



อิทธิพลของรำสกัดน้ำมันต่อสมบัติของฟองน้ำยางธรรมชาติ

Effects of Defatted Rice Bran on Properties of

Natural Rubber Latex Foam

ดริณฎา มุลชัย^{1*} และ อรุณศรี เอี่ยมรัมย์¹

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาอิทธิพลของรำสกัดน้ำมันต่อสมบัติของฟองน้ำยางธรรมชาติ โดยใช้รำสกัดน้ำมันที่ร่อนผ่านตะแกรงขนาด 150 เมช แปรปริมาณดังนี้ 0 10 20 30 และ 40 ส่วนต่อเนื้อยางแห้งหนึ่งร้อยส่วน (phr) จากการทดลองพบว่าปริมาณรำสกัดน้ำมันที่นำมาใช้เป็นสารตัวเติมในยางธรรมชาติได้คือไม่เกิน 30 phr เมื่อเพิ่มปริมาณรำสกัดน้ำมันส่งผลให้การตีฟองยากขึ้น เวลาในการเจล ค่าความหนาแน่น แรงกดที่ทำให้ฟองน้ำยุบตัว และค่าการยุบตัวจากแรงอัดมีค่าเพิ่มสูงขึ้น อย่างไรก็ตามฟองน้ำยางธรรมชาติที่ผสมรำสกัดน้ำมัน 10 phr มีสมบัติผ่านตามเกณฑ์มาตรฐาน มอก. 173-2519 สามารถจัดชั้นได้เทียบเท่ากับชั้น RU 20 โดยมีแรงกดที่ทำให้ความหนาแน่นลดลง 25 เปอร์เซ็นต์ เท่ากับ 2.08 กิโลปาสคาล และมีค่าการยุบตัวเนื่องจากแรงอัดเท่ากับ 9.20 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้พบว่าการใช้รำสกัดน้ำมันที่ร่อนผ่านตะแกรงขนาด 150 เมช ปริมาณ 10 phr เป็นสารตัวเติมทำให้ต้นทุนยางผสมสารเคมีลดลงประมาณ 14 บาทต่อกิโลกรัม

¹ หลักสูตรเทคโนโลยียางและพอลิเมอร์ คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จ.เชียงใหม่ 50290

* Corresponding Author, E-mail: darinya@mju.ac.th

ABSTRACT

The effects of defatted rice bran (DRB) as a filler for natural rubber latex foam on its properties were investigated. The contents of DRB which pass through a 150-mesh screen used were 0, 10, 20, 30 and 40 phr. The maximum content of DRB that can be used as a filler for natural rubber latex foam was 30 phr. It was found that increasing amount of DRB showed a difficulty of making natural rubber latex foam. Gellation time, density, indentation force and compression set of DRB-filled natural rubber latex foam increased with increasing amount of DRB. However, the properties of natural rubber latex foam filled with 10 phr of defatted rice bran passed the standard specification of latex foam rubber according to TIS 173-2519. It can be graded equivalent to RU 20 with indentation force of 2.08 kPa and compression set of 9.20%. In addition, the cost of rubber compound having 10 phr of DRB which passed through a 150-mesh screen is lower than that of non-filled rubber compound about 14 baht/kilogram.

คำสำคัญ: ฟองน้ำยางธรรมชาติ สารตัวเติม รำสกัดน้ำมัน

Keywords: Natural rubber latex foam, Filler, Defatted rice bran

บทนำ

ยางฟองน้ำ (latex foam) ที่ผลิตจากน้ำยางธรรมชาติโดยตรงมีลักษณะเป็นรูพรุน ผิวหน้าระคายอากาศออกได้ สามารถหดหรือบิดได้โดยไม่เสียรูปทรง นิยมใช้เป็นส่วนหนึ่งของเครื่องใช้เพื่อรองรับการกระแทก กันการลื่น หรือเพื่อเพิ่มความนุ่ม เช่น ทำเป็นผลิตภัณฑ์ตามแบบของแม่พิมพ์ ได้แก่ เบาะรองนั่ง หมอนหนุน ที่รองนอน ทำเป็นแผ่นฟองน้ำ หรือทำเป็นฟองน้ำฉาบหลังของพวกสิ่งทอต่าง ๆ เป็นต้น (วราภรณ์, 2537) กระบวนการผลิตยางฟองน้ำสามารถทำได้โดยนำน้ำยางธรรมชาติมาผสมสารเคมีต่าง ๆ เช่น สารทำให้ยางคงรูป สารตัวเร่ง สารกระตุ้น สารทำให้เกิดฟอง และสารตัวเติม เป็นต้น สารตัวเติมนิยมใช้เพื่อลดต้นทุนการผลิต ในการใช้สารตัวเติมต้องใช้ในปริมาณที่เหมาะสม เพราะถ้าใช้มากเกินไปอาจส่งผลเสียต่อสมบัติของผลิตภัณฑ์ยางฟองน้ำที่ได้ ซึ่งแคลเซียมคาร์บอเนต

(CaCO₃) เป็นสารตัวเติมที่นิยมใช้มากในอุตสาหกรรมยางเนื่องจากมีราคาค่อนข้างถูก พรทิพย์ และคณะ (2552) ศึกษาอิทธิพลของปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนตต่อสมบัติทางกายภาพของยางฟองน้ำชนิดตันที่เตรียมจากน้ำยางธรรมชาติ โดยใช้แคลเซียมคาร์บอเนตปริมาณ 0 5 10 20 และ 30 ส่วนต่อเนื้อยางแห้งหนึ่งร้อยส่วน (phr) พบว่ายางฟองน้ำที่เติมแคลเซียมคาร์บอเนตปริมาณ 5 phr มีสมบัติผ่านตามมาตรฐาน มอก. 1425-2540 วินัยและสิทธิชัย (2550) ศึกษาการทำผลิตภัณฑ์ยางฟองน้ำรองใต้เสื่อกระจูด โดยใช้แคลเซียมคาร์บอเนตเป็นสารตัวเติม แปรปริมาณที่ใช้ 10-50 phr พบว่าการใช้แคลเซียมคาร์บอเนต 10-20 phr จะได้ฟองน้ำที่มีลักษณะสม่ำเสมอ ฟองมีขนาดเล็ก ฟองน้ำที่คงรูปแล้วมีผิวหน้าเรียบ และไม่เกิดการยุบตัว แต่เมื่อเพิ่มปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนตสูงถึง 40 และ 50 phr จะพบว่าฟองน้ำที่คงรูปแล้วมีผิวหน้าที่ไม่เรียบ

มีรอยแตกของฟองอากาศ และฟองยางเกิดการยุบตัว เป็นแอ่งโค้งจากเข้าพิมพ์

นอกจากแคลเซียมคาร์บอเนตแล้วที่ผ่านมายังมีงานวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับการนำวัสดุจากธรรมชาติมาใช้เป็นสารตัวเติมในการผลิตยางฟองน้ำ ดังเช่นงานวิจัยของ สุรศักดิ์ (2553) ศึกษาผลของสารตัวเติมจากวัสดุธรรมชาติต่อสมบัติของฟองน้ำยางธรรมชาติ วัสดุธรรมชาติที่ใช้ ได้แก่ แป้งไม้ และเส้นใยเปลือกมะพร้าว พบว่าปริมาณสารตัวเติมที่ใช้ในการตีฟองได้ดี ไม่มีปัญหาคือที่ปริมาณไม่เกิน 20 phr ถ้าใช้สารตัวเติมมากกว่านี้ ส่งผลให้ได้ฟองที่ไม่สม่ำเสมอ เกิดฟองยากขึ้น ฟองน้ำเกิดการยุบตัวและหดตัวมากขึ้น มีรอยแตกที่บริเวณผิวหน้าและบริเวณขอบ และฟองน้ำแข็งขึ้น

ร่า สกัด น้ำมัน เป็น ผลพลอยได้จากกระบวนการสกัดน้ำมันรำข้าวออกจากรำดิบ ซึ่งมีส่วนประกอบของโปรตีน คาร์โบไฮเดรต เส้นใย (Wiboonsirikul et al., 2007) ภายหลังการสกัดน้ำมันออกไปแล้วทำให้ร่าสกัดน้ำมันมีส่วนประกอบของไขมันน้อย จึงลดปัญหาการเหม็นหืน สามารถเก็บได้นานขึ้นที่ผ่านมามีงานวิจัยของ Moonchai et al. (2012) ศึกษาเกี่ยวกับการใช้ร่าสกัดน้ำมันเป็นสารตัวเติมในยางธรรมชาติ โดยเปรียบเทียบสมบัติของยางคงรูปที่ได้กับการใช้แคลเซียมคาร์บอเนตเป็นสารตัวเติม จากผลการทดสอบพื้นที่ผิวจำเพาะของร่าสกัดน้ำมันที่ร้อนผ่านตะแกรงขนาด 150 เมช มีค่าเท่ากับ 4.63 ตารางเมตรต่อกรัม (m^2/g) ซึ่งใกล้เคียงกับแคลเซียมคาร์บอเนตที่มีค่าพื้นที่ผิวจำเพาะเท่ากับ 4.46 ตารางเมตรต่อกรัม (m^2/g) ยางผสมร่าสกัดน้ำมันมีค่าความต้านทานแรงดึง ระยะยืดเมื่อขาด ความต้านทานการฉีกขาด ความต้านทานการสึกหรอดีกว่ายางผสมแคลเซียมคาร์บอเนต

ดังนั้นจึงมีความเป็นไปได้ที่จะนำร่าสกัดน้ำมันมาทดลองใช้เป็นสารตัวเติมในฟองน้ำยางธรรมชาติ

งานวิจัยนี้จึงสนใจศึกษาการนำร่าสกัดน้ำมันมาใช้เป็นสารตัวเติมในฟองน้ำยางธรรมชาติโดยใช้ร่าสกัดน้ำมันที่ร้อนผ่านตะแกรงขนาด 150 เมช เนื่องจากมีพื้นที่ผิวจำเพาะใกล้เคียงกับแคลเซียมคาร์บอเนต (Moonchai et al., 2012) โดยแปรปริมาณ 0-40 phr และศึกษาพฤติกรรมการเกิดฟอง เวลาเจล ลักษณะฟองน้ำหลังการคงรูป และสมบัติต่างๆของฟองน้ำยางธรรมชาติ รวมทั้งศึกษาดูโครงสร้างรูพรุนของฟองน้ำที่ผสมร่าสกัดน้ำมันในปริมาณต่าง ๆ

วิธีการดำเนินการวิจัย

1. น้ำยางและสารเคมีที่ใช้ในการทดลอง

สูตรน้ำยางธรรมชาติและสารเคมีที่ใช้แสดงดังตารางที่ 1 ประกอบด้วย 1) น้ำยางชั้นชนิดแอมโมเนียสูง (high ammonia concentrated natural rubber latex) มีปริมาณเนื้อยางแห้ง 60% 2) กำมะถัน (sulphur) ทำหน้าที่เป็นสารคงรูปใช้ในรูป 50% ดิสเพิลชั่น 3) ซิงค์ออกไซด์ (ZnO) ทำหน้าที่เป็นสารกระตุ้นการคงรูป ใช้ในรูป 50% ดิสเพิลชั่น 4) ซิงค์ไดเอทิลไดไอโคคาร์บาเมต (ZDEC) ทำหน้าที่เป็นสารตัวเร่ง ใช้ในรูป 50% ดิสเพิลชั่น 5) ซิงค์เมอแคปโทเบนโซไรอาโซล (ZMBT) ทำหน้าที่เป็นสารตัวเร่ง ใช้ในรูป 50% ดิสเพิลชั่น 6) โซเดียมซิลิโคฟลูออไรด์ (SSF) ทำหน้าที่เป็นสารทำให้เกิดเจล ใช้ในรูป 25% ดิสเพิลชั่น 7) ไดฟีนิลกัวนิติน (DPG) ทำหน้าที่เป็นสารช่วยการเกิดเจล ใช้ในรูป 33% ดิสเพิลชั่น 8) ฟีนอลิก แอนติออกซิแดนท์ (polymeric sterically hindered phenol, Lowinox® CPL) เป็นสารป้องกันการเสื่อมสภาพ ใช้ในรูป 50% ดิสเพิลชั่น โดยที่น้ำยางและสารเคมีลำดับที่ 1-8 จัดจำหน่ายโดยบริษัทหลักกี้โพร จำกัด 9)

สารละลายโพแทสเซียมโอเลต (potassium oleate solution) เตรียมอยู่ในรูปสารละลาย 10% (w/v) โดยใช้โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ทำปฏิกิริยากับกรดโอเลอิก จัดจำหน่ายโดยห้างหุ้นส่วนจำกัด เวชวิทย์ 10) รำสกัดน้ำมัน (defatted rice bran, DRB) ทำหน้าที่เป็นสารตัวเติม ก่อนใช้น้ำไปร่อนผ่านตะแกรงขนาด 150 เมช และอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 70 °C เป็นเวลา 17 ชั่วโมง และผลิตและจำหน่ายโดยบริษัทไทยร่วมใจน้ำมันพืช จำกัด

2. การเตรียมยางพองน้ำ

เตรียมยางพองน้ำโดยใช้สารเคมีตามสูตรดังตารางที่ 1 โดยมีขั้นตอนการตีฟอง (ด้วยเครื่องตีแป้งยี่ห้อ Champ รุ่น CS-B5) ดังนี้

1) ปั่นน้ำยางเพื่อไล่แอมโมเนีย ตามด้วยใส่รำสกัดน้ำมัน ปั่นน้ำยางผสมรำสกัดน้ำมันด้วยความเร็วระดับ 3 (220 รอบต่อนาที) เป็นเวลา 3 นาที

2) ใส่โพแทสเซียมโอเลต แล้วปั่นด้วยความเร็วระดับ 1 (140 รอบต่อนาที) เป็นเวลา 1 นาที ตามด้วยใส่กำมะถัน ZDEC ZMBT และ CPL ปั่นด้วยความเร็วระดับ 1 นาน 4 นาที และตามด้วยการปั่นซ้ำที่ความเร็วระดับ 3 เป็นเวลา 4 นาที

3) ใส่ DPG ZnO และ SSF ตามลำดับ โดยหลังจากใส่สารแต่ละชนิดให้ปั่นด้วยความเร็วระดับ 1 เป็นเวลา 1 นาที เมื่อตีฟองเสร็จวัดระดับความสูงของฟองยางที่ได้เทียบกับความสูงเริ่มต้นของน้ำยาง เพื่อ

เปรียบเทียบผลของปริมาณรำสกัดน้ำมันต่อพฤติกรรมการเกิดฟองของน้ำยางธรรมชาติ

4) นำยางผสมสารเคมีที่ผ่านการตีฟองเทใส่เบ้าพิมพ์อลูมิเนียม ขนาด 15x15x6.5 เซนติเมตร จนกระทั่งเกิดการเจล ในขั้นตอนนี้จับเวลาในการเจลเพื่อศึกษาอิทธิพลของปริมาณรำสกัดน้ำมันที่ส่งผลต่อการเจลของฟองยาง

5) นำยางพองน้ำไปคงรูปโดยการนึ่งในหม้อนึ่งไอน้ำเป็นเวลา 30 นาที

6) จากนั้นนำยางพองน้ำที่ได้ไปล้างสารเคมีที่ตกค้างออกโดยล้างผ่านน้ำสะอาดจนสังเกตเห็นน้ำล้างมีสีใสเป็นเวลาประมาณ 5 นาที และนำไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 ชั่วโมง เมื่อได้ยางพองน้ำแล้วนำไปทดสอบสมบัติต่าง ๆ

3. การทดสอบสมบัติยางพองน้ำ

หลังจากเตรียมยางพองน้ำได้แล้วนำยางพองน้ำไปทดสอบสมบัติต่าง ๆ ได้แก่

1) ความหนาแน่น (density) โดยตัดฟองน้ำขนาด 50x50x50 มิลลิเมตร จากนั้นนำไปชั่งน้ำหนักด้วยเครื่องชั่งความละเอียด 4 ตำแหน่ง คำนวณความหนาแน่นโดยใช้สมการดังต่อไปนี้ $D = M/V$ เมื่อ $D =$ ความหนาแน่น (กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร, g/cm^3) $M =$ น้ำหนักชิ้นทดสอบ (กรัม, g) และ $V =$ ปริมาตรชิ้นทดสอบ (ลูกบาศก์เซนติเมตร, cm^3)

ตารางที่ 1 สูตรน้ำยางผสมสารเคมี

สารเคมี (% ดิสเพิลชั่น)	น้ำหนักแห้ง (phr)	สารเคมี (% ดิสเพิลชั่น)	น้ำหนักแห้ง (phr)
60% น้ำยางข้น	100	50% Lowinox® CPL	1
10% โพแทสเซียมโอเลต	1.5	33% DPG	0.8
50% กำมะถัน	2.5	50% ZnO	5
50% ZDEC	1	25% SSF	1
50% ZMBT	1	25% DRB	0, 10, 20, 30, 40

2) ค่าแรงกดที่ทำให้ความหนาของฟองน้ำลดลงร้อยละ 25 ก่อนและหลังอบ (indentation and accelerated aging tests) ด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัส (texture analyser, รุ่น TA.XT.Plus, Stable Micro Systems Ltd.) ตามมาตรฐาน มอก. 173-2519 สำหรับการทดสอบหาแรงกดภายหลังการอบด้วยความร้อนมีการเตรียมชิ้นทดสอบดังนี้ นำยางฟองน้ำไปอบในตู้อบลมร้อน (hot air oven, รุ่น 100-800, Memmert) ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลาต่อเนื่องกัน 22 ชั่วโมง ก่อนนำไปทดสอบค่าแรงกดหลังอบ

3) ค่าการยุบตัวเนื่องจากแรงกดอัด (Compression set) โดยอ้างอิงตามมาตรฐาน มอก. 173-2519

4) ศึกษาลักษณะโครงสร้างรูพรุนของยางฟองน้ำด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (scanning electron microscope, รุ่น JSM-5410LV, JEOL Ltd.)

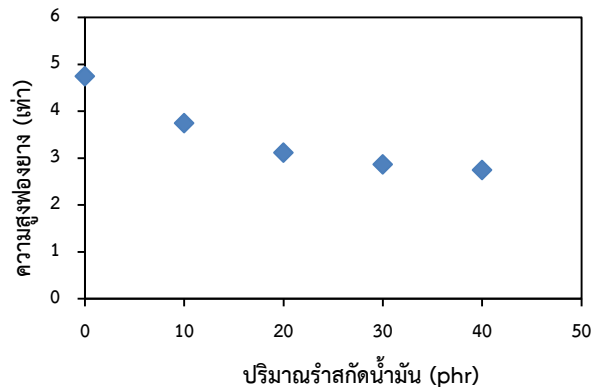
ในการรายงานผลจะใช้ค่าเฉลี่ยของผลการทดลองที่ได้จากการทดลองซ้ำจำนวน 3 ครั้ง

ผลและวิจารณ์ผลการวิจัย

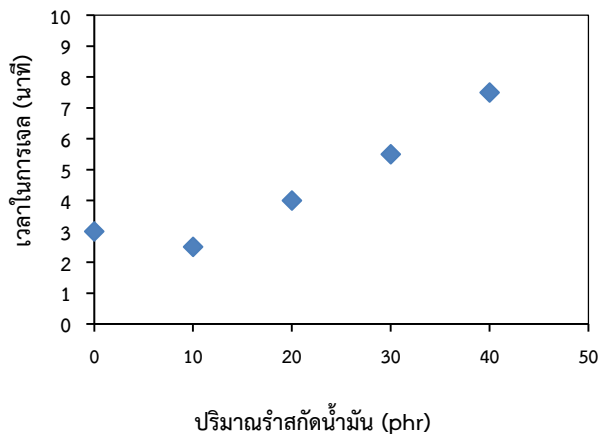
1. ผลของร่าสกัดน้ำมันต่อพฤติกรรมก่อกองและลักษณะของฟองน้ำหลังการคงรูป

การใช้ร่าสกัดน้ำมันเป็นสารตัวเติมสำหรับฟองน้ำยางธรรมชาติ พบว่าร่าสกัดน้ำมันสามารถกระจายตัวและเข้ากับน้ำยางธรรมชาติได้ดี ไม่พบการตกตะกอนของร่าสกัดน้ำมันในระหว่างกระบวนการตีฟอง รูปที่ 1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของฟองยางที่ตีได้ก่อนการเจลกับปริมาณร่าสกัดน้ำมัน

พบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณร่าสกัดน้ำมันมากขึ้น ส่งผลให้การตีฟองยากขึ้น สังเกตจากความสูงของฟองยางมีค่าลดลง เนื่องจากร่าสกัดน้ำมันมีสถานะเป็นของแข็งและมีสมบัติดูดซึมน้ำได้ดีจึงทำให้อุณหภูมิของน้ำยางธรรมชาติไปในระหว่างการตีฟองส่งผลให้น้ำยางธรรมชาติเกิดฟองได้ยากขึ้น สำหรับผลของร่าสกัดน้ำมันต่อเวลาในการเจลแสดงดังรูปที่ 2 จะเห็นได้ว่าเมื่อเพิ่มปริมาณร่าสกัดน้ำมันมากขึ้น เวลาในการเจลกลับมีค่าเพิ่มขึ้นตรงกันข้ามกับการใช้แคลเซียมคาร์บอเนตเป็นสารตัวเติมจะทำให้เวลาในการเจลมีค่าลดลงตามปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนตที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากค่าความตึงผิวของน้ำยางธรรมชาติมีค่าสูงขึ้นตามปริมาณของแคลเซียมคาร์บอเนต เพราะการใส่แคลเซียมคาร์บอเนตลงไปในน้ำยาง ทำให้อ่อนตัวลงซึ่งมีประจุบวกในแคลเซียมคาร์บอเนตรวมตัวกับสบู่ ทำให้สบู่ซึ่งเป็นสารลดแรงตึงผิวที่อยู่ในน้ำยางสูญเสียสภาพส่งผลให้เวลาในการเจลของฟองยางเร็วขึ้น (เสาวนีย์และนันทิภัทร, 2549) ลักษณะฟองน้ำยางธรรมชาติหลังการคงรูปแสดงดังรูปที่ 3 ฟองน้ำที่ผสมร่าสกัดน้ำมันปริมาณ 10 phr (b) ยังมีลักษณะใกล้เคียงกับฟองน้ำยางธรรมชาติที่ไม่ได้ผสมร่าสกัดน้ำมัน (a) คือ ฟองน้ำเกิดการหดตัวไม่มาก มีลักษณะยืดหยุ่นดี นิ่ม แต่มีสีเข้มขึ้นเล็กน้อย ที่ร่าสกัดน้ำมันปริมาณ 20 และ 30 phr ฟองน้ำจะมีความแข็งมากขึ้น ความนุ่มและความยืดหยุ่นลดลง เกิดการหดตัวและมีสีเข้มขึ้นตามลำดับ (c และ d) และที่ปริมาณร่าสกัดน้ำมัน 40 phr (e) พบว่าฟองน้ำเกิดการยุบตัวอย่างมาก สูญเสียสมบัติความยืดหยุ่นของยางฟองน้ำ ดังนั้นปริมาณร่าสกัดน้ำมันที่สามารถนำไปใช้สำหรับผลิตฟองน้ำยางธรรมชาติอยู่ที่ปริมาณไม่เกิน 30 phr



รูปที่ 1 ความสูงของฟองยางที่ดีที่สุดเมื่อใช้ร่าสกัดน้ำมันในปริมาณต่าง ๆ



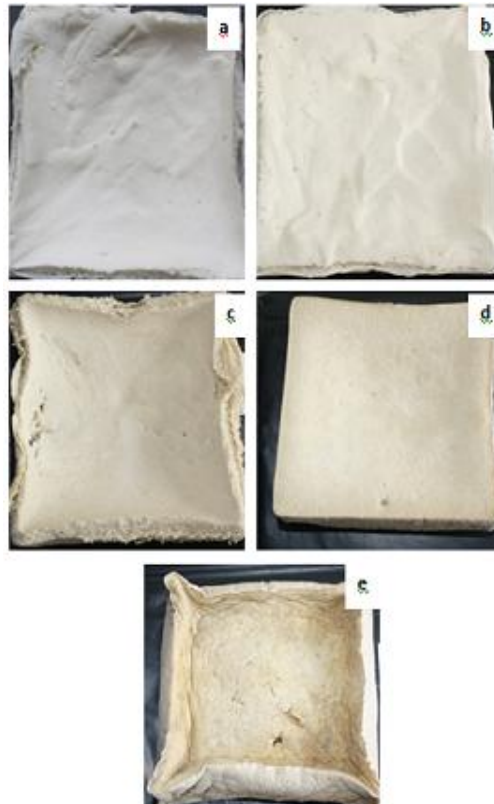
รูปที่ 2 เวลาในการเจดของฟองน้ำยางธรรมชาติเมื่อใช้ร่าสกัดน้ำมันในปริมาณต่าง ๆ

2. ผลของร่าสกัดน้ำมันต่อสมบัติของฟองน้ำยางธรรมชาติ

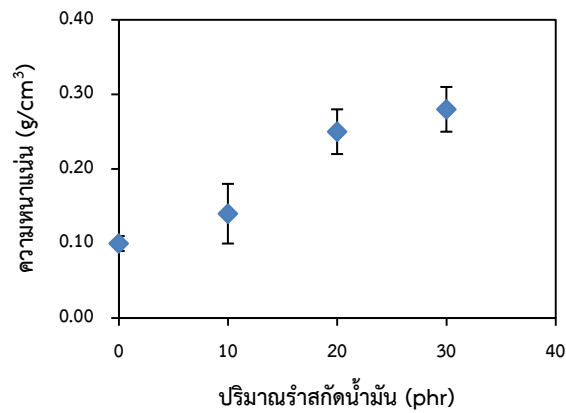
รูปที่ 4 แสดงค่าความหนาแน่นของยางฟองน้ำ จะเห็นว่าเมื่อเพิ่มปริมาณร่าสกัดน้ำมันส่งผลให้ยางฟองน้ำมีความหนาแน่นเพิ่มขึ้น ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากร่าสกัดน้ำมันเข้าไปแทนที่น้ำยางธรรมชาติบางส่วน หมายความว่าฟองน้ำจะมีทั้งส่วนของยางและสารตัวเติม จึงทำให้เกิดเป็นฟองยากขึ้น และโครงสร้างเซลล์ที่ได้จะอัดตัวกันแน่นกว่า เป็นเหตุให้ความหนาแน่นของฟองน้ำเพิ่มขึ้น ค่าแรงกดของยางฟองน้ำทั้งก่อนและหลังอบเพิ่มขึ้นตามปริมาณการเพิ่มขึ้นของร่าสกัดน้ำมัน แสดงดังรูปที่ 5 เกิดจากการที่สารตัวเติม

เข้าไปแทรกอยู่ในยาง ทำให้ยางฟองน้ำมีทั้งส่วนที่เป็นยางและสารตัวเติมอยู่ จึงเป็นการเสริมความแข็งแรงให้กับยางฟองน้ำ (อาชีชินและคณะ, 2548)

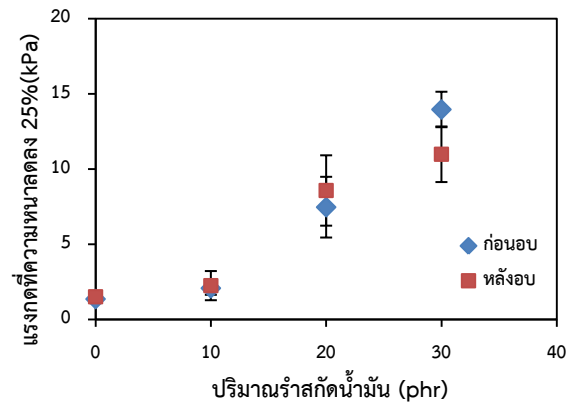
สำหรับค่าการยุบตัวเนื่องจากแรงอัดของยางฟองน้ำแสดงดังรูปที่ 6 เมื่อเพิ่มปริมาณร่าสกัดน้ำมันทำให้ค่าการยุบตัวเนื่องจากแรงอัดเพิ่มขึ้น การที่เมื่อเพิ่มปริมาณสารตัวเติมทำให้ยางเสียรูปหลังได้รับแรงอัดมากขึ้น เนื่องจากเมื่อผสมสารตัวเติมเข้าไปในสูตรยางฟองน้ำ ทำให้การเกิดฟองยางยากขึ้น ฟองน้ำที่ได้มีโครงสร้างเซลล์น้อยลง ขนาดของเซลล์ฟองน้ำไม่สม่ำเสมอ (รูปที่ 7) และความยืดหยุ่นของยางฟองน้ำลดลง



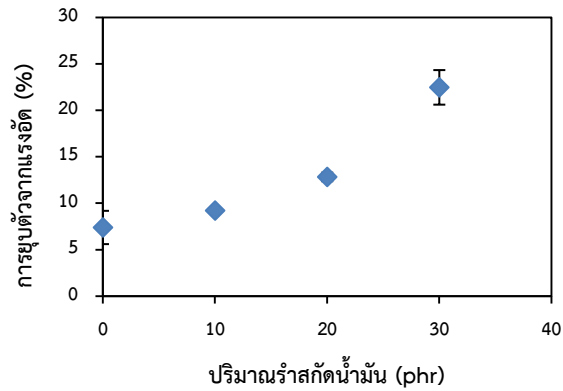
รูปที่ 3 ลักษณะฟองน้ำยางธรรมชาติหลังการคงรูปเมื่อใช้รำสกัดน้ำมันปริมาณ (a) 0 phr (b) 10 phr (c) 20 phr (d) 30 phr (e) 40 phr



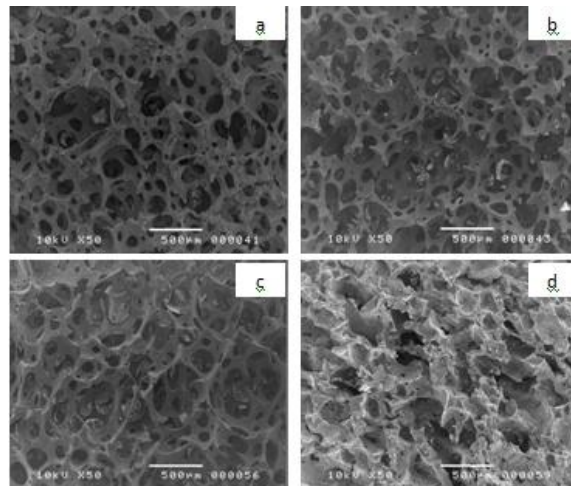
รูปที่ 4 ความหนาแน่นของฟองน้ำยางธรรมชาติเมื่อใช้รำสกัดน้ำมันในปริมาณต่าง ๆ



รูปที่ 5 แรงกดทำให้ความหนาฟองน้ำยางธรรมชาติลดลงร้อยละ 25 ก่อนและหลังอบที่ปริมาณรำสกัดน้ำมันต่างๆ



รูปที่ 6 ค่าการยุบตัวเนื่องจากแรงอัดของฟองน้ำยางธรรมชาติเมื่อใช้รำสกัดน้ำมันในปริมาณต่าง ๆ



รูปที่ 7 ลักษณะโครงสร้างรูพรุนของฟองน้ำยางธรรมชาติเมื่อใช้รำสกัดน้ำมันในปริมาณ (a) 0 phr, (b) 10 phr, (c) 20 phr และ (d) 30 phr

3. ผลของร่ำสกัดน้ำมันต่อโครงสร้างรูพรุนของฟองน้ำยางธรรมชาติ

ผลของร่ำสกัดน้ำมันต่อโครงสร้างรูพรุนของยางฟองน้ำแสดงดังรูปที่ 7 จะเห็นว่าการใช้ร่ำสกัดน้ำมันปริมาณ 10 phr ลักษณะเซลล์มีขนาดสม่ำเสมอใกล้เคียงกับกรณีที่ไม่ใช้สารตัวเติม แต่เมื่อเพิ่มปริมาณสารตัวเติม พบว่าลักษณะเซลล์จะไม่สม่ำเสมอ และที่ปริมาณร่ำสกัดน้ำมัน 30 phr พบว่าเซลล์มีลักษณะต่างออกไป เซลล์จะมีลักษณะถูกอัดแน่น ขนาดรูพรุนเล็กลง เนื่องจากร่ำสกัดน้ำมันทำให้น้ำยางเกิดเป็นฟองยากขึ้น ส่งผลให้ได้โครงสร้างเซลล์ที่อัดตัวกันแน่น สอดคล้องกับค่าความหนาแน่นของยางฟองน้ำที่เพิ่มสูงขึ้นเมื่อเพิ่มปริมาณร่ำสกัดน้ำมัน

4. การจัดชั้นฟองน้ำยางธรรมชาติผสมร่ำสกัดน้ำมันเทียบกับมาตรฐาน มอก. 173-2519

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาสมบัติยางฟองน้ำตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมยางฟองน้ำ มอก. 173-2519 สมบัติที่ทดสอบได้แก่ แรงกดที่ทำให้ความหนาลดลง 25% ค่าแรงกดที่เปลี่ยนไปหลังการอบด้วยความร้อน และค่าการยุบตัวเนื่องจากแรงอัด ผลการทดสอบที่ได้เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับมาตรฐาน มอก. 173-2519 ได้ผลดังตารางที่ 2 ฟองน้ำยางธรรมชาติที่ไม่ผสมร่ำสกัดน้ำมันจัดเป็นชั้น RU 11 ส่วนยางฟองน้ำ

ผสมร่ำสกัดน้ำมันเมื่อนำไปจัดชั้นตามมาตรฐาน มอก. แล้ว พบว่าสูตรที่ใช้ร่ำสกัดน้ำมัน 10 phr สามารถจัดชั้นคุณภาพได้ตามสมบัติที่กำหนด คือชั้น RU 20 ขณะที่สูตรที่ใช้ร่ำสกัดน้ำมัน 20 และ 30 phr นั้น เมื่อนำมาจัดชั้นจะได้คุณภาพใกล้เคียงกับชั้น RU 55 และ RU 150 ตามลำดับ โดยมีค่าแรงกดที่ทำให้ความหนาลดร้อยละ 25 กับค่าที่เปลี่ยนไปหลังการอบด้วยความร้อนเป็นไปตามลักษณะที่ต้องการตามมาตรฐานของชั้นคุณภาพทั้งสอง แต่ค่าการยุบตัวเนื่องจากแรงอัดมีค่าเกินจากที่มาตรฐานกำหนด

5. การเปรียบเทียบต้นทุนราคาของผสมสารเคมี

ตารางที่ 3 แสดงการคิดต้นทุนราคาของผสมสารเคมีที่ใช้ในการผลิตฟองน้ำยางธรรมชาติ พบว่าตัวอย่างยางฟองน้ำที่ไม่เติมร่ำสกัดน้ำมัน จำนวน 1 กิโลกรัม มีต้นทุนราคาของผสมสารเคมีอยู่ที่ 209.9 บาทต่อกิโลกรัม ส่วนตัวอย่างยางฟองน้ำที่เติมร่ำสกัดน้ำมันขนาด 150 เมช ปริมาณ 10 phr ต้นทุนราคาของผสมสารเคมีอยู่ที่ 195.7 บาทต่อกิโลกรัม ดังนั้นในการผลิตยางฟองน้ำ 1 กิโลกรัม ถ้าใช้ร่ำสกัดน้ำมันที่ร้อนผ่านตะแกรงขนาด 150 เมช ปริมาณ 10 phr ต้นทุนราคาของผสมสารเคมีจะลดลงประมาณ 14 บาทต่อกิโลกรัม

ตารางที่ 2 การจัดชั้นฟองน้ำยางธรรมชาติผสมร่ำสกัดน้ำมันเทียบกับลักษณะฟองน้ำตามมาตรฐาน มอก. 173-2519

DRB (phr)	จัดเป็นฟองน้ำชนิดต้นชั้น คุณภาพ	ลักษณะที่ต้องการตาม มอก. 173-2519		
		แรงกดที่ทำให้ความหนา ลดลง 25% (กิโลปาสกาล, kPa)	ค่าที่เปลี่ยนไปหลังการอบด้วย ความร้อน (ไม่เกิน, %)	ค่าการยุบตัวเนื่องจากแรงอัด (ไม่เกิน, %)
0	RU 11	1.5±0.6 (1.36)	±20 (11.25)	10 (7.38)
10	RU 20	2.8±0.7 (2.08)	±20 (8.52)	10 (9.20)
20*	RU 55	7.7±1.4 (7.47)	±20 (14.79)	10 (12.82)
30*	RU 150	20.8±7.7 (13.97)	±20 (-21.26)	10 (22.46)

หมายเหตุ: ค่าใน () = ค่าที่ได้จากการทดสอบ, *DRB 20 และ 30 phr จัดชั้นตามค่าแรงกดที่ทำให้ความหนาลดลง 25% แต่การยุบตัวเนื่องจากแรงอัดมีค่ามากกว่าที่กำหนดในมาตรฐาน มอก. 173-2519

ตารางที่ 3 แสดงการเปรียบเทียบต้นทุนราคาของผสมสารเคมี

สารเคมี	น้ำหนักแห้ง (กิโลกรัม)	ราคาน้ำหนักแห้ง (บาทต่อกิโลกรัม)	คิดเป็น (บาท)
60% น้ำยางข้นแอมโมเนียสูง	100	167	16,700
10% โฟสเฟอรัสไฮดรอกไซด์	1.5	3,500	5,250
50% กำมะถัน	2.5	110	275
50% ZDEC	1	145	145
50% ZMBT	1	185	185
50% Lowinox® CPL	1	450	450
33% DPG	0.8	215	172
50% ZnO	5	125	625
25% SSF	1	84	84
25% รำสกัดน้ำมัน (150 mesh)	10	34	340
ยางฟองน้ำที่ไม่เติมรำสกัดน้ำมัน	113.8	209.9	23,886
ยางฟองน้ำที่เติมรำสกัดน้ำมัน 10 phr	123.8	195.7	24,226

หมายเหตุ: ราคารำสกัดน้ำมัน 34 บาทต่อกิโลกรัม คิดจากการที่รำสกัดน้ำมัน 1 กิโลกรัมร่อนได้รำนขนาด 150 เมช 0.25 กิโลกรัม ดังนั้นจากราคารำสกัดน้ำมัน 8.5 บาทต่อกิโลกรัม จึงได้ราคารำสกัดน้ำมันขนาด 150 เมช เท่ากับ 34 บาทต่อกิโลกรัม

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาการนำรำสกัดน้ำมันที่ร่อนผ่านตะแกรงขนาด 150 เมช มาใช้เป็นสารตัวเติมสำหรับการผลิตฟองน้ำยางธรรมชาติในปริมาณ 0-40 phr พบว่ารำสกัดน้ำมันสามารถนำมาเป็นสารตัวเติมในการผลิตฟองน้ำยางธรรมชาติได้ในปริมาณไม่เกิน 30 phr และเมื่อนำสมบัติของฟองน้ำยางธรรมชาติผสมรำสกัดน้ำมันในปริมาณต่าง ๆ ไปเปรียบเทียบกับค่าตามเกณฑ์ของมาตรฐานยางฟองน้ำ มอก. 173-2519 พบว่าฟองน้ำยางธรรมชาติที่ผสมรำสกัดน้ำมันปริมาณ 10 phr มีสมบัติผ่านเกณฑ์มาตรฐาน จัดเป็นยางฟองน้ำชั้น RU 20

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) ที่ให้การสนับสนุนเงินทุนในการทำวิจัยตาม

สัญญาเลขที่ RDG5450046 ขอขอบคุณนายนพดล วงศ์ใจฟู ที่มีส่วนช่วยในการเตรียมตัวอย่างยางฟองน้ำ

เอกสารอ้างอิง

- พรทิพย์ ประกายมณีวงศ์ นุชนาฏ ณ ระนอง ณพรัตน์ วิจิตชลชัย ภาวิณี พัฒนกุล และ สุมนา แจ่มเหมือน. (2552). การพัฒนาสูตรและเทคโนโลยีการผลิตยางฟองน้ำเพื่อลดต้นทุนการผลิตและสร้างเครื่องต้นแบบ. ใน: รายงานผลการวิจัยยางพารา. กลุ่มอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์ยาง สำนักวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตภัณฑ์ยางเกษตร สถาบันวิจัยยาง. กรุงเทพฯ: 100-128.
- วรารภรณ์ ขจรไชยกูล. (2537). เอกสารวิชาการ ผลิตภัณฑ์จากน้ำยางธรรมชาติ. สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร. กรุงเทพฯ: หน้า 46.
- วินัย ไสแจ่ม และ สิทธิชัย อุ่นคง. (2550). ผลิตภัณฑ์ยางฟองน้ำได้เสื่อกระจุต. โครงการงานวัสดุศาสตร์ หลักสูตรวัสดุศาสตร์ (อุตสาหกรรมยาง) คณะวิศวกรรมและ

- อุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้, เชียงใหม่: 63 หน้า.
- สุรศักดิ์ เทพทอง. (2553). การศึกษาผลของสารตัวเติมจากวัสดุธรรมชาติต่อสมบัติของฟองน้ำยางธรรมชาติ. ใน: วิจัยยางพาราเล่มที่ 5 โครงการวิจัยแห่งชาติ: ยางพารา ฝ้ายอุตสาหกรรม สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.), กรุงเทพฯ: 315-323.
- เสาวนีย์ ก่อวุฒิกุลรังสี และ นทีภัทร เพชรต้นมณี. (2549). ผลของแคลเซียมคาร์บอเนตต่อการทำฟองน้ำยางธรรมชาติ. ใน: วิจัยยางพารา เพื่ออนาคตที่ยั่งยืน. โครงการวิจัยแห่งชาติ: ยางพารา ฝ้ายอุตสาหกรรม สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.), กรุงเทพฯ: 137-143.
- อาชีชัน แกสมาน เจริญ นาคะสรรงค์ และ เครือวัลย์ กัลป์ยาศิริ. (2548). การพัฒนาวัสดุช่วยสอนทางการแพทย์จากน้ำยางธรรมชาติ. ใน: เอกสารประกอบการประชุมวิชาการ พื่นยางไทยให้ยั่งยืน. โครงการวิจัยแห่งชาติ: ยางพารา ฝ้ายอุตสาหกรรม สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.), กรุงเทพฯ: 81-88.
- สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมยางฟองน้ำ มอก. 173-2519.
- Wiboonsirikul, J., Kimura, Y., Kadota, M., Morita, H., Tsuno, T. and Adachi, S. (2007). Properties of extracts from defatted rice bran by its subcritical water treatment. *J. Agric. Food Chem.* 55: 8759-8765.
- Moonchai, D., Moryadee, N. and Poosodsang, N. (2012). Comparative properties of natural rubber vulcanisates filled with defatted rice bran, clay and calcium carbonate. *Maejo Int. J. Sci. Technol.* 6(02): 249-258.

