การพัฒนาสูตรยางฟองน้ำจากน้ำยางธรรมชาติเพื่อผลิตสื่อการสอนสำหรับเด็ก

กูซูซานา ยาวออาซัน
ภาควิชาวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์ฮาลาล คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยฟาฏอนี

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสูตรยางและปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนตที่เหมาะสมสำหรับการเตรียมฟองน้ำจากน้ำยางธรรมชาติเพื่อผลิตสื่อการสอนสำหรับเด็ก โดยการนำยางคอมปาวด์สูตรที่ 1 มาทำการบ่มเป็นระยะเวลา 32 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส จากนั้น กวนอย่างช้า ๆ ด้วยเครื่องตีขนมเค้ก (ในเวลาเดียวกันได้เติมสาร DPG,ZMBT, ZDEC, Sulphur, SFF ตามลำดับ) เทฟองน้ำที่ได้ลงในเบ้ารอจนเกิดการเจลภายใต้อุณหภูมิห้อง และนำไปอบในตู้อบลมร้อน จนได้ฟองน้ำที่สุกสมบูรณ์ และได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบคุณสมบัติทางกายภาพของฟองน้ำสูตรที่ใช้แคลเซียมคาร์บอเนตและเคลย์เป็นสารตัวเติม โดยวิธีการแบบดันลอป ที่ปริมาณ 0, 15 และ 30 phr ผลจากการศึกษาพบว่า การใช้สารตัวเติมแคลเซียมคาร์บอเนตในการเตรียมฟองน้ำจากยางธรรมชาติดีกว่าการใช้สารตัวเติมเคลย์ เนื่องจากสารตัวเติมแคลเซียมคาร์บอเนตให้ฟองน้ำที่มีคุณสมบัติดี ผิวเรียบ เกิดการเจลได้เร็ว และฟองน้ำไม่เกิดการหดตัว ดังนั้น แคลเซียมคาร์บอเนตจึงเป็นสารตัวเติมที่ลดต้นทุนในการผลิตโดยแปรปริมาณในระดับ 50, 100 และ 150 phr พบว่าสามารถผสมสารตัวเติมแคลเซียมคาร์บอเนตในปริมาณสูง 100 phr โดยฟองน้ำยังมีคุณสมบัติเด่น และสามารถนำไปแปรรูปเป็นสื่อการสอนได้

คำสำคัญ : น้ำยางธรรมชาติ, แคลเซียมคาร์บอเนต, ฟองน้ำ, สื่อการสอน

The development of natural rubber sponge formulations as teaching media for children

Kususana Yaworasan
Department of Research and Development of Halal Products,
Science and Technology Faculty, Fatoni University

ABSTRACT

This research aims to study the appropriate rubber and calcium carbonate for the preparation of natural latex sponges formulations as teaching material for children. The first rubber compound was incubate for 32 hours at 25 ºC and use the eegwhick to slowly stir the rubber (At the same time pour DPG,ZMBT, ZDEC, Sulphur, SFF respectively). Next, Pour the sponges into the crucible and leave them when they become gelled and Bring a sponge into Hot Air Oven. Then, the rubber turned to be a complete sponge. The study comparison of the physical properties of natural rubber latex have a calcium carbonate and clay was filler with Dunlop process as adding different amount at 0, 15 and 30 phr. It was found the preparation of natural rubber sponge from filler as calcium carbonate is better than clay. Because calcium carbonate filler could be made a good properties smooth skin surface the gel quickly and sponge don't shrink so that the calcium carbonate is a filler to reduce the cost of produce and the difference amount at 50, 100 and 150 phr. It is possible to mix calcium carbonate amount at 100 phr. that The sponge also has good proparties and can be formulations into teaching media.

Keywords: natural rubber, calcium carbonate, sponges, teaching media

บทนำ

เกษตรกรในพื้นที่ภาคใต้ตอนล่างมากกว่าร้อยละ 90 จะประกอบอาชีพกรีดยาง การจำหน่ายยางของเกษตรกรชาวสวนยางร้อยละ 100 จะจำหน่ายในรูปวัตถุดิบ เช่น น้ำยางสด ยางแผ่นดิบ และยางก้อนถ้วย ยังไม่มีเกษตรกรกลุ่มใดที่สามารถนำยางธรรมชาติซึ่งเป็นวัตถุดิบที่ตนเองมีอยู่มาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ที่สามารถจำหน่ายได้ในมูลค่าที่สูงกว่าการจำหน่ายยางในรูปของวัตถุดิบได้ ทั้งๆที่ยางธรรมชาติสามารถแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ได้หลากหลายชนิด เช่น ผลิตภัณฑ์งานจุ่ม ผลิตภัณฑ์งานหล่อเบ้าและผลิตภัณฑ์ฟองน้ำเป็นต้น (สุรศักดิ์, 2551)

ปัจจุบันรูปแบบการจัดการเรียนการสอนและการพัฒนาทักษะการคิดและพัฒนาการด้านต่าง ๆ ของเด็กมีการเปลี่ยนแปลงจากอดีตเนื่องจากความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีตามพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 ได้มีบทบัญญัติที่เกี่ยวข้องกับเทคโนโลยีการศึกษาและนวัตกรรมการศึกษาไว้หลายมาตรา มาตราที่สำคัญคือ มาตรา 67 รัฐต้องส่งเสริมให้มีการวิจัยและพัฒนาการผลิตและพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อการศึกษาวิธีหนึ่งของกระบวนจัดการเรียนรู้ คือ การผลิตสื่อทางการศึกษา สื่อเป็นตัวกลางที่ผู้เลี้ยงดูเด็กนำมาช่วยในการถ่ายทอดความรู้ประสบการณ์ และทักษะไปสู่เด็กได้อย่างมีประสิทธิภาพ (ราชบัณฑิตยสถาน, 2542) สื่อเรียนรู้ที่ใช้สำหรับพัฒนาทักษะและพัฒนาการของเด็กที่มีอายุระหว่าง 2 ปี – 7 ปี ที่นิยมอย่างหนึ่ง คือ สื่อชิ้นงานตัวอักษร พยัญชนะ สระ และสัตว์ เป็นต้น ดังแสดงในรูปที่ 1 จึงมีความจำเป็นต้องศึกษา สี กลิ่น และสารก่อภูมิแพ้ ที่เกิดจากยางธรรมชาติ โดยแปรรูปจากพอลิเมอร์สังเคราะห์พอลิเอทิลีนไวนิลอะซิเตต (Polyethylenevinylacetate, EVA) ซึ่งจำเป็นต้องผ่านกระบวนการผสม และฉีดขึ้นรูป (Injection moulding) ด้วยเครื่องมือในระดับอุตสาหกรรม โดยชิ้นงานจะมีลักษณะเป็นแผ่นเรียบและมีรูพรุนเล็ก ๆ ด้านในคล้ายฟองน้ำ

รูปที่ 1 ลักษณะสื่อการสอนจากพอลิเอทิลีนไวนิลอะซิเตต (Polymethylenevinylacetate, EVA)

ฟองน้ำเป็นผลิตภัณฑ์ที่นิยมแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์เฟอร์นิเจอร์และที่นอน ซึ่งสามารถแปรรูปจากวัสดุพอลิเมอร์สังเคราะห์ และยางธรรมชาติ ฟองน้ำจากยางธรรมชาติจะมีสมบัติเด่นกว่า พอลิเมอร์สังเคราะห์หลายประการด้วยกัน เช่น ความสามารถในการคืนตัวได้ดี มีความยืดหยุ่นสูงและเหมาะต่อการแปรรูปเพื่อเป็นที่นอนสุขภาพที่ปลอดจากไรฝุ่น จึงเป็นที่นิยมในกลุ่มผู้บริโภคที่เน้นสุขภาพเป็นหลัก แต่เนื่องจากชิ้นงานมีขนาดใหญ่ และจำเป็นต้องใช้เทคโนโลยีชั้นสูงอื่น ๆ เพิ่มเติม เพื่อให้ชิ้นงานที่ได้มีความสวยงามและมีคุณภาพตามที่กลุ่มผู้บริโภคต้องการ ส่งผลให้ ณ ปัจจุบัน เกษตรกรหรือกลุ่มเกษตรก็ยังไม่สามารถที่จะแปรรูปผลิตภัณฑ์จากยางธรรมชาติไว้เพื่อจำหน่ายในรูปแบบเชิงพาณิชย์ได้

แนวความคิดและการค้นคว้า ทดลอง เพื่อผลิตยางรูพรุนสำหรับใช้งานในด้านต่าง ๆ มีมานานแล้ว หลักการพื้นฐานของการทำยางที่มีรูพรุนได้ประสบความสำเร็จอย่างชัดเจน เมื่อประมาณปี ค.ศ. 1929 ซึ่งเป็นเทคนิคที่เรียกว่า กระบวนการแบบดันลอป หรือกระบวนการซิลิโคฟลูออไรด์ ซึ่งเป็นที่นิยมอย่างแพร่หลายในการผลิตยางฟองน้ำ ประกอบด้วย การทำให้น้ำยางธรรมชาติเข้มข้นขั้นแรกทำการไล่แอมโมเนียในน้ำยางให้ได้ตามปริมาณที่ต้องการ (Klempnerb and Frisch,

1991) และเป็นฟองด้วยการใช้เครื่องกลตีหรือปั่นอากาศเข้าไปในน้ำยางที่มีส่วนผสมของสารเคมีต่าง ๆ อย่างเหมาะสมเมื่อได้ฟองดีแล้วจึงเติมสารเคมีที่จะช่วยให้เกิดเจลอย่างช้า ๆ (Delayed - action gelling agent) เพื่อให้ฟองเหลวได้มีเวลาฟอร์มรูปร่างตามแบบของเบ้าก่อนเกิดการเจล จากนั้น จึงวัลคาไนซ์ฟองเจลที่เปียกแล้วนำฟองยางที่ได้มาล้าง อบแห้งและตกแต่งในขั้นสุดท้ายต่อไป (Morton, 1995)

สำหรับวิธีการอื่น ๆ ที่มีการค้นคว้า และยังคงมีการผลิตกันในปัจจุบัน ได้แก่วิธีการของ Joseph Talalay ซึ่งคิดค้นราวปี ค.ศ. 1936 เรียกว่า "กระบวนการแบบทาลาเลย์" (Talalay process) (Blackley, 1997) ซึ่งกระบวนการนี้ได้มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง นอกจากนี้กระบวนการผลิตฟองน้ำสามารถแปรรูปผ่านกระบวนการอื่น ๆ ได้อีกเช่น กระบวนการรีเวอเท็ก (Revertex process) (Blackley, 1997) เป็นต้น

เสาวนีย์ (2547) ได้ทำการศึกษาความหนืดของน้ำยางต่อการทำยางฟองน้ำ พบว่า ความหนืดของน้ำยางมีผลต่อพฤติกรรมการเตรียมฟองยางและคุณสมบัติของยางฟองน้ำ

เสาวนีย์ และคณะ (2548) ได้ทำการศึกษาแคลเซียมคาร์บอเนตในรูปที่กระจายตัวในของเหลว 72.6% นำมาใส่ในส่วนผสมน้ำยางธรรมชาติข้นชนิดแอมโมเนียต่ำ เพื่อศึกษาความสามารถในการนำมาใช้เป็นสารตัวเติมในการทำยางฟองน้ำ พบว่า น้ำยางธรรมชาติข้นที่ใส่สารตัวเติมแคลเซียมคาร์บอเนตที่ปริมาณต่าง ๆ (30, 60, 90, 120, 150 และ 200 phr) มีผลทำให้ความหนืดของน้ำยางเพิ่มสูงขึ้น และความตึงผิวของน้ำยางค่อย ๆ เพิ่มขึ้น กระบวนการแบบดันลอป สามารถทำยางฟองน้ำที่มีลักษณะรูปร่างดี ผิวเรียบ

ธีรสุดา และคณะ (2550) ได้ศึกษาสูตรยางเพื่อทำรองเท้าวัวใช้รักษาอาการบาดเจ็บที่กีบเท้าเลือกใช้ยางธรรมชาติแบบแท่ง พบว่า สูตรที่ใช้เรซินร่วมกับเขม่าดำมีค่าความแข็งและความต้านทานต่อแรงกดสูงกว่าสูตรที่ใช้เรซินร่วมกับเส้นใยและซิลิกา ตามลำดับ จากการทดสอบใช้งานเบื้องต้น พบว่า สูตรที่ใช้เรซินร่วมกับเขม่าดำจะมีการยึดติดได้ดีกว่าสูตรที่ใช้เส้นใยสั้นร่วมกับเขม่าดำ

เสาวนีย์ และคณะ (2548) ศึกษากากขี้แป้งจากอุตสาหกรรมน้ำยางข้นมาใช้เป็นสารตัวเติมในน้ำยางธรรมชาติและซีเมนต์ โดยแปรปริมาณของกากแป้ง ที่ระดับ 0, 250, 500, 750 และ 1000 phr. พบว่า เมื่อเพิ่มปริมาณกากขี้แป้งทำให้ระยะเวลาการเซ็ทตัวและเปอร์เซ็นการหดตัวของพอลิเมอร์คอมโพสิทมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ส่วนความต้านทานต่อแรงกดมีแนวโน้มลดลง เมื่อปล่อยให้เกิดการเซ็ทตัวที่ระยะเวลา 7 วัน 14 วัน และ 28 วัน พบว่า ความต้านทานต่อแรงกดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาที่ปล่อยให้เกิดการเซ็ทตัว

ดังนั้นงานวิจัยนี้มีความสนใจที่จะต่อยอดงานวิจัยแปรรูปสื่อการสอนและสื่อพัฒนาทักษะการคิดและพัฒนาการของเด็กจากยางธรรมชาติ โดยจะศึกษาต่อยอดเพิ่มเติมเพื่อพัฒนาสูตรยางที่ใช้ในการแปรรูปชิ้นงานสื่อการสอนและสื่อพัฒนาทักษะการคิดและพัฒนาการของเด็กจากยางธรรมชาติ ด้วยการแปรรูปในระดับสเกลที่ใหญ่ขึ้น และศึกษาถึงชนิดและปริมาณสารตัวเติมที่ใส่ลงไปในสูตรยางเพื่อลดต้นทุนในการผลิต และสามารถแปรรูปได้ง่ายเหมาะต่อศักยภาพของเกษตรกรหรือกลุ่มเกษตรกร ในการพัฒนาและแปรรูปเพื่อจำหน่ายในเชิงพาณิชย์ได้

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาสูตรยางและปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนตที่เหมาะสมสำหรับการเตรียมฟองน้ำจากน้ำยางธรรมชาติ เพื่อนำมาใช้สร้างสื่อสำหรับการสอนสำหรับเด็ก

ระเบียบวิธีวิจัย

1. ศึกษาสูตรยางคอมปาวด์ที่เหมาะสมต่อการเตรียมฟองน้ำ

ทำการผสมน้ำยางและสารเคมีสูตรต่าง ๆ ดังตารางที่ 1 จากนั้นนำน้ำยางคอมปาวด์แต่ละสูตรทำการบ่มที่อุณหภูมิห้องเป็นระยะเวลา 16 – 48 ชั่วโมง โดยทำการทดสอบระดับของการพรีวัลคาไนซ์ โดยการวัด Chloroform number test การผสมน้ำยางคอมปาวด์กับคลอโรฟอร์มในปริมาณเท่าๆ กัน กวนจนยางจับตัวเป็นก้อน สังเกตก้อนยางจับตัว สามารถจัดเกรดก้อนยางดังตารางที่ 2

ตารางที่ 1 สารเคมีที่ใช้เตรียมน้ำยางคอมปาวด์

สารเคมี	ปริมาณที่ใช้ (กรัม)
60% HA	100
20% Potassium oleate	1
50% Sulphur dispersion	2
50% ZDEC dispersion	1
50% ZMBT dispersion	1
50% Wingstay L dispersion	1
50% ZnO dispersion	3.5
50% DPG dispersion	2.5
75% Calcium Carbonate dispersion	30
20% SFF dispersion	1.1

ตารางที่ 2 ลำดับเกรดก้อนยาง

No.	ลักษณะก้อนยาง
1	ก้อนยางเหนียวเหมือนหมากฝรั่ง เมื่อยืดออกเป็นใย
2	ยางจับตัวเป็นก้อนเดียวกัน ยืดออกน้อย เมื่อดึงยืดแล้วขาด
3	ก้อนยางไม่เหนียว ขาดออกจากกันได้ง่าย
4	ก้อนยางเป็นผงร่วน

หมายเหตุ: No.2 เป็นน้ำยางคอมปาวด์ที่เหมาะสม ต่อการนำไปใช้

2. ศึกษาสมบัติเชิงกลของแผ่นฟิล์มยางธรรมชาติ

เมื่อได้ระยะเวลาการบ่มที่เหมาะสมของน้ำยางคอมปาวด์สูตรต่าง ๆ จากนั้นนำน้ำยางคอมปาวด์แต่ละสูตรที่ผ่านการบ่มที่ระยะเวลาเหมาะสม จากข้อ 1 มาเตรียมเป็นแผ่นฟิล์มด้วยวิธีการ Casting บนแผ่นกระจกแล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 30, 60 และ 90 นาที จากนั้นนำแผ่นฟิล์มที่ได้ไปตัดเป็นชิ้นทดสอบรูปดัมเบลเพื่อนำไปทดสอบสมบัติเชิงกล ความต้านทานต่อแรงดึงยืดความสามารถในการยืดจนขาดและค่า 300% โมดูลัส ตามมาตรฐาน ASTM-D412 ด้วยเครื่อง Tensile Testing (Tensomer)

3. ศึกษาวิธีการที่เหมาะสมในการเตรียมฟองน้ำ

ตารางที่ 3 สูตรยางคอมปาวด์ที่ใช้เตรียมฟองน้ำ

สารเคมี	สูตร Phr		
	1	2	3
60% HA	100	100	100
20% Potassium oleate	1	1	1
50% Sulphur dispersion	2	2	2
50% ZDEC dispersion	1	1	-
50% ZMBT dispersion	1	-	1
50% Wingstay L dispersion	1	1	1
50% ZnO dispersion	3.5	3.5	3.5
50% DPG dispersion	2.5	2.5	2.5

4. ศึกษาผลของชนิดและปริมาณสารตัวเติมต่อคุณสมบัติของการเตรียมฟองน้ำ

เตรียมฟองน้ำจากน้ำยางคอมปาวด์ และสูตรยาง ดังตารางที่ 3 ตามวิธีการที่เหมาะสมที่ได้จากข้อ 3 โดยทำการศึกษาปริมาณสารตัวเติมแคลเซียมคาร์บอเนตและเคลย์ที่ปริมาณต่าง ๆ และนำมาเปรียบเทียบความสามารถในการเตรียมฟองน้ำและคุณสมบัติของฟองน้ำที่เตรียมได้ในแต่ละสูตร

5. ศึกษาหาปริมาณสูงสุดของสารตัวเติมที่สามารถเติมลงไปในฟองน้ำ

เนื่องจากงานวิจัยมีความประสงค์ต้องการลดต้นทุนของผลิตภัณฑ์ฟองน้ำ โดยการผสมสารตัวเติมแคลเซียมคาร์บอเนตสูตรที่เหมาะสมมาทำการศึกษาเพื่อแปรปริมาณสารตัวเติมในระดับต่างๆ ที่สูงขึ้น (50, 100 และ 150 phr) จากนั้นศึกษาความสามารถในการเตรียมฟองน้ำและคุณสมบัติของฟองน้ำที่เตรียมได้ในแต่ละสูตร

6. ศึกษาคุณสมบัติของฟองน้ำที่จะใช้เตรียมสื่อการสอน

ผลการวิจัย

1. ศึกษาสูตรยางคอมปาวด์ที่เหมาะสมต่อการเตรียมฟองน้ำ ดังตารางที่ 4

จากตารางที่ 4 พบว่า น้ำยางคอมปาวด์สูตรที่ 1 จะมีระดับของการพรีวัลคาไนซ์ที่เหมาะสมต่อการไปใช้งานได้ดีที่สุด เนื่องจากน้ำยางคอมปาวด์สูตรที่ 1 จะมีการผสมสารเคมีตัวเร่งปฏิกิริยาร่วมทั้งสารตัวเร่งที่ cure ได้ช้า ปานกลาง และเร็ว โดยใช้เวลาในการบ่มน้อยที่สุด คือ 32 ชั่วโมง ในการศึกษาครั้งนี้ ผู้วิจัยจึงเลือกน้ำยางคอมปาวด์สูตรที่ 1 เพื่อใช้ในการศึกษาและเตรียมฟองน้ำในการทดลองต่อไป

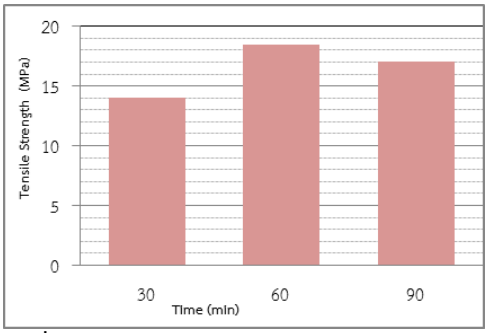
ตารางที่ 4 ติดตามระดับการพรีวัลคาไนซ์ของน้ำยางสูตรต่าง ๆ

ระยะเวลาบ่ม (ชั่วโมง)	เกรดก้อนยาง		
	สูตร 1	สูตร 2	สูตร 3
16	N0.1	N0.1	N0.1
32	N0.2	N0.1	N0.1
48	N0.3	N0.2	N0.2
64	N0.3	N0.3	N0.3

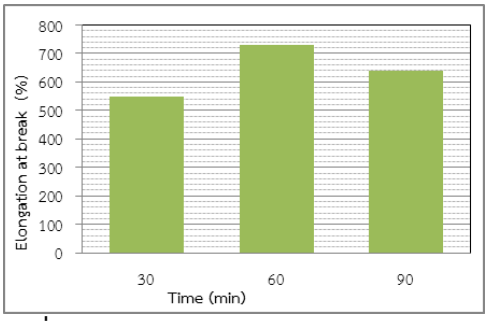
*** หมายเหตุ:** ระดับการพรีวัลคาไนซ์ของน้ำยางคอมปาวด์ที่เหมาะสมต่อการนำไปใช้งานคือ เกรดก้อนยาง No. 2.

2. ผลการศึกษาสมบัติเชิงกลของแผ่นฟิล์มจากยางธรรมชาติ

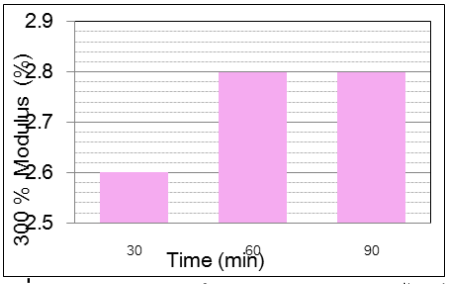
จากรูปที่ 2, 3 และ 4 พบว่า ยางวัลคาไนซ์ที่ให้ความร้อนด้วยการอบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลา 30 และ 90 นาที จะได้สมบัติเชิงกลค่อนข้างด้อย เนื่องจากเกิดการเชื่อมโยงของพันธะไม่แข็งแรง และเกิดการเสียหายของพันธะ หรือเกิด reversion ที่ระยะเวลา 60 นาที จะให้สมบัติเชิงกลดีที่สุด เนื่องจากยางสามารถเกิดการวัลคาไนซ์ได้สมบูรณ์ที่สุด



รูปที่ 2 ค่าความต้านทานต่อแรงดึงยืดของยางวัลคาไนซ์ที่ระยะเวลาการวัลคาไนซ์ระดับต่าง ๆ



รูปที่ 3 ค่าสามารถในการยืดจนขาดของยางวัลคาไนซ์ที่ระยะเวลาการวัลคาไนซ์ระดับต่าง ๆ



รูปที่ 4 ค่า 300% โมดูลัสของยางวัลคาไนซ์ที่ระยะเวลาการวัลคาไนซ์ระดับต่าง ๆ

3. ศึกษาวิธีการที่เหมาะสมในการเตรียมฟองน้ำจากน้ำยางธรรมชาติ

จากการศึกษา พบว่า วิธีที่จะทำให้ได้ฟองน้ำมีคุณสมบัติทางกายภาพดี คือ การนำน้ำยางคอมปาวด์ตามสูตรที่ 1 ดังตารางที่ 3 มาทำการบ่มเป็นระยะเวลา 32 ชั่วโมงภายใต้อุณหภูมิห้องและกวนอย่างช้า ๆ อย่างต่อเนื่องตลอดระยะเวลาการบ่ม และในระหว่างทำการบ่มจะผสมสารเคมีเกือบทั้งหมดเข้าด้วยกัน และตามหลังด้วย DPG, ZMBT, ZDEC, Sulphur และ SFF ตามลำดับ เมื่อทำการเตรียมฟองน้ำด้วยเครื่องตีขนมเค้กเป็นที่เรียบร้อยแล้ว เทฟองน้ำที่ได้ลงในเบ้าและรอจนเกิดการเจลภายใต้สภาวะปกติที่อุณหภูมิห้อง ดังรูปที่ 5 เมื่อชิ้นงานเกิดการเจลอย่างสมบูรณ์ จากนั้นใส่น้ำให้หล่อในเบ้าประมาณ 10 นาที จึงแกะชิ้นงานออกจากเบ้าแล้วนำไปอบในตู้อบลมร้อนที่ อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 60 นาที จนได้ฟองน้ำที่สุกอย่างสมบูรณ์ ดังรูปที่ 6

รูปที่ 5 ลักษณะฟองน้ำเมื่อเกิดการเจลในเบ้า (ขนาด 20 cm × 30 cm)

รูปที่ 6 ลักษณะชิ้นงานฟองน้ำที่ผ่านการอบแห้ง (ขนาด 20 cm × 30 cm)

4. ผลของชนิดและปริมาณสารตัวเติมต่อสมบัติของการเตรียมฟองน้ำ

จากตารางที่ 5 และ 6 พบว่า การใช้สารตัวเติมแคลเซียมคาร์บอเนตในการเตรียมฟองน้ำจากยางธรรมชาติดีกว่าการใช้สารตัวเติมเคลย์ เนื่องจากได้ฟองน้ำที่มีคุณสมบัติดีและผิวเรียบ และระยะเวลาในการเกิดเจลเร็ว ทำให้ฟองน้ำไม่เกิดการหดตัว ดังนั้นในการศึกษาในลำดับต่อไปจึงเลือกใช้สูตรที่ผสมสารตัวเติมแคลเซียมคาร์บอเนต

ตารางที่ 5 คุณสมบัติทางกายภาพของฟองน้ำสูตรที่ใช้แคลเซียมคาร์บอเนตเป็นสารตัวเติม

สมบัติทางกายภาพ	$CaCO_3$ (phr)		
	0	15	30
ลักษณะการเกิดฟอง	ง่าย ละเอียด สม่ำเสมอ	ง่าย ละเอียด สม่ำเสมอ	ง่าย ละเอียด สม่ำเสมอ
ความสูงของฟอง (เท่า)	5	4.5	4
ระยะเวลาการเจล (นาที)	4	3	3
ลักษณะฟองน้ำหลังวัลคาไนซ์	หดตัวน้อย นิ่ม ผิวหน้าเรียบ	หดตัวน้อย นิ่ม ผิวหน้าเรียบ	หดตัวน้อย นิ่ม ผิวหน้าเรียบ

ตารางที่ 6 คุณสมบัติทางกายภาพของฟองน้ำสูตรที่ใช้เคลย์เป็นสารตัวเติม

สมบัติทางกายภาพ	Clay (phr)		
	0	**15**	**30**
ลักษณะการเกิดฟอง	ง่าย ละเอียด สม่ำเสมอ	ง่าย ละเอียด สม่ำเสมอ	ง่าย ละเอียด สม่ำเสมอ
ความสูงของฟอง (เท่า)	5	4.5	4
ระยะเวลาการเจล (นาที)	4	5	7
ลักษณะฟองน้ำหลังวัลคาไนซ์	หดตัวน้อย นิ่ม ผิวหน้าเรียบ	หดตัว นิ่ม ผิวหน้าเรียบ	หดตัว แข็งเล็กน้อย ผิวหน้าเรียบ

5. ศึกษาหาปริมาณสูงสุดของสารตัวเติมที่สามารถเติมลงไปในฟองน้ำ

จากตารางที่ 7 พบว่า ยิ่งเพิ่มปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนตเพิ่มขึ้นจะทำให้ความเป็นฟองน้ำลดลง เนื่องจากฟองน้ำจะแข็งและไม่ยืดหยุ่น ซึ่งสูตรที่เหมาะสมในการเตรียมฟองน้ำ ให้มีคุณสมบัติใกล้เคียงกับทางการค้าที่นำมาทดสอบเปรียบเทียบ สามารถเตรียมได้ง่าย และระยะเวลาการเจลเหมาะสม คือ สูตรที่ผสมแคลเซียมคาร์บอเนตในปริมาณ 100 phr ส่วนการผสมแคลเซียมคาร์บอเนตในปริมาณ 150 phr และ 200 phr จะทำให้ลักษณะฟองน้ำหลังการวัลคาไนซ์มีลักษณะแข็ง และแข็งเปราะ ตามลำดับ ไม่เหมาะต่อการนำไปเตรียมเป็นฟองน้ำเพื่อเตรียมเป็นสื่อเรียนรู้

ตารางที่ 7 สมบัติของฟองน้ำที่ผสมแคลเซียมคาร์บอเนตในปริมาณต่าง ๆ

$CaCO_3$ (phr)	สมบัติ			
	ลักษณะการเกิดฟอง	ความสูงของฟอง (เท่า)	ระยะเวลาการเจล (นาที)	ลักษณะฟองน้ำหลังวัลคาไนซ์
50	ง่าย ละเอียด และสม่ำเสมอ	3	3	หดตัวน้อย แข็งเล็กน้อย ผิวหน้าเรียบ
100	ง่าย ละเอียด และสม่ำเสมอ	3	3	หดตัวน้อย แข็งเล็กน้อย ผิวหน้าเรียบ
150	ยากขึ้น ไม่สม่ำเสมอ	2	2	หดตัวมาก ค่อนข้างแข็ง ผิวหน้าเรียบ
200	ยาก ไม่สม่ำเสมอ	1.5	2	หดตัวมาก แข็งเปราะ ผิวหน้าเรียบ

6. ศึกษาสมบัติของฟองน้ำที่จะใช้เตรียมสื่อการสอน

จากผลการทดลองดังตารางที่ 8 เมื่อทำการเปรียบเทียบระหว่างฟองน้ำที่เตรียมจากยางธรรมชาติชนิดที่ผสมสารตัวเติมแคลเซียมคาร์บอเนตในปริมาณ 100 phr โดยตัดชิ้นงานเป็นรูปดาว ดังรูปที่ 7 กับชนิดที่ไม่ผสมสารตัวเติมแคลเซียมคาร์บอเนต พบว่า ฟองน้ำที่ไม่ผสมสารตัวเติมแคลเซียมคาร์บอเนตจะมีน้ำหนักเบามาก (หรือความหนาแน่นน้อย) และนิ่ม ทำให้ความสามารถในการคืนตัวดีกว่า แต่เนื่องจากความนิ่มของฟองน้ำดังกล่าวมากเกินไปทำให้เกิดอุปสรรค์ในการตัดเป็นชิ้นตัวอย่าง และตัวอย่างที่ได้มีความสามารถในการทรงตัวน้อย

ตารางที่ 8 เปรียบเทียบสมบัติของฟองน้ำสูตรที่ดีที่สุดที่เตรียมได้จากการทดลองกับฟองน้ำที่ใช้แปรรูปสื่อเรียนรู้ที่จำหน่ายเชิงการค้าและฟองน้ำจากยางธรรมชาติสูตรที่ไม่ผสมสารตัวเติม

สมบัติ	ฟองน้ำผสม $CaCO_3$ 100 phr	ฟองน้ำไม่ผสม $CaCO_3$	ฟองน้ำแปรรูปสื่อการสอนเชิงการค้า
ความแข็ง	แข็งปานกลาง	นิ่ม	แข็งปานกลาง
ความหนาแน่น (g/cm^3)	0.58	0.22	0.47
ความสามารถในการคืนตัว (%)	26.7	3.2	28.5

รูปที่ 7 ฟองน้ำที่เตรียมจากยางธรรมชาติชนิดที่ผสมสารตัวเติมแคลเซียมคาร์บอเนตในปริมาณ 100 phr. (ขนาด 15cm × 15cm)

สรุปและอภิปรายผล

จากการศึกษาพบว่า ฟองน้ำสามารถเตรียมให้มีคุณสมบัติที่หลากหลายตามความต้องการของผู้ผลิต โดยการแปรปริมาณสารตัวเติมแคลเซียมคาร์บอเนต ที่ปริมาณต่าง ๆ (50, 100, 150 และ 200 phr.)

จากการศึกษาสูตรยางคอมปาวด์ที่เหมาะสมต่อการเตรียมฟองน้ำ พบว่า น้ำยางคอมปาวด์สูตรที่ 1 มีระดับการพรีวัลคาไนซ์ที่เหมาะสมต่อการใช้งานได้ดีที่สุด โดยใช้ระยะเวลาการบ่ม 32 ชั่วโมง

จากผลการศึกษาเชิงกล (Tesile Strenght, Elongation at break (%), 300% Modulus (%)) พบว่า ยางวัลคาไนซ์ที่ให้ความร้อนด้วยการอบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซียลเซียส ที่ระยะเวลา 60 นาที จะให้สมบัติเชิงกลที่ดีที่สุด เนื่องจากยางเกิดการวัลคาไนซ์ได้ดีที่สุด

จากการศึกษาวิธีการที่เหมาะสมในการเตรียมฟองน้ำจากน้ำยางธรรมชาติ พบว่า การบ่มที่เวลา 32 ชั่วโมง ภายใต้อุณหภูมิห้องและกวนอย่างช้า ๆ พร้อมผสมสารเคมี (DPG, ZMBT, ZDEC, Sulphur) เข้าด้วยกันตามลำดับ ด้วยเครื่องตีขนมเค้ก เทฟองน้ำที่ได้ลงในเบ้ารอเกิดการเจล นำไปอบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 60 นาที จะได้ฟองน้ำสุกสมบูรณ์

จากผลการศึกษาของชนิด และปริมาณสารตัวเติมต่อสมบัติของการเตรียมฟองน้ำ พบว่า เมื่อเพิ่มปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนต> 100 phr ทำให้ความเป็นฟองน้ำลดลง ฟองน้ำแข็งและไม่ยืดหยุ่น ซึ่งสูตรที่เหมาะสมในการเตรียมฟองน้ำ ให้มีคุณสมบัติใกล้เคียงกับทางการค้าที่นำมาทดสอบเปรียบเทียบ สามารถเตรียมได้ง่าย และระยะเวลาการเจลเหมาะสม คือ สูตรที่ผสมแคลเซียมคาร์บอเนตในปริมาณ 100 phr ส่วนการผสมแคลเซียมคาร์บอเนตในปริมาณ 150 phr และ 200 phr จะทำให้ลักษณะฟองน้ำหลังการวัลคาไนซ์มีลักษณะแข็งและแข็งเปราะตามลำดับ ไม่เหมาะต่อการนำไปเตรียมเป็นฟองน้ำเพื่อเตรียมเป็นสื่อการสอนสำหรับเด็กได้

ข้อเสนอแนะ

จากผลงานวิจัยนี้สามารถใช้เป็นความรู้เบื้องต้น เพื่อสร้างความเข้าใจต่อกระบวนการเตรียมฟองน้ำเพื่อให้ได้คุณสมบัติที่หลากหลายตามความต้องการของผู้ผลิต อาจมีการปรับปรุง

สัดส่วนของสารบางตัวเพื่อให้ได้ฟองน้ำที่มีคุณสมบัติที่ดีที่สุดและลดต้นทุน

References

Blackley, D.C. (1997a). **Polymer Latices Science and Technology Vol.3. Latex Foam Rubber,** Second Edition, Chapman & Hall, London, 283.

D. Klempner and K.C. Frisch. (1991). **Handbook of Polymeric Foam and Foam Technology,** Eds., D. Klempner and K.C. Frisch, Hanser Publishers, Munich, Germany, 1991, p.1.

Morton, M. (1997). **Rubber Techno-logy** Second Edation, VanNostrandRein l-hald Company, Newyork, 422.

Rajchabandittayasatan. (1999). **Provision Report Related to Educational Technology and Educational Innovation.** retrieved from: https://krupatom.com/Elementary-school Educational Innovation.

Saowanee Korwuttikunrangsri and others. (2004). **The Effects of Latex Viscosity on the Rubber Sponge**: Full research report. The Thailand Research Fund (TRF).

Saowanee Korwuttikunrangsri and others. (2005). **Using Latex Powder of** Concentrated latex as Rubber Floor Filler: Full research report. The Thailand Research Fund (TRF).

Saowanee Korwuttikunrangsri, Nateepat Pecharatmunee and Nattapong Nithi-Uthai (2005). **Effect of Calcium Carbonate on Natural Rubber Sponge**: Full research report. The Thailand Research Fund (TRF).

Surasak Theptong. (2008). **Effects of Natural Fillers on the Properties of Natural Rubber Sponges.** Full Research Report on Rubber Research Project. The Thailand Research Fund.

Theerasuda Prasert and others. (2007). **Cow Boots from Natural Rubber. Retrieved from**: http://beyond.library.tu.ac.th/cdm/ref/collection/trf_or_th/id/8772.