเป็นไปได้ในการนำพืชและ ขยะในครัวเรือนมาใช้ในการเตรียมน้ำหมักชีวภาพเพื่อใช้ เป็นสารจับน้ำยางแทนสารเคมี

วัสดุอุปกรณ์และวิธีดำเนินการวิจัย

สารเคมี

น้ำยางสดที่ใช้ในงานวิจัยนี้ได้มาจากคณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

กรดฟอรั่มิก 3%

Zinc Oxide (ZnO)

Stearic acid

กำมะถัน

2-mercaptobenzothiazole (MBT)

N-tert-butyl-2-benzothiazolesulfenamides (TBBS)

เขม่าดำ HAF (N330)

การเตรียมน้ำหมักชีวภาพเปลือกสับปะรดผสมไบโอดีป (1:1)

นำเปลือกสับปะรดและไบโอดีปมาหั่นเป็นชิ้นเล็กๆ แล้วซั้งให้ได้น้ำหนักอย่างละ 200 กรัม บรรจุลงในถังหมัก (ขวดพลาสติกขนาด 6 ลิตร) เติมน้ำตาลทรายแดงใน ปริมาณ 400 กรัม เติมน้ำกลั่น 4 ลิตร ปิดฝาเขย่าให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ในที่ร่ม วัดความเป็นกรด-ด่างทุกสัปดาห์ เป็นระยะ เวลา 3 เดือน นำน้ำหมักมากรองผ่านผ้าสีหลาย ๆ ครั้ง จน ได้น้ำหมักใส ก่อนนำไปจับตัวน้ำยาง

การเตรียมนางแผ่น

ซั้งน้ำยางสด [Dry rubber content (DRC) = 41.17%] 100 กรัม เติมน้ำ 30 มิลลิลิตร สารจับตัวยาง 10 มิลลิลิตร คนให้เข้ากัน ทิ้งให้จับตัวอย่างสมบูรณ์ 1 ชั่วโมง รีดเป็น แผ่นบาง อบให้แห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส

สมบัติยางแผ่นดิบ

ทดสอบสีตามวิธี ASTM D3157-84

ทดสอบปริมาณสิ่งระเหยและเถ้าตามวิธี ASTM D1278-9a

ทดสอบปริมาณไนโตรเจนตามวิธี ASTM D3533-90

ทดสอบดัชนีความอ่อนตัวตามวิธี ASTM D3194-84

ทดสอบความหนืดตามวิธี ASTM D1646-94

การเตรียมนางคอมพาวด์

เตรียมนางคอมพาวด์ 2 สูตร คือ สูตรที่ไม่มีเขม่าดำ (สูตรที่ 1) และไม่มีเขม่าดำ (สูตรที่ 2) โดยใช้เครื่องผสม แบบสองลูกกลิ้ง ซึ่งมีส่วนผสมดังตารางที่ 1 หลังจากนั้น ทดสอบเวลาในการขึ้นรูปด้วยเครื่อง Oscillating Disc Rheometer

ตารางที่ 1 สูตรยางคอมพาวด์

ยางและสารเคมี	สูตรที่ 1	สูตรที่ 2
ยางธรรมชาติ	100.00	100.00
Zinc Oxide	6.00	5.00
Stearic acid	0.50	2.00
กำมะถัน	3.50	-
MBT	0.50	2.25
TBBS	-	0.70
เขม่าดำ	-	35.00

ศึกษาสมบัติเชิงกล

นำยางคอมพาวด์รีดผ่านลูกกลิ้งเพื่อให้ได้ความหนา 5-10 มิลลิเมตร อัดด้วยเครื่องอัดที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียสตามระยะเวลาของยางแต่ละสูตร หลังจากนั้นนำ ยางที่ผ่านการวัลคาไนซ์ไปตัดชิ้นทดสอบ นำชิ้นทดสอบไป ศึกษาสมบัติเชิงกลด้วยเครื่อง Tensometer ดึงด้วยความเร็ว 500 มิลลิเมตรต่อวินาที วัดค่าความทนต่อระยะยืด ที่ 100% และ 300% ความทนทานต่อแรงดึง ค่าการยืดจนขาด

ผลการวิจัย

สมบัติทางกายภาพของยางแผ่นดิบที่เตรียมโดยใช้ กรด- ฟอรั่มิกและน้ำหมักชีวภาพเป็นสารจับตัวยาง ธรรมชาติไม่ค่อยแตกต่างกัน ได้แก่ สี ปริมาณสิ่งระเหย ปริมาณเถ้า ปริมาณไนโตรเจน ความหนืดตามวิธี แต่ดัชนี ความอ่อนตัวของยางที่ใช้กรดฟอรั่มิกสูงกว่ายางแผ่นที่ใช้ น้ำหมักชีวภาพ ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 สมบัติของยางดิบ

สมบัติของยางดิบ	กรดฟอร์มิค	น้ำหมักชีวภาพ
สี	8.0	8.0
ปริมาณสิ่งระเหย (%wt)	0.28	0.31
ปริมาณแฉะ (%wt)	0.36	0.40
ปริมาณไนโตรเจน (%wt)	0.39	0.33
ความอ่อนตัวเริ่มแรก (P0)	42.5	47.0
ดัชนีความอ่อนตัว (PRI)	91.8	88.3
ความหนืดมูหนี่	76.0	80.5

สมบัติของยางคอมพาวด์

เพื่อศึกษาชนิดของสารจับตัวยางธรรมชาติต่อสมบัติของยางคอมพาวด์ จึงนำยางแผ่นที่เตรียมโดยใช้สารจับตัวยาง คือ กรดฟอร์มิค 3% และน้ำหมักชีวภาพเปลือกสับปะรดผสมไบโอดีมาเตรียมเป็นยางคอมพาวด์ 2 สูตรโดยสูตรที่ 1 เป็นสูตรที่ไม่มีสารเสริมแรง ประกอบด้วย ยางธรรมชาติ 100 phr Zinc Oxide 6.0 phr และ Stearic acid 0.5 phr ทำหน้าที่เป็นตัวกระตุ้นตัวเร่งปฏิกิริยา กำมะถัน 3.5 phr ทำหน้าที่เป็นสารช่วยในการเชื่อมโยงสายโซ่ และ MBT 0.5 phr ทำหน้าที่เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา สำหรับสูตรที่ 2 มีการเติมสารเสริมแรง ประกอบด้วย ยางธรรมชาติ 100 phr Zinc Oxide 5.0 phr และ Stearic acid 2.0 phr กำมะถัน 2.25 phr และ TBBS 0.7 phr ทำหน้าที่เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา และเขม่าดำ HAF (N 330) ทำหน้าที่เป็นสารเสริมแรง

เพื่อศึกษาเวลาที่ใช้ในการวัลคาไนซ์ จึงนำยางคอมพาวด์มาวัดโดยใช้เครื่อง Oscillating Disc Rheometer (ODR) ที่อุณหภูมิ 160 องศาเซลเซียส เวลาในการขึ้นรูปยาง Scorch time (t5) คือ ค่ามูหนี่ที่สูงกว่าค่าต่ำสุด 5 หน่วย เป็นระยะเวลาที่ยางจะเริ่มเกิดการคงรูป หรือบอกลถึงระยะเวลาที่ยางสามารถไหลได้ในขณะผลิตก่อนเกิดการคงรูป และ Cure time (t90) คือ เวลาที่ใช้ในการวัลคาไนซ์ยาง พบว่า สำหรับสูตรเดียวกันยางคอมพาวด์ที่มาจากยางแผ่นที่เตรียมโดยใช้กรดฟอร์มิค และน้ำหมักชีวภาพเปลือกสับปะรดผสมไบโอดีมีค่า Scorch time และ Cure time ใกล้เคียงกัน นั่นคือ ชนิดของสารจับตัวยางไม่ค่อยมีผลต่อการวัลคาไนซ์ของยาง ดังตารางที่ 3 เมื่อเปรียบเทียบกับสูตรที่มีเขม่าดำและไม่มีเขม่าดำ พบว่า Cure time ของยางคอมพาวด์สูตรที่มีเขม่าดำน้อยกว่าสูตรที่ไม่มีเขม่าดำ เนื่องจากเขม่าดำที่เติมเข้าไปในสูตรยางนี้ มีขนาดเล็ก

สามารถกระจายตัวในเมตริกซ์ยางได้ดี และเขม่าดำนี้เป็นตัวดูดความร้อนได้ดีซึ่งอาจใช้เวลาเพียงเล็กน้อยก็ทำให้อุณหภูมิสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว ทำให้ยางสูตรที่ 2 ใช้เวลาในการวัลคาไนซ์ยางน้อยกว่าสูตรที่ไม่มีเขม่าดำ

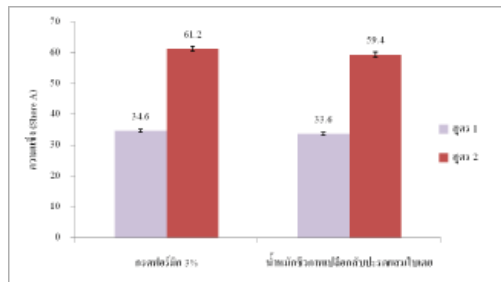
ตารางที่ 3 เวลาการขึ้นรูปของยางคอมพาวด์

สารจับตัวยาง	Scorch time (นาที)		Cure time (นาที)	
	สูตรที่ 1	สูตรที่ 2	สูตรที่ 1	สูตรที่ 2
กรดฟอร์มิค	1.51	1.59	8.40	4.32
น้ำหมักชีวภาพ	1.43	1.80	6.95	5.01

สมบัติเชิงกลของยางวัลคาไนซ์

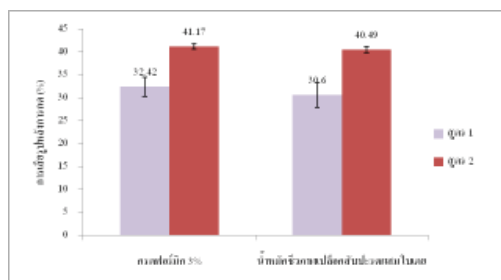
ความแข็ง (Hardness)

ความแข็งเป็นการวัดความต้านทานต่อการเปลี่ยนแปลงรูปร่างเฉพาะที่บริเวณพื้นผิวเท่านั้น ทดสอบด้วยเครื่อง Durometer พบว่า สูตรที่ไม่มีสารเติมเขม่าดำ มีความแข็ง (ในหน่วย Shore A) ของยางวัลคาไนซ์ที่ใช้กรดฟอร์มิคและน้ำหมักชีวภาพเปลือกสับปะรดผสมไบโอดีเป็นสารจับตัวยางมีค่าเท่ากับ 34.6 และ 33.6 ตามลำดับ ซึ่งความแข็งของยางวัลคาไนซ์ที่ใช้กรดฟอร์มิคและน้ำหมักชีวภาพเปลือกสับปะรดผสมไบโอดีเป็นสารจับตัวยางมีค่าใกล้เคียงกัน นั่นคือชนิดของสารจับตัวยางไม่มีผลต่อความแข็งของยางวัลคาไนซ์ที่ไม่มีการเติมเขม่าดำ สำหรับยางวัลคาไนซ์สูตรที่มีการเติมเขม่าดำ ความแข็งของยางวัลคาไนซ์ที่ใช้กรดฟอร์มิคและน้ำหมักชีวภาพเปลือกสับปะรดผสมไบโอดีเป็นสารจับตัวยางมีค่าเท่ากับ 61.2 และ 59.4 ตามลำดับ ซึ่งความแข็งของยางวัลคาไนซ์ที่ใช้กรดฟอร์มิคและน้ำหมักชีวภาพเปลือกสับปะรดผสมไบโอดีเป็นสารจับตัวยางมีค่าใกล้เคียงกัน นั่นคือชนิดของสารจับตัวยางไม่มีผลต่อความแข็งของยางวัลคาไนซ์ที่มีการเติมเขม่าดำอย่างไรก็ตามความแข็งของยางวัลคาไนซ์สูตรที่มีการเติมเขม่าดำและสูตรที่ไม่มีการเติมเขม่าดำมีค่าแตกต่างกัน เนื่องจากเขม่าดำเป็นสารตัวเติมที่เสริมแรงจึงทำให้ค่าความแข็งของยางเพิ่มขึ้น ดังรูปที่ 1



การเสียรูปหลังการกด (Compression set)

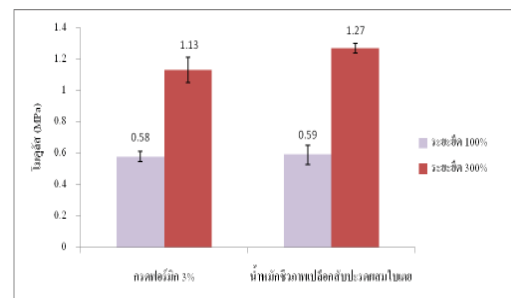
การเสียรูปหลังการกดของยางวัลคาไนซ์ เป็นการวัดความสามารถของยางในการรักษาสมบัติความยืดหยุ่นภายหลังจากที่ยางได้รับแรงกดเป็นระยะเวลาหนึ่ง จึงนำยางวัลคาไนซ์มาทดสอบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส พบว่ายางวัลคาไนซ์สูตรที่ไม่มีเซมาต้า การเสียรูปหลังการกดของยางวัลคาไนซ์ที่ใช้กรดฟอร์มิคและน้ำหมักชีวภาพเปลือกสับประตอมสไบเตยเป็นสารจับตัวยาง มีค่าเท่ากับ 32.42% และ 30.62% ตามลำดับ ซึ่งค่าการเสียรูปหลังการกดของสารจับตัวทั้ง 2 ชนิด มีค่าไม่แตกต่างกัน สำหรับยางวัลคาไนซ์สูตรที่มีเซมาต้า การเสียรูปหลังการกดของยางวัลคาไนซ์ที่ใช้กรดฟอร์มิคและน้ำหมักชีวภาพเปลือกสับประตอมสไบเตยเป็นสารจับตัวยาง มีค่าเท่ากับ 41.17% และ 40.49% ตามลำดับ ซึ่งค่าการเสียรูปหลังการกดของสารจับตัวทั้ง 2 ชนิด มีค่าไม่แตกต่างกัน แสดงว่าชนิดของสารจับตัวยางไม่มีผลต่อการเสียรูปหลังการกดของยางวัลคาไนซ์ การเสียรูปหลังการกดของยางวัลคาไนซ์สูตรที่ไม่มีเซมาต้ามีค่าน้อยกว่ายางสูตรที่มีการเติมเซมาต้า แสดงว่ายางสูตรที่ไม่มีเซมาต้ามีการคืนตัวได้ดีกว่ายางสูตรที่มีเซมาต้า ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 การเสียรูปหลังการกดของยางวัลคาไนซ์

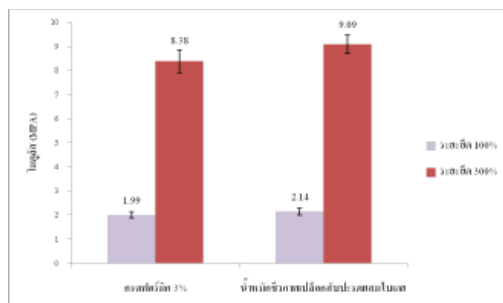
โมดูลัสที่ระยะยืด 100% และ 300%

เพื่อศึกษาโมดูลัสที่ระยะยืด 100% และ 300% ของยางวัลคาไนซ์เป็นการวัดความสามารถของการรักษารูปร่างเดิมหลังได้รับแรงดึงมากจะทำให้เสียรูปด้วยอัตราเร็วคงที่ จึงนำยางวัลคาไนซ์ที่ใช้กรดฟอร์มิคและน้ำหมักชีวภาพเปลือกสับประตอมสไบเตยเป็นสารจับตัวยางมาทดสอบโดยใช้เครื่อง Tensometer พบว่า โมดูลัสที่ระยะยืด 100% ของยางวัลคาไนซ์ที่ใช้กรดฟอร์มิคและน้ำหมักชีวภาพเปลือกสับประตอมสไบเตยเป็นสารจับตัวยาง สูตรที่ไม่มีเซมาต้า มีค่าเท่ากับ 0.58 MPa และ 0.59 MPa ตามลำดับ จะเห็นว่าโมดูลัสที่ระยะยืด 100% ของยางวัลคาไนซ์มีค่าใกล้เคียงกัน สำหรับโมดูลัสที่ระยะยืด 300% ของยางวัลคาไนซ์ที่ใช้กรดฟอร์มิคและน้ำหมักชีวภาพเปลือกสับประตอมสไบเตยเป็นสารจับตัวยาง มีค่าเท่ากับ 1.13 MPa และ 1.27 MPa ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นได้ว่าโมดูลัสที่ระยะยืด 300% มีค่าใกล้เคียงกัน ดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 โมดูลัสที่ระยะยืด 100% และ 300% ของยางวัลคาไนซ์ สูตรที่ไม่มีเซมาต้า

สำหรับโมดูลัสที่ระยะยืด 100% ของยางวัลคาไนซ์ที่ใช้กรดฟอร์มิคและน้ำหมักชีวภาพเปลือกสับประตอมสไบเตยเป็นสารจับตัวยาง สูตรที่มีการเติมเซมาต้า มีค่าเท่ากับ 1.99 MPa และ 2.14 MPa ตามลำดับ จะเห็นว่าโมดูลัสที่ระยะยืด 100% ของยางวัลคาไนซ์มีค่าใกล้เคียงกัน ส่วนโมดูลัสที่ระยะยืด 300% ของยางวัลคาไนซ์ที่ใช้กรดฟอร์มิคและน้ำหมักชีวภาพเปลือกสับประตอมสไบเตยเป็นสารจับตัวยาง มีค่าเท่ากับ 8.38 MPa และ 9.09 MPa ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นได้ว่าโมดูลัสที่ระยะยืด 300% มีค่าใกล้เคียงกัน แสดงว่าชนิดของสารจับตัวยางไม่มีผลต่อโมดูลัสที่ระยะยืด 100% และ 300% ดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 โมดูลัสที่ระยะยืด 100% และ 300% ของยางวัลคาไนซ์ สูตรที่มีเซมาต้า

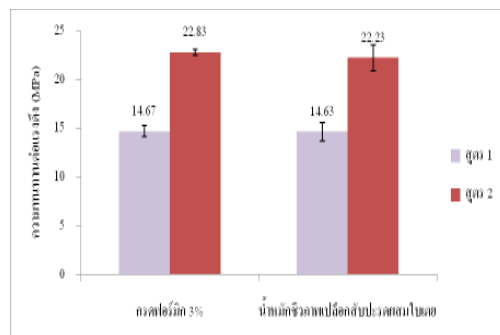
เมื่อเปรียบเทียบสูตรที่ไม่มีเซมาต้าและสูตรที่มีเซมาต้า จะเห็นได้ว่าโมดูลัสที่ระยะยืด 100% และ 300% ของยางวัลคาไนซ์ที่ใช้กรดฟอสฟอริกและน้ำหมักชีวภาพเปลือกสับประดผสมไบโอดีเป็นสารจับตัวยาง สูตรที่ไม่มีการเติมเซมาต้ามีค่าแตกต่างจากสูตรที่มีการเติมเซมาต้า โมดูลัสที่ระยะยืด 100% และ 300% ของยางวัลคาไนซ์สูตรที่มีการเติมเซมาต้าสูงกว่าสูตรที่ไม่มีการเติมเซมาต้า เนื่องจากเซมาต้าเป็นสารตัวเติมเสริมแรง เมื่อเติมลงในยางจะทำให้สมบัติเชิงกลของยางเพิ่มขึ้น จึงทำให้โมดูลัสที่ระยะยืด 100% และ 300% ของยางวัลคาไนซ์สูตรที่มีการเติมเซมาต้ามีค่าสูงกว่าสูตรที่ไม่เติมเซมาต้า

ความทนทานต่อแรงดึง (Tensile strength)

การศึกษาความทนทานต่อแรงดึงของยางวัลคาไนซ์ เป็นการวัดความสามารถในการต้านทานการล้าของชิ้นงานอันเนื่องมาจากแรงที่กระทำด้วยอัตราเร็วคงที่ จึงนำยางวัลคาไนซ์ที่ได้จากสารจับตัวยางชนิดต่างๆ มาทดสอบโดยเครื่อง Tensometer พบว่า ความทนทานต่อแรงดึงของยางวัลคาไนซ์ที่ใช้กรดฟอสฟอริกและน้ำหมักชีวภาพเปลือกสับประดผสมไบโอดีเป็นสารจับตัวยาง สูตรที่ไม่มีการเติมเซมาต้า มีค่าเท่ากับ 14.67 MPa และ 14.63 MPa ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นว่าความทนทานต่อแรงดึงของยางวัลคาไนซ์ที่ใช้กรดฟอสฟอริกและน้ำหมักชีวภาพเปลือกสับประดผสมไบโอดีเป็นสารจับตัวยาง มีค่าใกล้เคียงกัน สำหรับความทนทานต่อแรงดึงของยางวัลคาไนซ์ที่ใช้กรดฟอสฟอริกและน้ำหมักชีวภาพเปลือกสับประดผสมไบโอดีเป็นสารจับตัวยาง สูตรที่มีการเติมเซมาต้า มีค่าเท่ากับ 22.83 MPa และ 22.23 ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นว่าความทนทานต่อแรงดึงของยางวัลคาไนซ์ที่ใช้กรดฟอสฟอริกและน้ำหมัก

ชีวภาพเปลือกสับประดผสมไบโอดีเป็นสารจับตัวยางมีค่าใกล้เคียงกัน ดังนั้นสำหรับสูตรเดียวกัน ชนิดของสารจับตัวยางไม่มีผลต่อความทนทานต่อแรงดึงของยางวัลคาไนซ์ ดังรูปที่ 5

เมื่อเปรียบเทียบสูตรที่ไม่มีเซมาต้าและสูตรที่มีเซมาต้าพบว่าความทนทานต่อแรงดึงของยางวัลคาไนซ์ที่ใช้กรดฟอสฟอริกและน้ำหมักชีวภาพเปลือกสับประดผสมไบโอดีเป็นสารจับตัวยาง สูตรที่ไม่มีการเติมเซมาต้าและสูตรที่มีการเติมเซมาต้ามีค่าแตกต่างกัน ความทนทานต่อแรงดึงของยางวัลคาไนซ์สูตรที่มีการเติมเซมาต้าสูงกว่าสูตรที่ไม่มีการเติมเซมาต้า เนื่องจากเซมาต้าเป็นสารตัวเติมเสริมแรงส่งผลให้ยางวัลคาไนซ์สูตรที่มีการเติมเซมาต้ามีความทนทานต่อแรงดึงสูงกว่าสูตรที่ไม่เติมเซมาต้า



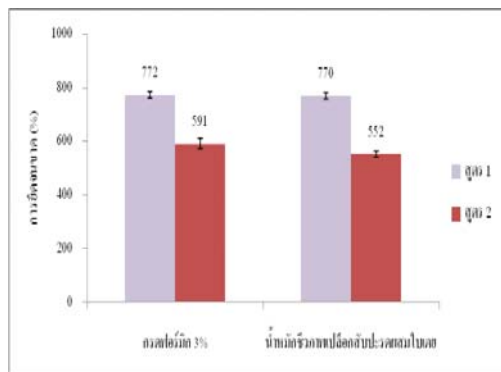
รูปที่ 5 ความทนทานต่อแรงดึงของยางวัลคาไนซ์

การยืดจนขาด (Elongation at break)

เพื่อศึกษาการยืดจนขาดของยางวัลคาไนซ์ จึงนำยางวัลคาไนซ์ที่ใช้กรดฟอสฟอริกและน้ำหมักชีวภาพเปลือกสับประดผสมไบโอดีเป็นสารจับตัวยาง มาทดสอบโดยเครื่อง Tensometer พบว่า การยืดจนขาดของยางวัลคาไนซ์ที่ใช้กรดฟอสฟอริกและน้ำหมักชีวภาพเปลือกสับประดผสมไบโอดีเป็นสารจับตัวยาง สูตรที่ไม่มีการเติมเซมาต้า มีค่าเท่ากับ 772% และ 700% ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นว่าการยืดจนขาดของยางวัลคาไนซ์ที่ใช้กรดฟอสฟอริกและน้ำหมักชีวภาพเปลือกสับประดผสมไบโอดีเป็นสารจับตัวยาง มีค่าไม่แตกต่างกัน สำหรับการยืดจนขาดของยางวัลคาไนซ์ที่ใช้กรดฟอสฟอริกและน้ำหมักชีวภาพเปลือกสับประดผสมไบโอดีเป็นสารจับตัวยาง สูตรที่มีการเติมเซมาต้า มีค่าเท่ากับ 591% และ 552% ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นว่าการยืดจนขาดของยางวัลคาไนซ์ที่ใช้กรดฟอสฟอริกและน้ำหมักชีวภาพเปลือกสับประดผสมไบโอดีเป็นสารจับตัวยาง มีค่าไม่

แตกต่างกัน ดังนั้นสำหรับสูตรเดียวกัน ชนิดของสารจับตัว
ยางไม่มีผลต่อการยึดจนขาดของยางวัลคาไนซ์ ดังรูปที่ 6

การยึดจนขาดของยางวัลคาไนซ์ที่ใช้กรดฟอร์มิค
และน้ำหมักชีวภาพเปลือกสับประดผสมไบโอดีเป็นสารจับ
ตัวยาง สูตรที่ไม่มีการเติมเขม่าดำและสูตรที่มีการเติมเขม่า
ดำมีค่าแตกต่างกัน การยึดจนขาดของยางวัลคาไนซ์สูตรที่
มีการเติมเขม่าดำต่ำกว่าสูตรที่ไม่มีการเติมเขม่าดำ
เนื่องจากเขม่าดำเป็นสารตัวเติมเสริมแรง เมื่อใส่ลงไปใ
นยางอนุภาคของเขม่าดำจะแทรกตัวระหว่างโมเลกุลของยาง
ทำให้ช่องว่างระหว่างเฟสของยางลดลง ส่งผลให้ยางมีความ
แข็งเพิ่มขึ้น ความยืดหยุ่นลดลง จึงขาดได้ง่ายกว่าสูตรที่
ไม่มีการเติมเขม่าดำ



รูปที่ 6 การยึดจนขาดของยางวัลคาไนซ์

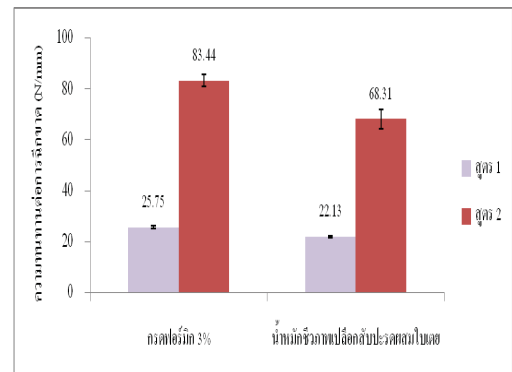
ความทนทานต่อการฉีกขาด (Tear strength)

การทดสอบความทนทานต่อการฉีกขาดของยาง
สามารถทำได้โดยวัดแรงสูงสุดที่ทำให้ชิ้นงานขาดออกจาก
กัน พบว่า ยางวัลคาไนซ์ที่ใช้กรดฟอร์มิคและน้ำหมัก
ชีวภาพเปลือกสับประดผสมไบโอดีเป็นสารจับตัวยาง สูตร
ที่ไม่มีการเติมเขม่าดำ มีค่าเท่ากับ 25.75 N/mm และ 22.13
N/mm ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นว่ายางวัลคาไนซ์ที่ใช้กรดฟอร์
มิคมีค่าความทนทานต่อการฉีกขาดสูงกว่ายางวัลคาไนซ์ที่
ใช้น้ำหมักชีวภาพเปลือกสับประดผสมไบโอดีเป็นสารจับตัว
ยาง

สำหรับยางวัลคาไนซ์ที่ใช้กรดฟอร์มิคและน้ำหมัก
ชีวภาพเปลือกสับประดผสมไบโอดีเป็นสารจับตัวยาง สูตร
ที่มีการเติมเขม่าดำ มีค่าเท่ากับ 83.44 N/mm และ 68.31
N/mm ตามลำดับ จะเห็นว่าความทนทานต่อการฉีกขาด
ของยางวัลคาไนซ์มีค่าแตกต่างกัน ยางวัลคาไนซ์ที่ใช้กรด
ฟอร์มิคมีค่าความทนทานต่อการฉีกขาดสูงกว่ายางวัลคา

ไนซ์ที่ใช้น้ำหมักชีวภาพเปลือกสับประดผสมไบโอดีเป็นสาร
จับตัวยาง ดังรูปที่ 7

เมื่อเปรียบเทียบสูตรที่ไม่เติมเขม่าดำและสูตรที่มีเขม่า
ดำพบว่าความทนทานต่อการฉีกขาดของยางวัลคาไนซ์ที่
ใช้กรดฟอร์มิคและน้ำหมักชีวภาพเปลือกสับประดผสม
ไบโอดีเป็นสารจับตัวยางสูตรที่ไม่มีการเติมเขม่าดำและสูตร
ที่มีการเติมเขม่าดำมีค่าแตกต่างกัน ความทนทานต่อการ
ฉีกขาดของยางวัลคาไนซ์สูตรที่มีการเติมเขม่าดำสูงกว่า
สูตรที่ไม่มีการเติมเขม่าดำ เนื่องจากเขม่าดำเป็นสารตัวเติม
เสริมแรง ส่งผลให้ยางวัลคาไนซ์สูตรที่มีการเติมเขม่าดำมี
ความทนทานต่อการฉีกขาดสูงกว่าสูตรที่ไม่เติมเขม่าดำ



รูปที่ 7 ความทนทานต่อการฉีกขาดของยางวัลคาไนซ์

สรุปและเสนอแนะ

ชนิดของสารจับตัวยางธรรมชาติไม่มีผลต่อปริมาณ
เถ้า ปริมาณสิ่งระเหย ปริมาณไนโตรเจนและค่าความหนืด
มูนี้ ยกเว้นดัชนีความอ่อนตัวของยางแผ่นดิบที่ใช้กรด
ฟอร์มิคมีค่าสูงกว่ายางแผ่นดิบที่ใช้น้ำหมักชีวภาพเปลือก
สับประดผสมไบโอดีในสูตรเดียวกัน ชนิดของสารจับน้ำยาง
ไม่มีผลต่อค่า Scorch time และ Cure time ของยาง
คอมพาวด์ อย่างไรก็ตามยางคอมพาวด์สูตรที่ไม่เติมเขม่าดำ
จะใช้เวลาในการวัลคาไนซ์เร็วกว่าสูตรที่ไม่เติมเขม่าดำ
เนื่องจากเขม่าดำสามารถดูดความร้อนได้ดี ทำให้ปฏิกิริยา
การวัลคาไนซ์เกิดได้เร็วขึ้น ในสูตร 1 ที่ไม่มีการเติมเขม่าดำ
ชนิดของสารจับตัวยางไม่มีผลต่อสมบัติเชิงกล (ความแข็ง
การเสียรูปหลังการกด โมดูลัสที่ 100% และ 300% ความ
ทนทานต่อแรงดึง การยึดจนขาด และความทนทานต่อการ
ฉีกขาด) ของยางวัลคาไนซ์ ในสูตรที่ 2 ที่มีการเติมเขม่าดำ
ชนิดของสารจับตัวยางไม่มีผลต่อสมบัติเชิงกล

(ความแข็ง การเสียรูปหลังการกด โมดูลัสที่ 100% และ 300% ความทนทานต่อแรงดึง และการยืดจนขาด) ของยางวัลคาไนซ์ แต่ความทนทานต่อการฉีกขาดของยางวัลคาไนซ์ที่ใช้กรดฟอร์มิคมีค่าสูงกว่ายางวัลคาไนซ์ที่ใช้น้ำหมักชีวภาพเปลือกสับประดผสมไบโอดีเป็นสารจับตัวยาง จะเห็นได้ว่าน้ำหมักชีวภาพเปลือกสับประดผสมไบโอดีมีแนวโน้มที่จะนำมาใช้เป็นสารจับตัวยาง เนื่องจากมีสมบัติของยางดิบ ยางคอมพาวด์และยางวัลคาไนซ์ใกล้เคียงกัน นอกจากนี้อาจศึกษาการนำขยะเปียกชนิดอื่นมาใช้เตรียมน้ำหมักชีวภาพต่อไป

บรรณานุกรม

- [1] สุจินต์ แม้นเหมือน. 2556. "อนาคตยางพารากับประชาคมเศรษฐกิจอาเซียน." วารสารยางพารา 34(1), 7-16.
- [2] เบญจวรรณ คำศรี และ อรทัย ขวาลภาฤทธิ์. 2555. "การผลิตน้ำหมักชีวภาพที่ใช้ตะกอนสลัดจ์เป็นวัสดุหมักร่วม." การประชุมวิชาการแห่งชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ครั้งที่ 9, 461-467.
- [3] สายสมร ล้าลอง และ จารวี นามวิชัย. 2011. "การใช้ น้ำหมักชีวภาพจากมะเฟืองหัวเชื้อและส้มโอเป็นสารจับตัวยางต่อสมบัติของยางคอมพาวด์ และยางวัลคาไนซ์" *Sci. J. UBU*, 2(1), 21-30.
- [4] Saisamorn Lumlong and et al. 2013. "Study on bio-extract as a rubber coagulant." **International symposium on fundamental and applied science (ISFAS 2013) (Proceedings).** 115-119.
- [5] ปรีดีเปรม ทศนกุล. 2555. "ผลเสียของการใช้น้ำหมักชีวภาพและน้ำส้มควันไม้ในการจับตัวยาง." วารสารยางพารา, 33(2), 2-18.