

การปรับปรุงสมบัติของยางธรรมชาติผสมกับสารทำให้เกิดฟอง : การเตรียมและลักษณะ การวัลคาไนซ์

กฤษฎา พชรสิทธิ์^{1,*} และ ก้องกิตากร บุญช่วย²

¹สาขาวิชาวิศวกรรมยางและพอลิเมอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ 93210

²สาขาวิชาบรรณารักษศาสตร์และสารสนเทศศาสตร์ คณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ 90110

E-mail: kritsada.p@tsu.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาการเตรียมยางลดการกระแทกที่มีจุดเด่นทางด้านสมบัติด้านการยืดหยุ่นซึ่งทำการปรับปรุงโดยใช้สารทำให้เกิดฟองในยาง เพื่อศึกษาผลของการเตรียมและวิเคราะห์ลักษณะการวัลคาไนซ์ของยางคอมปาวด์ผสมผงการบูรและสารโซเดียมไบคาร์บอเนตที่แปรปริมาณสารทำให้เกิดฟองที่ 1, 3, 5 และ 10 phr ด้วยเครื่องผสมยางสองลูกกลิ้ง และขึ้นรูปด้วยเครื่องอัดขึ้นรูปยางที่อุณหภูมิ 150 °C ทดสอบความหนืดของยาง และลักษณะการวัลคาไนซ์ พบว่า สารทำให้เกิดฟองส่งผลต่อค่าความหนืดนี้ ผลการบูรส่งผลค่าความหนืดนี้ต่ำกว่าสารโซเดียมไบคาร์บอเนต แสดงว่ายางคอมปาวด์สามารถไหลได้ดี และไหลเข้าสู่แม่พิมพ์ได้ง่าย สมบัติของลักษณะการวัลคาไนซ์ พบว่า เมื่อเพิ่มปริมาณของสารทำให้เกิดฟองจะส่งผลให้ระยะเวลาในการวัลคาไนซ์ของยางลดลง อาจเป็นผลเนื่องมาจากความเข้ากันได้ระหว่างยางคอมปาวด์และสารทำให้เกิดฟอง ซึ่งส่งผลดีต่อกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ยาง เนื่องจากเวลาในการคงรูปที่ลดลง

คำสำคัญ: ยางธรรมชาติ, ผงการบูร, สารโซเดียมไบคาร์บอเนต, ยางลดการกระแทก

Improving Properties of Natural Rubber Mixed with Foaming Agents : Preparation and Vulcanization Characteristics

Kritsada Phatcharasit^{1, *} and Kongkidakorn Boonchuay²

¹Department of Rubber and Polymer Engineering, Faculty of Engineering, Thaksin University, 93210

²Department of Arts Program in Library and Information Science, Faculty of Humanities and Social Sciences, Thaksin
University, 90110

E-mail: kritsada.p@tsu.ac.th

ABSTRACT

This research study the preparation of rubber cushioning with good elastic properties, which was improved by using a foaming agent in the rubber. Study the effect of the preparation and analysis of vulcanization characteristics of rubber compound mixed with camphor powder and sodium bicarbonate at varying the amount of foaming agent at 1, 3, 5 and 10 phr by a two-roll mill and sheet rubber formed by compression molding machine at 150 °C. The effect of rubber compound on mooney viscosity of rubber and vulcanization characteristics. It was found that the foaming agent were an effect on the mooney viscosity. Camphor was a moony viscosity lower than that of sodium bicarbonate, shows that the rubber compound can flow well and easily flows into the mold. The properties of the vulcanization characteristics showed that increasing the amount of foaming agent resulted in the reduction of the vulcanization time of the rubber. This may be due to the compatibility between the rubber compound and the foaming agent. which has a positive effect on the production process of rubber products due to the reduced curing time.

Keywords: Natural rubber, Camphor powder, Sodium bicarbonate, Rubber cushioning

บทนำ

ยางพาราเป็นพืชที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของประเทศไทยอีกชนิดหนึ่ง พบว่ามีเกษตรกรตลอดจนผู้ทำธุรกิจเกี่ยวข้องกับยางพาราประมาณ 1 ล้านครอบครัว จำนวนไม่น้อยกว่า 6 ล้านคน จากข้อมูลสารสนเทศ พบว่า ประเทศไทยเป็นประเทศที่ส่งออกยางพาราและผลิตภัณฑ์ยางพาราเป็นอันดับ 1 ของโลก ใน พ.ศ. 2565 ประเทศไทยมีการผลิตยางพารา 5.02 ล้านตัน/ปี (สมาคมยางพารา 2565) มีการส่งออกในรูปวัตถุดิบ 85% และแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์เพียง 15% ของกำลังการผลิตทั้งหมด เมื่อพิจารณาอย่างธรรมชาติที่ส่งออกสามารถทำรายได้ 1.6 แสนล้านบาท และแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ที่ทำรายได้ 1.8 แสนล้านบาทซึ่งสามารถทำรายได้เข้าประเทศได้ปีละกว่า 400,000 ล้านบาท จะเห็นว่าการส่งออกยางพาราสส่วนใหญ่อยู่ในรูปวัตถุดิบแปรรูปขั้นต้น ซึ่งมีมูลค่าเพิ่มต่ำ เช่น ยางแผ่นรมควัน ยางแท่ง และน้ำยางข้น (วรารณ ขจรไชยกุล, 2549) ทำให้มีผลต่อการสร้างรายได้เข้าสู่ประเทศและการยกระดับรายได้ของเกษตรกรไม่มากเท่าที่ควร และหากเรื่องนี้ได้รับการพัฒนาให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น (วรารณ ขจรไชยกุล, 2554) ก็จะส่งผลดีต่อประเทศและเกษตรกรชาวสวนยางพาราอย่างมหาศาล ดังนั้นยางพาราก็ยังคงเป็นพืชเศรษฐกิจชนิดหนึ่งที่มีความจำเป็นในการส่งเสริมอาชีพและมีโอกาสในการพัฒนาให้ดียิ่งขึ้น (การยาง กรมวิชาการเกษตร)

ในปัจจุบันผลิตภัณฑ์ยางธรรมชาติประเภทยางพองน้ำเป็นผลิตภัณฑ์ที่สามารถเพิ่มมูลค่าให้กับยางธรรมชาติได้ ซึ่งยางพองน้ำที่ดีจะมีลักษณะเป็นรูพรุน สามารถบิดงอได้โดยไม่เสียรูปทรง โดยสารที่นิยมใช้กันมากในอุตสาหกรรมยางพองน้ำคือ สารทำให้เกิดฟองซึ่งเป็นสารที่มีความเสถียรที่อุณหภูมิห้อง แต่จะสลายตัวที่อุณหภูมิสูงและปลดปล่อยก๊าซไนโตรเจนหรือก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกมาในช่วงก่อนหรือในระหว่างการเกิดปฏิกิริยาคัลคาไนซ์ ก๊าซที่ปล่อยออกมาจะทำให้ยางมีรูพรุนหรือมีฟองกระจายอยู่ทั่วไปเรียกว่ายางพองน้ำ (Sponge) (พงษ์ธร แซ่ฮุย, 2548) ได้แก่ โซเดียมไบคาร์บอเนต (Sodium bicarbonate) อะโซไดคาร์บอนาไมด์ (Azodicarbonamide, ADC) เบนซีนซัลโฟไฮไดรไซด์ (Benzenesulfohydrazide; BSH) เบนซีนไดซัลโฟไฮไดรไซด์ (Benzene-1,3-disulfohydrazide) และไดไนโตรโซเพนตะเมทิลีนเทตระมิน (N,N'-dinitrosopentamethylenetetramine, DNPT) เป็นต้น ผงการบู่เป็นของแข็งสีขาวขุ่นมีกลิ่นแรงเป็นสารประกอบกลุ่มเทอร์พีนที่มีสูตรทางเคมีเป็น $C_{10}H_{16}O$ พบได้จากต้นการบู่ ซึ่งการบู่สามารถละลายได้ง่ายในตัวทำละลายอินทรีย์ เกิดการระเหิด จากการเกิดการระเหิดการบู่จึงสามารถทำหน้าที่เป็นสารทำให้เกิดฟองได้ เนื่องจากการบู่เมื่อได้รับความร้อนจะเกิดการระเหิดเป็นไอ ซึ่งเป็นไปตามทฤษฎีของสารทำให้เกิดฟอง

จากงานวิจัยปริญญา ญาลชัย และคณะ (2017) ได้ศึกษาผลของชนิดและปริมาณของสารก่อฟอง ได้แก่ อะโซไดคาร์บอนาไมด์ (ADC) และออกซิเจนเบนซีนซัลโฟไฮไดรไซด์ (OBSH) ต่อสมบัติของโฟมยางธรรมชาติ พบว่า เมื่อเพิ่มปริมาณสารก่อฟอง ส่งผลให้เวลาในการคงรูปโฟมยางเพิ่มขึ้น ค่าความหนาแน่นของโฟมยางลดลง งานวิจัยส่วนอนันตา ปาแษ และคณะ (2018) ได้ศึกษาสถานะที่เหมาะสมในการเตรียมยางพองน้ำเพื่อเพิ่มปริมาณรูพรุนในยางธรรมชาติอัตราส่วนระหว่างของยางธรรมชาติและปริมาณสารเพิ่มฟองชนิดของเซลล์โฟมที่มีต่อสมบัติการดูดซับเสียง พบว่า ความหนาแน่นของโฟมยางธรรมชาติขึ้นอยู่กับปริมาณของสารเพิ่มฟอง วัสดุดูดซับเสียงจากโฟมยางธรรมชาติในปริมาณ 0.5 phr สามารถดูดซับเสียงได้ดีที่สุด

ในงานวิจัยนี้เพื่อศึกษาผลของการเตรียมและสมบัติของการวัลคาไนซ์ของผงการบู่และโซเดียมไบคาร์บอเนต ทำหน้าที่เป็นสารทำให้เกิดฟอง (Blowing agent) ผสมกับยางธรรมชาติ โดยการแปรปริมาณของสารทำให้เกิดฟองเพื่อเปรียบเทียบสมบัติที่เกิดขึ้น ซึ่งจะประยุกต์ใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์แผ่นพื้นกันกระแทกที่มีรูพรุนต่อไป

วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อศึกษาผลของการเตรียมและสมบัติการวัลคาไนซ์ของยางธรรมชาติผสมกับสารทำให้เกิดฟอง

วิธีดำเนินการวิจัย

1. สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง

ยางแผ่นรมควันชั้น 3 (Rib Smoked Sheet3, RSS3) จากชุมนุมสหกรณ์กองทุนสวนยางตรัง จำกัด, สารทำให้เกิดฟอง (Blowing agent) คือ ผงการบูร (Camphor) และโซเดียมไบคาร์บอเนต (Sodium bicarbonate, NaHCO_3) จากบริษัท บี.เค. สปากอสมेत จำกัด, และสารเคมีสำหรับยางอื่น ๆ เช่น ซิงค์ออกไซด์ (ZnO), กรดสเตียริก (Stearic acid), สารตัวเร่ง (MBTS), สารแอนติออกซิแดนท์ (Wingstay® L), สารตัวเติม (แคลเซียมคาร์บอเนต, CaCO_3) และกำมะถัน (Sulphur) จาก หจก.กิจไพบูลย์เคมี จำกัด

2. การเตรียมยางธรรมชาติคอมปาวด์ผสมกับผงการบูร และโซเดียมไบคาร์บอเนต

เตรียมยางธรรมชาติผสมกับผงการบูร และโซเดียมไบคาร์บอเนตที่ปริมาณต่าง ๆ โดยใช้ส่วนผสมดังตารางที่ 1 ด้วยเครื่องผสมยางสองลูกกลิ้ง (Two roll mill) ผสมให้เข้ากัน ใช้เวลาในการบดทั้งหมดประมาณ 18 นาที เมื่อบดเสร็จนำยางคอมปาวด์ไปเก็บไว้เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิห้อง แล้วนำไปอัดขึ้นรูปโดยเครื่องอัดขึ้นรูปยาง (Compression molding machine) และนำไปทดสอบสมบัติของยางคอมปาวด์และลักษณะของการวัลคาไนซ์

ตารางที่ 1 สูตรการเตรียมธรรมชาติคอมปาวด์ผสมกับผงการบูรและโซเดียมไบคาร์บอเนต

สารเคมี	phr (part per hundred rubber)								
	R	RCP ₁	RCP ₃	RCP ₅	RCP ₁₀	RSD ₁	RSD ₃	RSD ₅	RSD ₁₀
RSS3	100	100	100	100	100	100	100	100	100
ZnO	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Stearic acid	1	1	1	1	1	1	1	1	1
CaCO_3	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Wingstay®L	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
Camphor	-	1	3	5	10	-	-	-	-
NaHCO_3	-	-	-	-	-	1	3	5	10
MBTS	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Sulfur	1	1	1	1	1	1	1	1	1

3. การทดสอบสมบัติของยางคอมปาวด์และยางวัลคาไนซ์

3.1 การทดสอบความหนืดของยางคอมปาวด์

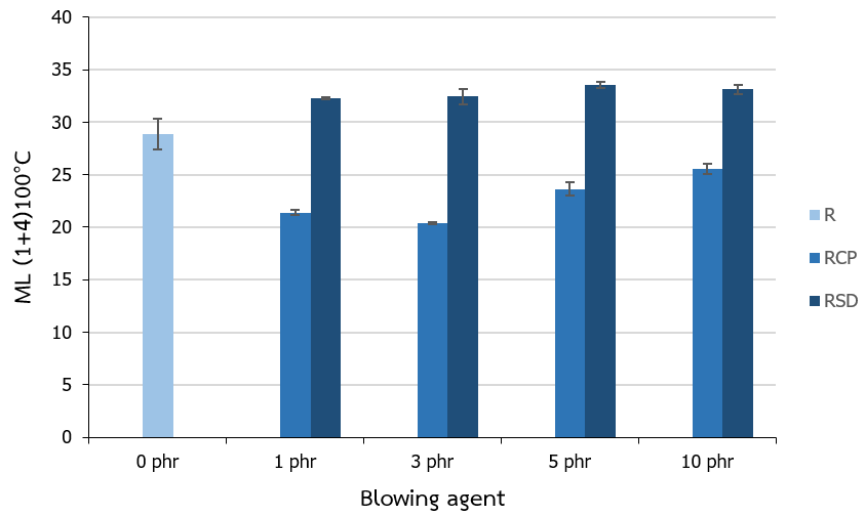
การหาความหนืดของยางดิบตามมาตรฐาน ASTM D1646 โดยตัวอย่างยางที่ใช้ในการทดสอบประกอบด้วยยาง 2 ชั้น ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 45 มิลลิเมตร น้ำหนักรวมกันประมาณ 25 กรัม นำตัวอย่างยางที่ทดสอบผ่านลูกกลิ้งที่อุณหภูมิ 70 °C ระยะห่างที่ตั้งไว้ 2.5 มิลลิเมตร ตัดเป็นชิ้นทดสอบตั้งทิ้งไว้เป็นเวลา 30 นาที ก่อนนำไปทดสอบด้วยเครื่อง Mooney viscometer โดยอุณหภูมิที่ใช้ 100 °C เวลาอุ่นยาง 1 นาที และเวลาทดสอบ 4 นาที

3.2 การทดสอบลักษณะการวัลคาไนซ์ของยางคอมปาวด์

ตรวจสอบลักษณะการคงรูปของยางด้วยเครื่อง Moving die rheometer (MDR 2000) ตามมาตรฐาน ASTM D5289 โดยเครื่องทดสอบจะรายงานผลเป็นค่าระยะเวลาของยางสก๊อชหรือยางเริ่มเชื่อมขวาง (Scorch time, t_{s2}) และค่าระยะเวลายางคงรูปเต็มที่ (Optimum cure time, t_{c90}) ค่าแรงบิดต่ำสุด (Minimum torque, M_L) ค่าแรงบิดสูงสุด (Maximum torque, M_H) และความแตกต่างของแรงบิดหาได้จาก $M_H - M_L$ ที่อุณหภูมิ 150 °C เป็นเวลา 20 นาที

ผลการวิจัย

1. ผลของการทดสอบความหนืดของยางดิบ



รูปที่ 1 ความหนืดของยางธรรมชาติที่เติมสารทำให้เกิดฟองที่ปริมาณต่าง ๆ

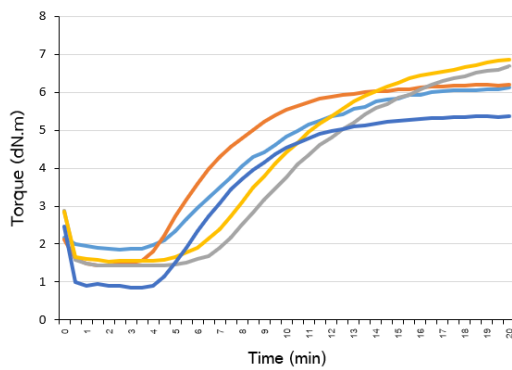
จากรูปที่ 1 แสดงสมบัติความหนืด (Mooney viscosity) ของยางธรรมชาติที่ไม่ได้เติมและเติมสารทำให้เกิดฟอง 2 ชนิดที่ปริมาณต่าง ๆ โดยพบว่าสูตร RCP คือยางคอมปาวด์ที่เติมผงการบูรเป็นสารทำให้เกิดฟองจะมีค่าความหนืดที่ต่ำกว่าสูตร R คือยางคอมปาวด์ที่ไม่ได้เติมสารทำให้เกิดฟอง และสูตร RSD คือยางคอมปาวด์ที่เติมสารโซเดียมไบคาร์บอเนตเป็นสารทำให้เกิดฟองจะมีค่าความหนืดที่สูงกว่ายางคอมปาวด์ที่ไม่เติมสารทำให้เกิดฟอง และก็มีค่าความหนืดที่สูงกว่ายางคอมปาวด์ที่เติมผงการบูรเป็นสารทำให้เกิดฟอง แสดงว่าเมื่อมีการเติมผงการบูรเป็นสารทำให้เกิดฟองที่ปริมาณเพิ่มขึ้นจนถึงปริมาณ 3 phr จะส่งผลให้ค่าความหนืดลดลงเรื่อย ๆ แต่เมื่อถึงที่ปริมาณ 5 phr จะมีค่าเพิ่มขึ้น

2. ผลของการทดสอบสมบัติการวัลคาไนซ์ของยางคอมปาวด์

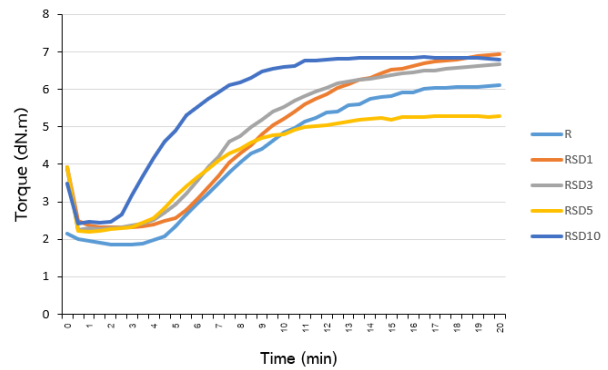
การเตรียมยางธรรมชาติผสมกับผงการบูรและโซเดียมไบคาร์บอเนตที่ปริมาณต่าง ๆ ผลการทดสอบสมบัติของการวัลคาไนซ์ ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงสมบัติการวัลคาไนซ์ของยางคอมปาวด์ ที่อุณหภูมิ 150 °C

สูตร	M_H (dN·m)	M_L (dN·m)	ΔM (dN·m)	T_{s1} (min)	T_{90} (min)
R	6.13	1.85	4.28	5.49	13.50
RCP ₁	6.22	1.43	4.79	4.42	11.01
RCP ₃	6.67	1.43	5.24	7.53	16.23
RCP ₅	6.87	2.07	4.80	7.12	15.23
RCO ₁₀	5.37	0.82	4.55	5.22	11.33
RSD ₁	6.94	2.31	4.63	6.23	14.47
RSD ₃	6.67	2.24	4.43	5.32	13.08
RSD ₅	5.31	2.20	3.11	5.12	11.01
RSD ₁₀	6.86	2.34	4.52	3.12	8.49



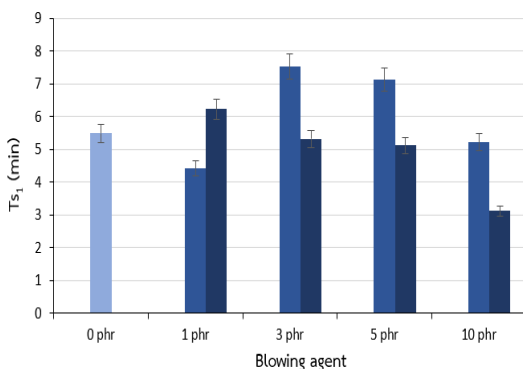
(ก)



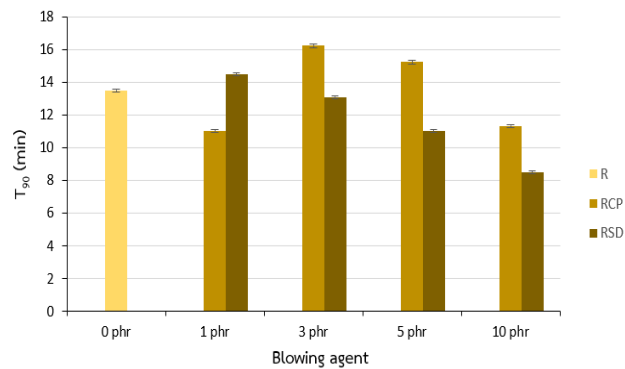
(ข)

รูปที่ 2 พฤติกรรมการวัลคาไนซ์ของของอย่างผสมสารทำให้เกิดฟองที่ปริมาณต่าง ๆ (ก) Camphor และ (ข) NaHCO_3

จากรูปที่ 2 ซึ่งแสดงพฤติกรรมการวัลคาไนซ์ของยางคอมปาวด์ที่ไม่ได้เติมและเติมสารทำให้เกิดฟอง 2 ชนิดที่ปริมาณต่าง ๆ ที่อุณหภูมิ 150°C พบว่า รูปที่ 2 (ก) สูตร R คือสูตรที่ไม่ได้เติมสารทำให้เกิดฟองจะมีค่าทอร์กต่ำสุด (M_L) แต่สูตร RCP คือสูตรที่เติมการบูรเป็นสารทำให้เกิดฟองจะเห็นได้ว่าเมื่อมีการเพิ่มปริมาณของผงการบูรซึ่งเป็นสารทำให้เกิดฟองจะส่งผลให้ค่าทอร์กต่ำสุดมีค่าลดลง ซึ่งค่าทอร์กต่ำสุดจะมีความสัมพันธ์กับค่าความหนืดของยางคอมปาวด์ และสูตรที่เติม RCP เป็นสารทำให้เกิดฟองที่ปริมาณ 1 , 3 , 5 phr จะมีค่าทอร์กสูงสุด (M_H) ที่มากกว่าสูตรที่ไม่ได้เติมสารทำให้เกิดฟอง ในรูปที่ 2 (ข) เห็นได้ว่าเมื่อมีการเพิ่มปริมาณของโซเดียมไบคาร์บอเนต (RSD) ซึ่งเป็นสารทำให้เกิดฟองจะส่งผลให้ค่าทอร์กต่ำสุด (M_L) มีค่าใกล้เคียงกัน แต่สูตรที่เติม RSD ที่ปริมาณ 10 phr จะมีค่าทอร์กสูงสุด (M_H) สูงสุด



(ก)



(ข)

รูปที่ 3. (ก) ระยะเวลาของยางสก็อช (Scorch time) และ (ข) ระยะเวลาการวัลคาไนซ์ (Cure time)

จากรูปที่ 3 (ก) ระยะเวลาของยางสก็อช พบว่า สารทำให้เกิดฟองส่งผลต่อระยะเวลาของยางสก็อช เมื่อเติมสารทำให้เกิดฟองผงการบูร (RCP) ระยะเวลาของยางสก็อชมีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้น และเมื่อเติมโซเดียมไบคาร์บอเนต พบว่าระยะเวลาของยางสก็อชมีแนวโน้มลดลงเทียบกับสูตรที่ไม่เติมสารเกิดฟอง (R)

จากรูปที่ 3 (ข) แสดงระยะเวลาการวัลคาไนซ์ของยางคอมปาวด์ที่ไม่ได้เติมและเติมสารทำให้เกิดฟอง พบว่า สารทำให้เกิดฟอง RCP และ RSD ระยะเวลาการวัลคาไนซ์ลดลงเมื่อสารทำให้เกิดฟองเพิ่มขึ้น ซึ่งสาร RCP ระยะเวลาการวัลคาไนซ์จะมากกว่าเมื่อเทียบกับยางคอมปาวด์ที่ไม่ได้เติมสารทำให้เกิดฟองแต่จะค่อย ๆ ลดลง และที่ RCP และ RSD เมื่อปริมาณ 10 phr ระยะเวลาการวัลคาไนซ์น้อยที่สุด เนื่องมาจากเมื่อเพิ่มปริมาณของสารทำให้เกิดฟองเกิดการสลายตัวของสารทำให้เกิดฟอง

สรุปผลและอภิปรายผล

สรุปผล

จากการศึกษาการเตรียมและสมบัติของการวัลคาไนซ์ของผงการบูรและโซเดียมไบคาร์บอเนต ทำหน้าที่เป็นสารทำให้เกิดฟอง (Blowing agent) ผสมกับยางธรรมชาติด้วยเครื่องผสมยางสองลูกกลิ้ง ทดสอบความหนืดของยาง และลักษณะการวัลคาไนซ์ พบว่า สารทำให้เกิดฟองส่งผลต่อค่าความหนืดของยาง เมื่อปริมาณสารทำให้เกิดฟองโซเดียมไบคาร์บอเนตเพิ่มขึ้น ค่าความหนืดของยางเพิ่มขึ้น ซึ่งตรงกันข้ามกับผงการบูรเมื่อปริมาณผงการบูรเพิ่มขึ้นค่าความหนืดของยางลดลง และลักษณะการวัลคาไนซ์ของยางคอมปาวด์ พบว่า ระยะเวลาในการวัลคาไนซ์ของยาง เมื่อเพิ่มปริมาณของสารทำให้เกิดฟองจะส่งผลให้ระยะเวลาในการวัลคาไนซ์ของยางลดลง โดยระยะเวลาในการวัลคาไนซ์ของยางที่เติมโซเดียมไบคาร์บอเนตที่ปริมาณ 10 phr มีค่าน้อยที่สุด ส่วนยางที่เติมการบูรมีระยะเวลาในการวัลคาไนซ์ที่มากกว่ายางที่เติมโซเดียมไบคาร์บอเนตเมื่อเทียบกับยางที่ไม่เติมสารทำให้เกิดฟอง

อภิปรายผล

1. ผลของการทดสอบความหนืดของยางดิบ

การเติมปริมาณสารทำให้เกิดฟองของผงการบูรส่งผลให้ค่าความหนืดของยางเพิ่มขึ้น จากงานวิจัยของวิทฐ วัฒนทรง (2554) พบว่า สารทำให้เกิดฟองสามารถรวมตัวกันได้ อาจเนื่องมาจากการกระจายตัวของสารทำให้เกิดฟองเมื่อปริมาณผงการบูรเพิ่มขึ้นส่งผลให้เกิดการรวมตัวเป็นกลุ่มก้อน (Aggregate) ทำให้เกิดการกระจายตัวได้ไม่ดี และลักษณะของผงการบูรสามารถจับตัวกันเองได้ เมื่ออุณหภูมิเหล่านี้รวมตัวกันจะมีขนาดใหญ่ขึ้นจึงส่งผลต่อค่าความหนืด และเมื่อมีการเติมปริมาณของโซเดียมไบคาร์บอเนตเป็นสารทำให้เกิดฟองเพิ่มขึ้นจะไม่ส่งผลต่อค่าความหนืด ซึ่งในกระบวนการผสมยางที่มีค่าความหนืดต่ำ แสดงว่ายางมีความสามารถในการไหลได้ดีและทำให้สารเคมีต่าง ๆ กระจายตัวได้ดี (สุนิสา หัวนา และคณะ, 2563) ลดการใช้พลังงานของเครื่องจักร

2. ผลของการทดสอบสมบัติการวัลคาไนซ์ของยางคอมปาวด์

พฤติกรรมการคงรูปของยางบ่งบอกถึงความแข็งของยางที่เพิ่มขึ้นและการเกิด Crosslink density ระหว่างยางกับสารเคมีต่าง ๆ จากผลการทดลองการเติมสารทำให้เกิดฟองส่งผลต่อการ Crosslink density โมเลกุลของยาง (สราวุธ ประเสริฐศรี และคณะ, 2559) จากรูปที่ 3 ระยะเวลาของยางสก็อชที่เพิ่มขึ้น อาจเนื่องมาจากการกระจายตัวของสารทำให้เกิดฟองในเนื้อยาง หากการกระจายตัวไม่ดีจะส่งผลต่อระยะเวลาของยางสก็อชเพิ่มขึ้น และระยะเวลาการวัลคาไนซ์ของยางคอมปาวด์เติมสารทำให้เกิดฟอง พบว่า ระยะเวลาการวัลคาไนซ์ลดลง เนื่องมาจากเมื่อเพิ่มปริมาณของสารทำให้เกิดฟองเกิดการสลายตัวของสารทำให้เกิดฟอง ส่งผลให้ฟองอากาศมีปริมาตรเพิ่มขึ้นในยางคอมปาวด์ทำให้ผนังเซลล์บางลงส่งผลให้ยางการวัลคาไนซ์เร็วขึ้น (ชินวินท์ แก้วนะ, 2560)

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะในการนำผลวิจัยไปใช้

- กระบวนการเตรียมยางผสมกับผงการบูรจะเกิดปัญหา คือ ผงการบูรจะติดกับลูกกลิ้งของเครื่องผสมยางสองลูกกลิ้งควรปรับระยะห่างระหว่างลูกกลิ้ง (Nip) ให้เหมาะสมจะลดการติดของสารบนลูกกลิ้งได้
- กระบวนการผสมควรใช้เวลาการผสมให้สั้นที่สุดอยู่ที่ประมาณ 13-15 นาที ทำการรักษาอุณหภูมิการผสมในคงที่ประมาณ 55-60 °C

ข้อเสนอแนะในการวิจัยต่อไป

1. ทดสอบสมบัติเชิงกล เช่น ความทนต่อแรงดึง ความทนต่อการฉีกขาด ค่าการกระด้างกระดอน เป็นต้น และตรวจสอบลักษณะทางสัณฐานวิทยาเพื่อดูลักษณะของรูพรุนที่เกิดขึ้น
2. ทำการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์เป็นแผ่นยางลดการกระแทกที่สามารถรับแรงกระแทกจากการใช้งานเพื่อเป็นผลิตภัณฑ์แผ่นปูพื้นสำหรับผู้สูงอายุ

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ขอขอบคุณสาขาวิชาวิศวกรรมยางและพอลิเมอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ ที่เอื้อเฟื้อสถานที่และอุปกรณ์สำหรับการทำวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- การยาง กรมวิชาการเกษตร. (2565). รายงานสถานการณ์ยางสำหรับผู้บริหาร ธันวาคม 2565. สืบค้นวันที่ 10 พฤษภาคม 2566, จาก <https://www.doa.go.th/rubber/?p=4938>.
- ชินวินท์ แก้วนะ. (2560). อิทธิพลของสัดส่วนการผสมของยางธรรมชาติ ยางอะครีโลไนไตรล์บิวทาไดอีน และสารเติมแต่งระดับนาโนต่อการเกิดโฟมยางบิวทาไดอีน (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารบัณฑิต). นครปฐม. มหาวิทยาลัยศิลปากร. สืบค้นจาก <http://ithesis-ir.su.ac.th/dspace/handle/123456789/1748>
- ตรีญา มุลชัย, เกียรติภูมิ นามวิเศษ, ครรชิต ดุมา. (2017). อิทธิพลของสารก่อฟองต่อสมบัติของ โฟมยางธรรมชาติที่ใช้รำสกัดน้ำมันเป็นสารตัวเติม. เชียงใหม่ : มหาวิทยาลัยแม่โจ้.
- ถ้วนานีตา ปาแซ, ภูวิตา ดาจุตา, ดาริกา จาเอะ. (2018). การพัฒนาวัสดุดูดซับเสียงจากโฟมยางธรรมชาติ. ยะลา : มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา.
- พงษ์ธร แซ่อูย. (2548). ยาง: ชนิด สมบัติและการใช้งาน. ปทุมธานี : ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ.
- วรารณ ขจรไชยกูล. (2549). ยางธรรมชาติ: การผลิตและการใช้งาน. กรุงเทพฯ : หจก. ซีโนทีไซน์ จำกัด.
- วรารณ ขจรไชยกูล. (2554). ผลิตภัณฑ์ยาง: กระบวนการผลิตและเทคโนโลยี (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ : บริษัท ซีโน พับลิชชิ่ง (ประเทศไทย) จำกัด.
- วิฑูร วิมลทรง. (2554). การศึกษาสมบัติเชิงกลและสมบัติการนำความร้อนของวัสดุคอมพอสิตระหว่างผงซีลีออยไมกับพอลิคาบอเนต (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารบัณฑิต). นครปฐม. มหาวิทยาลัยศิลปากร. สืบค้นจาก http://www.thapra.lib.su.ac.th/objects/thesis/fulltext/snamcn/Wittawut_Vimolsong/fulltext.pdf
- สมาคมยางพารา. (2565). บทวิเคราะห์สถานการณ์ยางพารา เมษายน 2565. สืบค้นวันที่ 11 พฤษภาคม 2566, จาก <https://www.thainr.com/th/index.php?detail=situation>.
- สรารุช ประเสริฐศรี, กนกวรรณ กุระกนก, นัฐพล สุขพันธ์, ปราณี นัยหนู. (2559). ผลของอัตราส่วนยางครัมป์และแคลเซียมคาร์บอเนตต่อสมบัติเชิงกลและทางความร้อนของยางผสมระหว่างยางเอทิลีนโพรพิลีนไดอีนและยางธรรมชาติอีพ็อกไซด์. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, 18 (3), 50-59.
- สุนิสา ห้วนนา, มณฑนา สงไข, วัชรินทร์ สายน้ำใส. (2563). การศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้น้ำมันที่ได้จากพืชเป็นน้ำมันช่วยแปรรูปสำหรับการผลิตยางธรรมชาติคอมพาวด์. วารสารเกษตรพระจอมเกล้า, 38 (4), 434-440.