# ผลของเถ้ากะลาปาล์มน้ำมัน ที่มีต่อสมบัติทางกายภาพของยางธรรมชาติ

# The Influence of Palm Oil Fuel Ash on Physical Properties of Natural Rubber

สายฝน แก้วสม[1] นุชจรี สุกใส[2] วัชรินทร์ รัศมี[3]
Saifon Kaewsom[1] Nuchjaree Suksai[2] Watcharin Rassamee[3]
[1,2,3]อาจารย์ สาขาวิชาเทคโนโลยียางและพอลิเมอร์ วิทยาลัยเทคนิคสุราษฎร์ธานี สถาบันการอาชีวศึกษาภาคใต้ 1
Email: Rubber_nine@hotmail.com, suksai_gm@hotmail.com, watcharin_rassamee@hotmail.com

## บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของเถ้ากะลาปาล์มน้ำมันที่มีต่อสมบัติทางกายภาพของยางธรรมชาติ โดยมีขั้นตอนการทดลอง ดังนี้ ลำดับแรก นำยางธรรมชาติมาผสมด้วยสารเคมีและเถ้ากะลาปาล์มน้ำมัน ที่แปรปริมาณ 0, 100, 150 และ 200 phr และบดด้วยเครื่องบดผสมยางแบบสองลูกกลิ้ง จากนั้นเตรียมชิ้นทดสอบโดยวิธีการอัดขึ้นรูป เพื่อนำมาทดสอบสมบัติด้านการดึง ความแข็ง และการจัดตัวเนื่องจากแรงอัด

จากการศึกษาแปรปริมาณเถ้ากะลาปาล์มน้ำมัน พบว่า ความต้านทานต่อแรงดึง ความสามารถในการยืดจนขาด และโมดูลัสที่ 300 % มีค่าลดลงตามปริมาณของเถ้ากะลาปาล์มน้ำมันที่เพิ่มขึ้น ส่วนสมบัติด้านความแข็ง และการจัดตัวเนื่องจากแรงอัด จะเพิ่มขึ้นตามปริมาณเถ้ากะลาปาล์มน้ำมันที่เพิ่มขึ้น

**คำสำคัญ :** ยางธรรมชาติ เถ้ากะลาปาล์มน้ำมัน สมบัติทางกายภาพ

## Abstract

The purpose of this research study was to investigate the influence of palm oil fuel ash on physical properties of natural rubber. The experimental procedures were used as follows: Firstly, natural rubber, additives and palm oil fuel ash were mixed together by two roll mill. The quantity of palm oil fuel ash was changed to 0, 100, 150, and 200 phr. Secondly, the specimen was prepared by compression method in order to study the tension test, hardness and compression set.

From the study, it was found that tensile strength, elongation at break and modulus at 300% were decreased according to the increasing quantity of palm oil fuel ash but hardness and compression set were increased according to the increasing quantity of palm oil fuel ash.

**Keywords :** Natural Rubber, Palm oil fuel ash , Physical properties



## 1. บทนำ

ยางธรรมชาติเป็นพืชเศรษฐกิจที่มีความสำคัญต่อเศรษฐกิจไทย สร้างรายได้จากการส่งออกเป็นจำนวนมาก โดยยางจะถูกนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ มากมาย โดยทั่วไปยางธรรมชาติจะมีสมบัติที่ดีหลายประการ เช่น มีความต้านทานต่อแรงดึง ความต้านทานต่อการฉีกขาด ความต้านทานต่อการขัดถูสูง และมีความยืดหยุ่นสูง เมื่อมีแรงภายนอกมากระทำ ยางก็จะยืดและจะกลับคืนสู่รูปร่างและขนาดเดิม (หรือใกล้เคียง) อย่างรวดเร็ว เมื่อแรงกระทำนั้นหมดไป อย่างไรก็ตามยางยังมีขีดจำกัดในการใช้งาน เนื่องจากมีสมบัติเชิงกลต่ำ และลักษณะทางกายภาพไม่เสถียรขึ้นอยู่กับ อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลง คือ ยางจะอ่อนและเหนียวเมื่อร้อน แต่จะแข็งเปราะเมื่ออุณหภูมิต่ำ ด้วยเหตุนี้การใช้งานจึงจำเป็นต้องมีการผสมยางกับสารเคมี [1] สารเคมีอย่างหนึ่งที่นำมาใช้ในกระบวนการผลิตยางคือ ซิลิกา ซึ่งเป็นสารตัวเติมที่นิยมใช้ในอุตสาหกรรมยาง โดยซิลิกาจะถูกนำมาผสมกับยางธรรมชาติ เพื่อเป็นสารเสริมแรง โดยเฉพาะค่าความแข็ง (Hardness) โมดูลัส (Modulus) ความต้านทานต่อแรงดึง (Tensile strength) ความต้านทานต่อการฉีกขาด (Tear strength) และความต้านทานต่อการขัดถู (Abrasion resistance) เป็นต้น [2] แต่เนื่องจากซิลิกาที่ใช้ในอุตสาหกรรมนั้นได้จากการสังเคราะห์ด้วยกระบวนการทางเคมี จึงทำให้ซิลิกามีราคาสูง ส่งผลให้ต้นทุนในการผลิตผลิตภัณฑ์ยางสูงตามไปด้วย ดังนั้นแนวทางหนึ่งในการแก้ปัญหา คือ การใช้เถ้ากะลาปาล์มน้ำมันเป็นสารตัวเติมในยางธรรมชาติ ซึ่งเถ้ากะลาปาล์มน้ำมันจะมีองค์ประกอบหลักทางเคมีคือ ซิลิกอนไดออกไซด์หรือซิลิกา 46.8 % และพบหมู่ฟังก์ชั่นที่สำคัญคือ หมู่ไฮดรอกซิลของไซลานอล และหมู่ไซลอกเซน เมื่อนำเถ้ากะลาปาล์มน้ำมันมาใช้เป็นสารตัวเติมในยางธรรมชาติ ส่งผลให้สมบัติเชิงกลของยางที่ใส่เถ้ากะลาปาล์มน้ำมันนั้นมีค่าใกล้เคียงกับซิลิกา [3] และมีระยะเวลาที่ยางเริ่มคงรูป (Scorch time) และระยะเวลาในการคงรูป (Cure time) ลดลง [4] การศึกษาผลของเถ้ากะลาปาล์มน้ำมันที่มีผลต่อสมบัติทางกายภาพของยางธรรมชาติจึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่สามารถนำผลการศึกษาไปพัฒนาสมบัติของยางธรรมชาติ และลดต้นทุนในการผลิตผลิตภัณฑ์จากยางธรรมชาติที่ผสมวัสดุเหลือทิ้งจากอุตสาหกรรมน้ำมันปาล์ม และเป็นการเพิ่มมูลค่าของผลิตภัณฑ์จากยางธรรมชาติได้อีกทางหนึ่งด้วย

## 2. วัตถุประสงค์การวิจัย

2.1 เพื่อศึกษาสมบัติด้านการดึงของยางธรรมชาติที่มีเถ้ากะลาปาล์มน้ำมันในปริมาณต่างกัน

2.2 เพื่อศึกษาสมบัติความแข็งของยางธรรมชาติที่มีเถ้ากะลาปาล์มน้ำมันในปริมาณต่างกัน

2.3 เพื่อศึกษาสมบัติการจัดตัวเนื่องจากแรงอัดของยางธรรมชาติที่มีเถ้ากะลาปาล์มน้ำมันในปริมาณต่างกัน

### 3. สมมติฐานการวิจัย

3.1 ยางธรรมชาติที่มีปริมาณเถ้ากะลาปาล์มน้ำมันต่างกัน จะมีสมบัติด้านการดึงแตกต่างกัน

3.2 ยางธรรมชาติที่มีปริมาณเถ้ากะลาปาล์มน้ำมันต่างกัน จะสมบัติความแข็งแตกต่างกัน

3.3 ยางธรรมชาติที่มีปริมาณเถ้ากะลาปาล์มน้ำมันต่างกัน จะมีสมบัติการจัดตัวเนื่องจากแรงอัดแตกต่างกัน

## 4. วิธีการดำเนินการวิจัย

ในการศึกษาผลของเถ้ากะลาปาล์มน้ำมันที่มีผลต่อสมบัติทางกายภาพของยางธรรมชาตินั้น ได้มีการเตรียมสูตรยางโดยการแปรปริมาณเถ้ากะลาปาล์มน้ำมันเป็น 0, 100, 150 และ 200 phr ผสมยางธรรมชาติในรูปแผ่นยางรมควันชั้น 3 (RSS3) โดยในแต่ละสูตรจะควบคุมปริมาณของยางธรรมชาติและสารเคมีให้เท่า ๆ กัน ซึ่งมีการเตรียมชิ้นทดสอบจำนวน 5 ตัวอย่างต่อสูตรต่อสมบัติที่ทดสอบ

4.1 การผสมยางธรรมชาติและสารเคมี

นำแผ่นยางรมควันชั้น 3 เถ้ากะลาปาล์มน้ำมัน และสารเคมีตามที่เตรียมไว้ มาผสมด้วยเครื่องบดผสมยางสองลูกกลิ้ง (Two roll mill) จนได้ยางผสมสารเคมี หลังจากนั้นทิ้งไว้ไม่น้อยกว่า 24 hr ก่อนนำไปขึ้นรูป

4.2 การขึ้นรูป และเตรียมชิ้นทดสอบ

นำยางผสมสารเคมี (Compound rubber) มาขึ้นรูปด้วยเครื่องอัดขึ้นรูปยาง โดยชิ้นงานที่ใช้ในการทดสอบสมบัติทางกายภาพ (Physical properties) เตรียมได้จากการอัดขึ้นรูปยางในแม่พิมพ์ขนาด 250 mm X 130 mm X 1.5 mm ที่อุณหภูมิ 150°C และตัดชิ้นทดสอบเป็นรูปดัมเบลล์ ชนิด Die C ตามมาตรฐาน ASTMD 412-92 [5] ส่วนชิ้นงานที่ใช้ในการทดสอบสมบัติความแข็ง และการจัดตัวเนื่องจากแรงอัด เตรียมได้จากการอัดขึ้นรูปยางในแม่พิมพ์ที่มีรูปร่างเป็นวงกลมขนาด เส้นผ่าศูนย์กลาง 29.0 ± 0.5 mm และหนา 12.5 ± 0.5 mm

4.3 การทดสอบสมบัติทางกายภาพ

4.3.1 การทดสอบด้านการดึง (Tension Test)

เตรียมชิ้นตัวอย่างการทดสอบเป็นรูปดัมเบลล์ และนำมาทดสอบสมบัติความต้านทานต่อแรงดึง ความสามารถในการยืดจนขาดและค่าโมดูลัส ด้วยเครื่อง Universal Tensile Machine ตามมาตรฐาน ASTM D412-98 [5] โดยนำตัวอย่างชิ้นทดสอบใส่ระหว่างที่จับ เปิดเครื่องให้ดึงด้วยอัตราเร็ว 500 mm/min บันทึกค่า และคำนวณหาค่าความต้านทานต่อแรงดึง ความสามารถในการยืดจนขาด และค่าโมดูลัส

4.3.2 การทดสอบความแข็ง (Hardness)

การทดสอบความแข็งทำโดยเตรียมชิ้นทดสอบให้มีความหนา 8 ถึง 10 mm ทำการสุ่มวัดค่าความแข็งตั้งแต่ 3 จนถึง 5 จุด ด้วยเครื่องวัดความแข็งแบบ Shore A ตามมาตรฐาน ASTM D1415-88 [5] บันทึกผล และหาค่าเฉลี่ยจากผลการทดสอบ

4.3.3 การทดสอบด้านการจัดตัวเนื่องจากแรงอัด (Compression Set)

ทำการทดสอบตามมาตรฐาน ASTM D395 [5] โดยที่ชิ้นทดสอบมีความหนาประมาณ 12.5 ± 0.5 mm. ลักษณะเป็นวงกลมที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง

29.0 ± 0.5 mm. ทดสอบโดยการวัดความหนาก่อนนำชิ้นทดสอบไปวางระหว่างแผ่นอัด และขันสกรูให้ชิ้นทดสอบมีความหนาลดลง 25% ของความหนาเดิม หลังจากนั้นนำเข้าตู้อบที่อุณหภูมิ 70°C เป็นเวลา 22 hr นำชุดทดสอบออกจากตู้อบ และนำชิ้นทดสอบออกจากชุดทดสอบ วางทิ้งไว้เป็นเวลา 30 min หลังจากนั้นจึงวัดความหนาของชิ้นทดสอบอีกครั้ง และคำนวณหาค่าการจัดตัวเนื่องจากแรงอัด

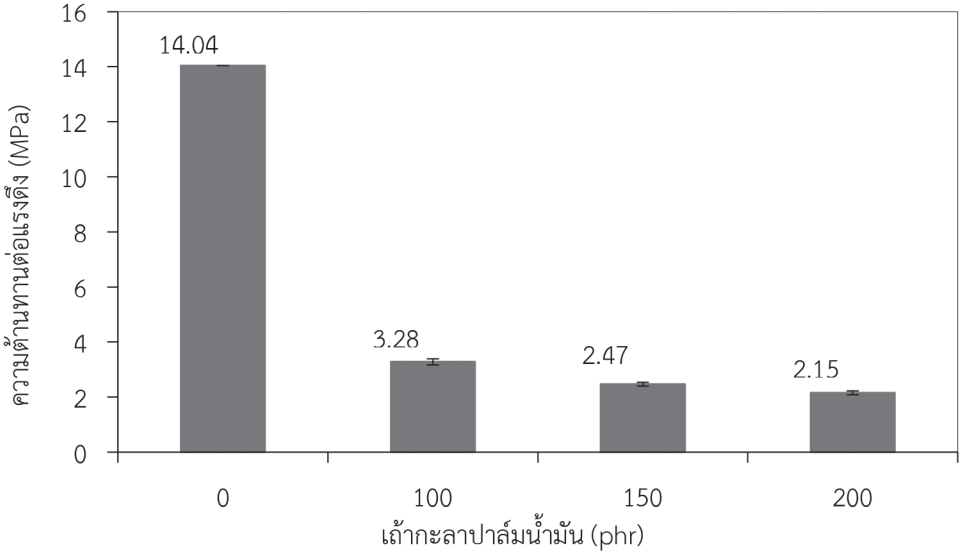
## 5. ผลการวิจัย

### 5.1 สมบัติด้านการดึง (Tension Test)

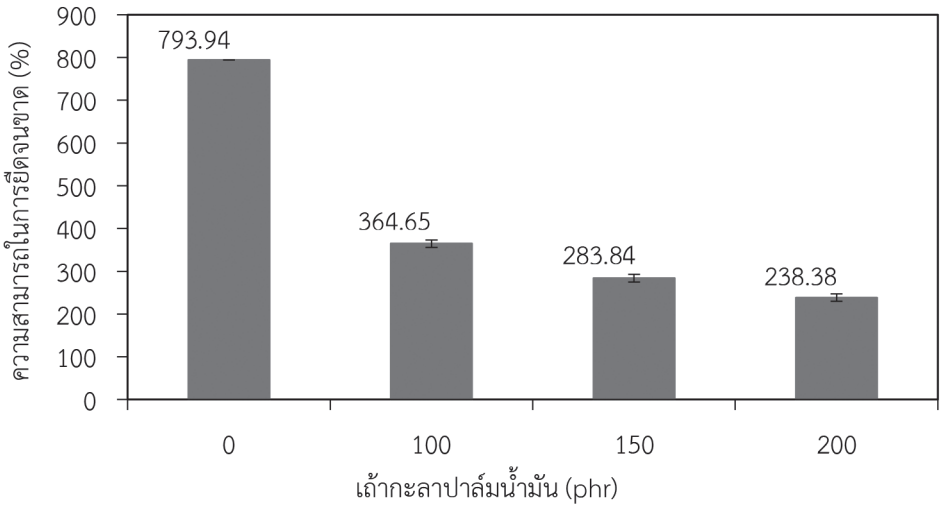
นำยางที่ขึ้นรูปจากการผสมยางธรรมชาติกับเถ้ากะลาปาล์มน้ำมันในปริมาณ 0, 100, 150 และ 200 phr มาทดสอบสมบัติด้านการดึงได้แก่ สมบัติความต้านทานต่อแรงดึง (Tensile strength, TS) ความสามารถในการยืดจนขาด (Elongation at break, EB) และค่าโมดูลัสที่ 300% (300% Modulus) โดยเตรียมชิ้นทดสอบเป็นรูปดัมเบลล์ (Dumb-Bell) ทดสอบด้วยเครื่อง Universal Tensile Machine ดึงด้วยอัตราเร็ว 500 mm/min ผลการศึกษาสมบัติด้านการดึง ดังแสดงในตารางที่ 1 และภาพที่ 1 - 3

**ตารางที่ 1** สมบัติด้านการดึงของยางธรรมชาติที่มีปริมาณเถ้ากะลาปาล์มน้ำมันต่างกัน

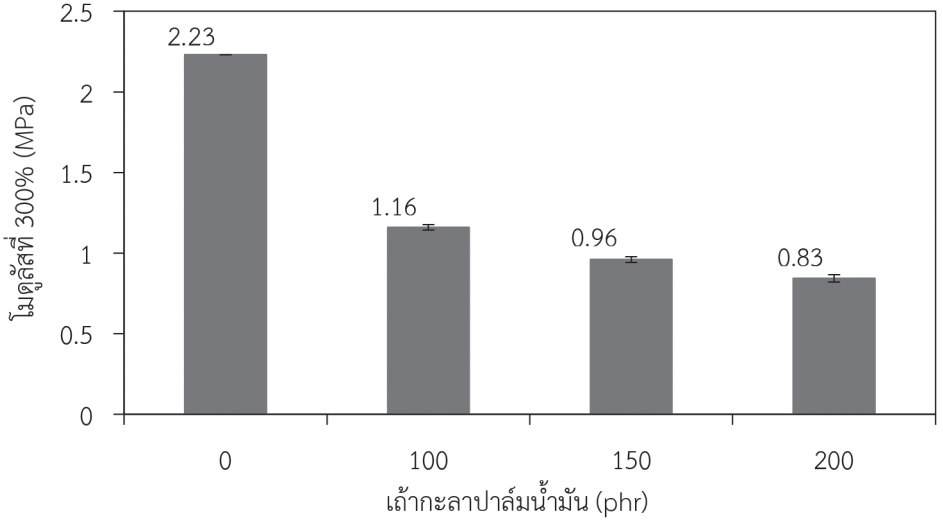
| เถ้ากะลาปาล์มน้ำมัน (phr) | สมบัติด้านการดึง | | |
|---|---|---|---|
| | TS (MPa) | EB (%) | Modulus 300 (MPa) |
| 0 | 14.04 | 793.94 | 2.23 |
| 100 | 3.28 | 364.65 | 1.16 |
| 150 | 2.47 | 283.84 | 0.96 |
| 200 | 2.15 | 238.38 | 0.83 |




**ภาพที่ 1** ความต้านทานต่อแรงดึงของยางธรรมชาติที่มีปริมาณเถ้ากะลาปาล์มน้ำมันต่างกัน




**ภาพที่ 2** ความสามารถในการยืดจนขาดของยางธรรมชาติที่มีปริมาณเถ้ากะลาปาล์มน้ำมันต่างกัน




**ภาพที่ 3** โมดูลัสที่ 300% ของยางธรรมชาติที่มีปริมาณเถ้ากะลาปาล์มน้ำมันต่างกัน

จากตารางที่ 1 และภาพที่ 1 - 3 ผลของปริมาณเถ้ากะลาปาล์มน้ำมันต่อสมบัติความต้านทานต่อแรงดึง ความสามารถในการยืดจนขาด และโมดูลัสที่ 300% พบว่า สมบัติความต้านทานต่อแรงดึง ความสามารถในการยืดจนขาด และโมดูลัสที่ 300 % มีค่าลดลงตามปริมาณของเถ้ากะลาปาล์มน้ำมันที่เพิ่มขึ้น โดยเมื่อผสมเถ้ากะลาปาล์มน้ำมัน 0, 100, 150 และ 200 phr ค่าความต้านทานแรงดึง คือ

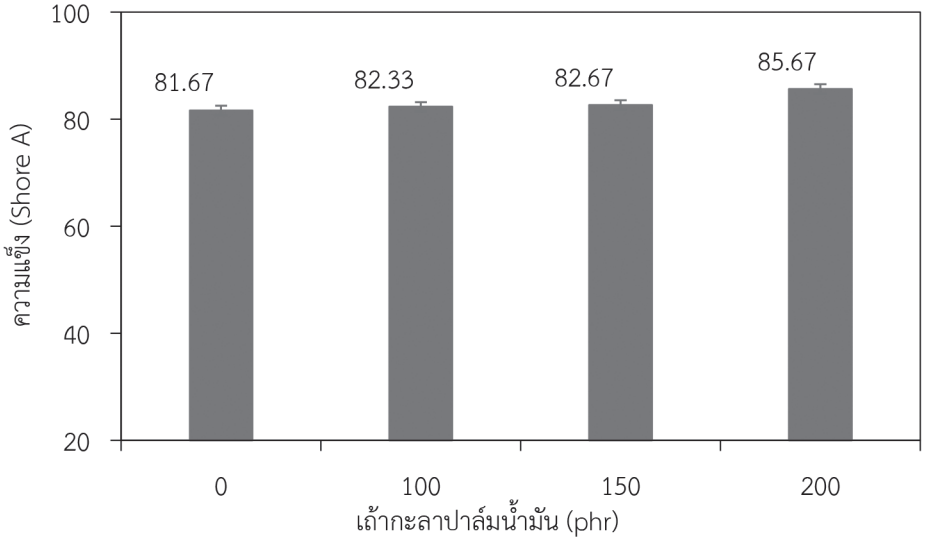
14.04, 3.28, 2.47 และ 2.15 MPa ตามลำดับ ส่วนค่าความสามารถในการยืดจนขาดคือ 793.94, 364.65, 283.84 และ 238.38 % และโมดูลัสที่ 300 % คือ 2.23, 1.16, 0.96 และ 0.83 MPa ตามลำดับ

**5.2 สมบัติด้านความแข็ง (Hardness)**

ยางที่ขึ้นรูปจากการผสมยางธรรมชาติกับเถ้ากะลาปาล์มน้ำมันปริมาณ 0, 100, 150 และ 200 phr มาทดสอบความแข็ง โดยเตรียมชิ้นทดสอบให้มีความหนา 8 ถึง 10 mm ทำการสุ่มวัดค่าความแข็งตั้งแต่ 3 จนถึง 5 จุด ด้วยเครื่องวัดความแข็งแบบ Shore A แล้วหาค่าเฉลี่ย ผลที่ได้จากการทดสอบดังแสดงในตารางที่ 2 และ ภาพที่ 4

**ตารางที่ 2** ความแข็งของยางธรรมชาติที่มีปริมาณเถ้ากะลาปาล์มน้ำมันต่างกัน

| เถ้ากะลาปาล์มน้ำมัน (phr) | ความแข็ง (Shore A) |
|---|---|
| 0 | 81.67 |
| 100 | 82.33 |
| 150 | 82.67 |
| 200 | 85.67 |




**ภาพที่ 4** ความแข็งของยางธรรมชาติที่มีปริมาณเถ้ากะลาปาล์มน้ำมันต่างกัน

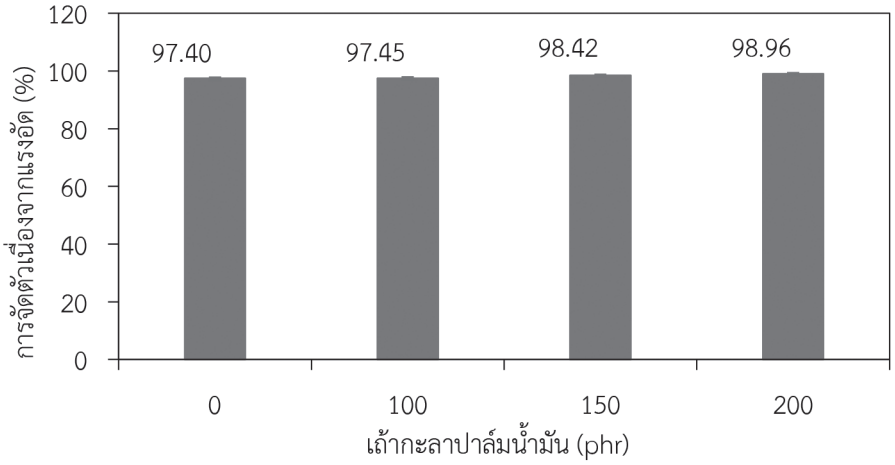
ผลจากตารางที่ 2 และรูปที่ 4 พบว่า ค่าความแข็งจะเพิ่มขึ้นตามปริมาณเถ้ากะลาปาล์มน้ำมันที่เพิ่มขึ้น โดยเมื่อผสมเถ้ากะลาปาล์มน้ำมัน 0, 100, 150 และ 200 phr ค่าความแข็งคือ 81.67, 82.33, 82.67 และ 85.67 Shore A ตามลำดับ

**5.3 สมบัติด้านการจัดตัวเนื่องจากแรงอัด (Compression Set)**

การทดสอบหาค่าการจัดตัวเนื่องจากแรงอัด ตามมาตรฐาน ASTM D395 [5] โดยที่ชิ้นทดสอบมีความหนาประมาณ 12.5 ± 0.5 mm. ลักษณะเป็นวงกลมที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 29.0 ± 0.5 mm. ทดสอบโดยการวัดความหนา ก่อนนำชิ้นทดสอบไปวางระหว่างแผ่นอัด และขันสกรูให้ชิ้นทดสอบมีความหนาลดลง 25% ของความหนาเดิม หลังจากนั้นนำเข้าตู้อบที่อุณหภูมิ 70°C เป็นเวลา 22 hr นำชุดทดสอบออกจากตู้อบ และนำชิ้นทดสอบออกจากชุดทดสอบ วางทิ้งไว้เป็นเวลา 30 min หลังจากนั้นจึงวัดความหนาของชิ้นทดสอบอีกครั้ง และคำนวณหาค่าการจัดตัวเนื่องจากแรงอัด ผลการทดสอบแสดงดังตารางที่ 3 และภาพที่ 5

**ตารางที่ 3** การจัดตัวเนื่องจากแรงอัดของยางธรรมชาติที่มีปริมาณเถ้ากะลาปาล์มน้ำมันต่างกัน

| เถ้ากะลาปาล์มน้ำมัน (phr) | การจัดตัวเนื่องจากแรงอัด (%) |
|---|---|
| 0 | 97.40 |
| 100 | 97.45 |
| 150 | 98.42 |
| 200 | 98.96 |




**ภาพที่ 5** การจัดตัวเนื่องจากแรงอัดของยางธรรมชาติที่มีปริมาณเถ้ากะลาปาล์มน้ำมันต่างกัน

จากตารางที่ 3 และภาพที่ 5 พบว่าการจัดตัวเนื่องจากแรงอัดจะเพิ่มขึ้นตามปริมาณเถ้ากะลาปาล์มน้ำมัน โดยเมื่อผสมเถ้ากะลาปาล์มน้ำมัน 0, 100, 150 และ 200 phr ค่าการจัดตัวเนื่องจากแรงอัด คือ 97.40, 97.45, 98.42 และ 98.69 % ตามลำดับ

## 6. สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

### 6.1 สรุปผลการวิจัย

ผลการศึกษาการแปรปริมาณเถ้ากะลาปาล์มน้ำมันที่มีผลต่อสมบัติทางกายภาพของยางธรรมชาติที่ 0, 100, 150 และ 200 phr พบว่า สมบัติความต้านทานต่อแรงดึงความสามารถในการยืดจนขาด และโมดูลัสที่ 300 % มีค่าลดลงตามปริมาณของเถ้ากะลาปาล์มน้ำมันที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากปริมาณเถ้ากะลาปาล์มน้ำมันที่ใส่เข้าไปในยาง ไปขัดขวางการตกผลึกของยาง โดยอนุภาคของเถ้ากะลาปาล์มน้ำมันเข้าไปแทรกอยู่ระหว่างการจัดเรียงตัวของสายโซ่โมเลกุล ทำให้การจัดเรียงตัวของสายโซ่โมเลกุลเรียงตัวเป็นระเบียบได้ยาก ทำให้เกิดเป็นช่องว่างเล็กๆ ระหว่างผิวของยางธรรมชาติกับเถ้ากะลาปาล์มน้ำมันและเมื่อปริมาณเถ้ากะลาปาล์มน้ำมันเพิ่มขึ้นปริมาณเนื้อยางซึ่งเป็นเมทริกซ์จะน้อยลง ด้วยเหตุนี้จึงเป็นสาเหตุให้สมบัติด้านการดึงของยางธรรมชาติที่ผสมเถ้ากะลาปาล์มน้ำมันลดลงตามปริมาณเถ้ากะลาปาล์มน้ำมันที่เพิ่มขึ้น ส่วนสมบัติด้านความแข็งและการจัดตัวเนื่องจากแรงอัด จะเพิ่มขึ้นตามปริมาณเถ้ากะลาปาล์มน้ำมันที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากในเถ้ากะลาปาล์มน้ำมัน มีองค์ประกอบของซิลิกอนไดออกไซด์หรือซิลิกา ($SiO_2$, Silica) ซึ่งมีโครงสร้างทางเคมีเช่นเดียวกับซิลิกา ที่ใช้เป็นสารตัวเติมเสริมแรงในอุตสาหกรรมยาง ซึ่งให้ผลที่สอดคล้องกับการทดสอบค่าความแข็ง เพราะปริมาณเถ้ากะลาปาล์มน้ำมันที่เพิ่มขึ้นทำให้ความยืดหยุ่นของยางลดลงความสามารถในการคืนกลับรูปร่างเดิมจึงน้อยตามปริมาณการใส่เถ้ากะลาปาล์มที่เพิ่มขึ้น

### 6.2 ข้อเสนอแนะ

ควรศึกษาวิจัยเพิ่มเติมเกี่ยวกับชนิดของสารตัวเติมอื่น ๆ ที่ได้จากธรรมชาติมาผสมกับยางพารา

## เอกสารอ้างอิง


[1] พงษ์ธร แซ่อุย. (2548). ยาง : ชนิด สมบัติและการใช้งาน. ปทุมธานี: สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.).

[2] พงษ์ธร แซ่อุย. (2550). สารเคมียาง. ปทุมธานี : สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.).

[3] ปุญญานิช อินทรพัฒน์. (2555). การใช้เถ้าปาล์มน้ำมันเป็นสารตัวเติมในยางธรรมชาติ. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, ปีที่ 14 ฉบับที่ 1. 30-42.

[4] Zhong Xian Ooi, Hanafi Ismail, Azhar Abu Bakar (2013). Characterization of oil palm ash (OPA) and thermal properties of OPA-filled natural rubber compounds. Journal of Elastomers and Plastics, Vol 47 No. 1. 13-27.

[5] ASTM D 412-98. (2000). Test Methods for Vulcanized Rubber and Thermoplastic Elastomer - Tension.