



รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

ผลความหนักของน้ำอย่างต่อเนื่องทำอย่างฟองน้ำ

โดย

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ เสาวนีย์ ก่ออุทัยกุลรังษี และ คณะ

30 มิถุนายน 2547

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ “กลุ่มโครงการวิจัยย่อย วิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์จากน้ำยางธรรมชาติ มอ. (2)
: ผลความหนืดของน้ำยางต่อการทำยางฟองน้ำ”

Research and Development of Natural Rubber Latex and Products-PSU small project group (2)
Latex viscosity on making Rubber Sponge

คณะวิจัย

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ เสาวนีย์ ก่อวุฒิกุลรังษี
นายณัฏฐ์ คุ้มคำ
ดร.ณัฐพงศ์ นิธิอุทัย

สังกัด

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ชุดโครงการ การพัฒนาอุตสาหกรรมยางพารา

สนับสนุนโดยสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)
(ความเห็นในรายงานนี้เป็นของผู้วิจัย สกว. ไม่จำเป็นต้องเห็นด้วยเสมอไป)

บทสรุปของผู้บริหาร (Executive Summary)

60% น้ำยางข้นแอมโมเนียต่ำผลิตจากบริษัทปิโตรานีอุตสาหกรรม (1971) จำกัด มีปริมาณของแข็งทั้งหมด 62% ปริมาณแอมโมเนีย 0.2% มีค่า pH 10.6 ความหนืด 89 cps และความตึงผิว 38 dyne/cm ศึกษาผลของความหนืดของน้ำยางต่อการทำยางฟองน้ำโดยการใส่แคลเซียมคาร์บอเนตแปรปรมาณต่างๆ (5, 10, 20, 40, 60, 80 และ 100 phr) พบว่าความหนืดของน้ำยางมีค่าอยู่ระหว่าง 90-350 cps ค่าความตึงผิวของน้ำยางจะมีค่าเพิ่มขึ้น และ pH ของน้ำยางมีค่าเปลี่ยนแปลงไม่มากนัก เมื่อนำน้ำยางที่ผสมสารเคมีบางส่วนมาบ่มจนได้ระดับการวัลคาไนซ์เบอร์ 2 แล้วนำมาทำฟองน้ำโดยวิธีการแบบดันลอป พบว่าการใส่แคลเซียมคาร์บอเนตปริมาณต่ำกว่าหรือเท่ากับ 60 phr จะได้ลักษณะของฟองยางก่อนการเจดมีความละเอียดและสม่ำเสมอดี แต่การเพิ่มแคลเซียมคาร์บอเนตเป็น 80-100 phr ลักษณะของฟองยางก่อนการเจดมีความหยาบมากขึ้นและยางฟองน้ำที่วัลคาไนซ์แล้วมีการหดตัว (อยู่ระหว่าง 7-10%) และยุบตัว (อยู่ระหว่าง 20-30%) ลดน้อยลงตามปริมาณของแคลเซียมคาร์บอเนตที่เพิ่มขึ้น ส่วนความหนาแน่น (อยู่ระหว่าง 0.17-0.36 g/cm³) และความทนทานต่อแรงกดในระยะยุบตัว 25 % (อยู่ระหว่าง 180-740 Pa) มีค่าเพิ่มขึ้นตามปริมาณของแคลเซียมคาร์บอเนตที่เพิ่มขึ้น การปรับค่า TSC เท่ากับ 50 % และ 55 % ในน้ำยางคอมปาวด์ที่ใส่แคลเซียมคาร์บอเนตปริมาณต่างๆ พบว่า น้ำยางที่มี TSC เท่ากัน จะมีค่าความหนืดไม่แตกต่างกัน แต่ยางฟองน้ำมีค่าความหนาแน่น และความทนทานต่อแรงกดในระยะยุบตัว 25 % มีค่าเพิ่มขึ้นตามปริมาณของแคลเซียมคาร์บอเนตที่เพิ่มขึ้นตามลำดับ ยางฟองน้ำที่เตรียมจากน้ำยางคอมปาวด์ซึ่งมี TSC 50% มีลักษณะของฟองยางหยาบ การยุบ และหดตัวมากกว่าน้ำยางคอมปาวด์ที่มี TSC 55%

การใส่สาร CMC ปริมาณต่างๆ (0.1, 0.25, 0.5, 1 และ 1.5 phr) ร่วมกับแคลเซียมคาร์บอเนตปริมาณต่างๆ ในน้ำยางคอมปาวด์ จะทำให้ค่าความหนืดของน้ำยางเพิ่มขึ้น (ระหว่าง 125-451 cps) ค่า pH ลดลงเล็กน้อย และค่าความตึงผิวของน้ำยางเพิ่มสูงขึ้น ค่าความหนาแน่นของยางฟองน้ำมีค่าเพิ่มขึ้น และมีความทนทานต่อแรงกดในระยะยุบตัว 25 % เพิ่มขึ้น ส่วนการยุบและหดตัวของยางฟองน้ำมีค่าลดลงตามปริมาณของแคลเซียมคาร์บอเนต และ CMC ที่เพิ่มขึ้นตามลำดับ การปรับค่า TSC เท่ากับ 50% และ 55% ในน้ำยางคอมปาวด์ที่ใส่ CMC ร่วมกับแคลเซียมคาร์บอเนตปริมาณต่างๆ ในน้ำยางคอมปาวด์ พบว่ายางฟองน้ำมีค่าความหนาแน่น และความทนทานต่อแรงกดในระยะยุบตัว 25 % มีค่าเพิ่มขึ้นตามปริมาณของแคลเซียมคาร์บอเนตลำดับ ลักษณะของยางฟองน้ำที่เตรียมจากน้ำยางคอมปาวด์ซึ่งมี TSC 50% มีลักษณะของฟองยางหยาบ การยุบและหดตัวมากกว่าน้ำยางคอมปาวด์ที่มี TSC 55%

บทคัดย่อ

ความหนืดของน้ำยางมีผลต่อพฤติกรรมการเตรียมฟองยางและสมบัติของยางพองน้ำ ในกระบวนการผลิตฟองน้ำแบบดันลอย พบว่าการเพิ่มปริมาณของสารเพิ่มความหนืด (Carboxyl methyl Cellulose, CMC) ใน 60% น้ำยางข้นชนิดแอมโมเนียดำ (LA latex) มีผลทำให้ความหนืดของน้ำยางเพิ่มขึ้น ความตึงผิวของน้ำยางค่อยๆ เพิ่มขึ้น ทำให้การตีฟองยากขึ้น ต้องใช้ระยะเวลาการตีฟองนานขึ้น เวลาเจลของฟองยางจะลดลงตามสัดส่วนของความหนืดน้ำยางที่เพิ่มขึ้น ยางพองน้ำที่วัลคาไนซ์แล้ว มีสมบัติการหดและยุบตัวลดลงตามความหนืดที่เพิ่มสูงขึ้น ในการผลิตฟองน้ำพบว่า การใส่สารตัวเติมแคลเซียมคาร์บอเนต (0, 20, 40, 60, 80 และ 100 phr) ร่วมกับ CMC (0.1, 0.25, 0.5, 1 และ 1.5 phr) ในน้ำยางคอมปาวด์ที่ระดับ TSC เท่ากัน มีผลทำให้ฟองน้ำที่วัลคาไนซ์แล้ว มีเปอร์เซ็นต์การหดตัวและยุบตัวลดลง ความหนาแน่นและความแข็งของฟองน้ำเพิ่มสูงขึ้นมากกว่าฟองน้ำที่ไม่ใส่สารตัวเติมแคลเซียมคาร์บอเนตร่วมกับ CMC

คำสำคัญ : น้ำยางข้น ความหนืดของน้ำยาง ยางพองน้ำ สารเพิ่มความหนืด
แคลเซียมคาร์บอเนต

Abstract

An increase of latex viscosity has an effect on latex foam preparation behavior and its properties. In a latex foam production of Dunlop's process, it was found that increasing the amount of Carboxyl Methyl Cellulose (CMC) into 60% concentrated natural rubber latex (LA latex) would increase the viscosity of latex and the surface tension of the latex was gradually increased. This effect to a difficulty of making rubber foam. It needed more time during the process of making rubber foam. Gel's time was decreased with increasing of latex's viscosity. The vulcanized natural rubber foam gave shrinkage decreased as the viscosity was increased. Additional of Calcium carbonate (0, 20, 40, 60, 80 and 100 phr) together with CMC (0.1, 0.25, 0.5, 1 and 1.5 phr) into compound's latex at the same TSC were found to effect the vulcanized properties of rubber sponge. The shrinkage was decreased while the density and hardness of the sponge was increased more than that of unfilled Calcium carbonate with CMC.

Keywords : LA latex, Latex viscosity, Rubber, Sponge, Carboxyl Methyl Cellulose, Calcium carbonate

สารบัญ

	หน้า
บทสรุปของผู้บริหาร	i
บทคัดย่อ	ii
Abstract	iii
สารบัญ	iv
สารบัญ รูปภาพ	vi
สารบัญ ตาราง	viii
เนื้อหาวิจัย	
1. บทนำ	1
2. สารเคมี อุปกรณ์ และการเตรียมน้ำยาง	2
2.1 สารเคมี	2
2.2 อุปกรณ์	3
2.3 การเตรียมน้ำยาง	4
2.3.1 เตรียมสารเคมีสำหรับยางฟองน้ำ	4
2.3.2 การเตรียมน้ำยางคอมปาวด์	4
3. วิธีการทดลอง	5
3.1 ขั้นตอนการเตรียมน้ำยาง	5
3.2 สมบัติทั่วไปของน้ำยาง	6
3.2.1 ปริมาณเนื้อยางแห้งในน้ำยาง (Dry Rubber Content, DRC)	6
3.2.2 ปริมาณของแข็งทั้งหมดในน้ำยาง (Total Solids Content, TSC)	6
3.2.3 ความเป็นด่างในน้ำยาง (Alkalinity)	6
3.2.4 ความเป็นกรด – ด่างของน้ำยาง (pH)	7
3.2.5 ความหนืดน้ำยาง (Viscosity)	7
3.2.6 การหาความตึงผิวของน้ำยาง (Surface Tension)	7
3.2.7 ความเสถียรทางกลของน้ำยาง (Mechanical Stability Time, MST)	8
3.2.8 ระดับวัดคลอโรฟอร์ม (Chloroform Test)	8
3.2.9 ระยะเวลาเจล (Gelling Time)	8

3.3 สมบัติทางกายภาพของยางฟองน้ำ	8
3.2.1 ความหนาแน่นของฟองน้ำ (ASTM D 3574-95, 1997)	8
3.3.2 ความแข็งของฟองน้ำ (มาตรฐาน มอก. 173-2519)	9
3.3.3 การหดตัวและยุบตัวของขึ้นฟองน้ำ	9
3.3.4 การจัดดูยางฟองน้ำ	9
4. ผลการทดลองและวิจารณ์	10
4.1 สมบัติทั่วไปของน้ำยางที่มีต่อการทำยางฟองน้ำ	10
4.1.1 สมบัติน้ำยางขึ้นแอมโมเนียต่ำ	10
4.1.2 สมบัติน้ำยางคอมปาวด์บ่ม	10
4.2 การศึกษาเทคนิคการเตรียมยางฟองน้ำและสูตร	11
4.2.1 สบู่โพแทสเซียมโอเลเอต	11
4.2.2 Diphenyl Guanidine (DPG)	14
4.2.3 Sodium Silico Fluoride (SSF)	16
4.3 สมบัติความหนืดของน้ำยางที่ใส่สารตัวเติมเพิ่มความหนืด	18
4.3.1 ความหนืดของน้ำยางที่แปรปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนต	18
4.3.2 ความหนืดของน้ำยางที่แปรความเข้มข้นของสารเพิ่มความหนืด (CMC)	20
4.3.3 ความหนืดของน้ำยางที่แปรปริมาณสารเพิ่มความหนืด (CMC)	23
4.4 สมบัติของยางฟองน้ำวัลคาไนซ์	26
4.4.1 ผลของปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนตต่อการเตรียมขึ้นฟองน้ำ	26
4.4.2 ผลของค่า TSC ต่อการเตรียมขึ้นฟองน้ำที่ใส่แคลเซียมคาร์บอเนต	30
4.4.3 สมบัติการยุบและหดตัวของฟองน้ำ	35
4.4.4 สมบัติความหนาแน่นและความแข็ง	39
4.4.5 เปรียบเทียบสมบัติยางฟองน้ำที่มี TSC ต่างๆ กัน	45
4.5 ลักษณะของยางฟองน้ำที่จัดดู	48
5. สรุปและข้อเสนอแนะ	51
เอกสารอ้างอิง	52
ภาคผนวก	53

สารบัญ รูปภาพ

	หน้า
รูปที่ 4.1 ผลของปริมาณสบู่โพแทสเซียมโอเลเอตต่อเวลาเจลของยางฟองน้ำ	12
รูปที่ 4.2 ผลของปริมาณสบู่โพแทสเซียมโอเลเอตต่อการยุบตัวและหดตัวของยางฟองน้ำ	13
รูปที่ 4.3 ผลของปริมาณ Diphenyl Guanidine ต่อระยะเวลาในการเจลของยางฟองน้ำ	14
รูปที่ 4.4 ผลของปริมาณ Diphenyl Guanidine ต่อการยุบตัวและหดตัวของฟองน้ำ	15
รูปที่ 4.5 ผลของปริมาณ SSF ต่อเวลาเจลของยางฟองน้ำ	16
รูปที่ 4.6 ผลของปริมาณ SSF ต่อการยุบตัวและหดตัวของยางฟองน้ำ	17
รูปที่ 4.7 ผลของปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนตต่อความหนืดของน้ำยาง	18
รูปที่ 4.8 ผลของปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนตต่อความตึงผิวของน้ำยาง	18
รูปที่ 4.9 ผลของปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนตต่อ pH ของน้ำยาง	19
รูปที่ 4.10 ผลของปริมาณ CMC ต่อค่าความหนืดของน้ำยาง	20
รูปที่ 4.11 ผลของปริมาณ CMC ต่อค่าความหนืดของน้ำยาง	21
รูปที่ 4.12 ระดับปริมาณ CMC ต่อค่า pH (ใช้ 3%CMC)	22
รูปที่ 4.13 ผลของปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนตต่อค่าความหนืดของน้ำยาง เมื่อใช้ 3 % CMC ปริมาณต่าง ๆ	23
รูปที่ 4.14 ผลของปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนตต่อค่าความตึงผิวของน้ำยาง เมื่อใช้ 3 % CMC ปริมาณต่าง ๆ	24
รูปที่ 4.15 ผลของปริมาณ แคลเซียมคาร์บอเนตต่อค่า pH ของน้ำยาง เมื่อใช้ 3 % CMC ปริมาณต่าง ๆ กัน	25
รูปที่ 4.16 ลักษณะของยางฟองน้ำเมื่อแปรปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนตในระดับต่างๆ	28
รูปที่ 4.17 ผลของปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนตต่อการยุบตัวของฟองน้ำที่ระดับ TSC = 50 % และ 55% และไม่ปรับ TSC	35
รูปที่ 4.18 ผลของปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนตต่อการหดตัวของฟองน้ำที่ระดับ TSC = 50% และ 55% และไม่ปรับ TSC	35
รูปที่ 4.19 ผลของปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนตและ 3 % CMC ต่อการยุบและหดตัวของฟองน้ำ ไม่ปรับ TSC	37
รูปที่ 4.20 ผลของปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนตและ 3 % CMC ต่อการยุบและหดตัวของฟองน้ำ ที่ระดับ TSC = 55 %	38
รูปที่ 4.21 ผลของปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนต และ CMC ต่อการยุบและหดตัวของฟองน้ำ ที่ระดับ TSC = 50 %	38

รูปที่ 4.22 ผลของปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนตต่อความหนาแน่นของฟองน้ำ ที่ระดับ TSC = 50%, 55% และไม่ปรับ TSC	39
รูปที่ 4.23 ผลของปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนตต่อค่าความแข็งของฟองน้ำ ที่ระดับ TSC = 50% , 55% และไม่ปรับ TSC	39
รูปที่ 4.24 ผลของปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนตและ 3 % CMC ต่อค่าความหนาแน่น ของยางฟองน้ำไม่ปรับ TSC	40
รูปที่ 4.25 ผลของปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนตและ 3 % CMC ต่อค่าความหนาแน่น ของยางฟองน้ำ ปรับ TSC = 55 %	41
รูปที่ 4.26 ผลของปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนตและ 3 % CMC ต่อค่าความหนาแน่น ของยางฟองน้ำ ปรับ TSC = 50%	41
รูปที่ 4.27 ผลของปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนตและ 3 % CMC ต่อค่าความแข็ง ของยางฟองน้ำที่ไม่ปรับ TSC	42
รูปที่ 4.28 ผลของปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนตและ 3 % CMC ต่อค่าความแข็ง ของยางฟองน้ำที่ระดับ TSC = 55 %	43
รูปที่ 4.29 ผลของปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนตและ 3 % CMC ต่อค่าความแข็ง ของยางฟองน้ำที่ระดับ TSC = 50 %	43
รูปที่ 4.30 ผลของปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนตต่อการยุบตัวของฟองน้ำ ที่ไม่ทำการปรับ TSC และ TSC 50% และ 55% ตามลำดับ	45
รูปที่ 4.31 ผลของปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนตต่อการหดตัวของฟองน้ำ ที่ไม่ทำการปรับ TSC และ TSC 50% และ 55% ตามลำดับ	45
รูปที่ 4.32 ผลของปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนตต่อค่าความหนาแน่นของยางฟองน้ำ ที่ไม่ทำการปรับ TSC และ TSC 50% และ 55% ตามลำดับ	46
รูปที่ 4.33 ผลของปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนตต่อค่าความแข็งของยางฟองน้ำ ที่ไม่ทำการปรับ TSC และ TSC 50% และ 55% ตามลำดับ	47
รูปที่ 4.34 ลักษณะผิวก่อนการขจัดของขึ้นฟองน้ำที่ได้แคลเซียมคาร์บอเนตเพียงอย่างเดียว มีแคลเซียมคาร์บอเนตปริมาณ 100 phr	49
รูปที่ 4.35 ลักษณะผิวหลังการขจัดของขึ้นฟองน้ำที่ไม่ใส่แคลเซียมคาร์บอเนต	49
รูปที่ 4.36 ลักษณะผิวหลังการขจัดของขึ้นฟองน้ำที่ได้แคลเซียมคาร์บอเนตเพียงอย่างเดียว มีแคลเซียมคาร์บอเนตปริมาณ 50 phr	50
รูปที่ 4.37 ลักษณะผิวหลังการขจัดของขึ้นฟองน้ำที่ได้แคลเซียมคาร์บอเนตเพียงอย่างเดียว มีแคลเซียมคาร์บอเนตปริมาณ 100 phr	50

สารบัญ ตาราง

	หน้า
ตารางที่ 1 ส่วนผสมของน้ำยางบ่ม (Maturation)	4
ตารางที่ 2 ค่าคงที่ตัวคูณ เพื่อให้ได้ความหนืดของของเหลวเป็นหน่วย เซนติพอยส์	7
ตารางที่ 3 ส่วนผสมของยางฟองน้ำที่แปรปริมาณ K-oleate	11
ตารางที่ 4 พฤติกรรมการเกิดฟองและลักษณะฟองน้ำ	12
ตารางที่ 5 ส่วนผสมของยางฟองน้ำที่แปรปริมาณ DPG	14
ตารางที่ 6 ยางฟองน้ำที่แปรปริมาณ SSF	16
ตารางที่ 7 สูตรน้ำยางที่ใส่ สาร CMC ความเข้มข้น 2%, 3% และ 5% ปริมาณต่างๆ	20
ตารางที่ 8 สูตรยางฟองน้ำที่ใส่แคลเซียมคาร์บอเนตปริมาณต่างๆ	24
ตารางที่ 9 สูตรยางฟองน้ำที่ใส่แคลเซียมคาร์บอเนตปริมาณต่างๆ	26
ตารางที่ 10 ลักษณะของฟองน้ำก่อนการเจล และลักษณะภายนอกของชิ้นฟองน้ำที่ใส่ แคลเซียมคาร์บอเนตปริมาณต่างๆ	27
ตารางที่ 11 สูตรยางฟองน้ำที่ใส่แคลเซียมคาร์บอเนตปริมาณต่างๆ ที่ TSC = 50 และ 55 %	30
ตารางที่ 12 สูตรยางฟองน้ำที่ใส่แคลเซียมคาร์บอเนตปริมาณต่างๆ ที่ไม่ปรับค่า TSC	31
ตารางที่ 13 สูตรยางฟองน้ำที่ใส่แคลเซียมคาร์บอเนตและ CMC ปริมาณต่างๆ ที่ TSC = 50 และ 55 %	32
ตารางที่ 14 ผลของค่า TSC ต่อการเตรียมฟองน้ำที่ใส่ แคลเซียมคาร์บอเนต ลักษณะพฤติกรรม ของฟองน้ำก่อนการเจล และลักษณะภายนอกของชิ้นฟองน้ำ ที่ TSC = 50 %	33
ตารางที่ 15 ผลของค่า TSC ต่อการเตรียมฟองน้ำที่ใส่ แคลเซียมคาร์บอเนต ลักษณะพฤติกรรม ของฟองน้ำก่อนการเจล และลักษณะภายนอกของชิ้นฟองน้ำ ที่ TSC = 55 %	34
ตารางที่ 16 ลักษณะผิวของฟองน้ำที่ใส่สารแคลเซียมคาร์บอเนตปริมาณต่างๆ หลังจาก ผ่านการขัดถูด้วยเครื่องทดสอบการสึกหรอแบบเทเบอร์ 600 รอบ	48

เนื้อหาวิจัย

1. บทนำ

ฟองน้ำเป็นผลิตภัณฑ์หนึ่งที่เตรียมได้จากน้ำยางชั้น ภายในฟองน้ำประกอบด้วยเซลล์ของอากาศที่ต่อเนื่องกัน อัตราเร็วในการตีฟองมีผลต่อความหนาแน่นของฟองยาง การใส่สารแคลเซียมคาร์บอเนตลงไปให้น้ำยางสามารถลดต้นทุนการผลิต แต่จะทำให้การเกิดฟองยากขึ้น ความหนืด และความหนาแน่นของฟองยางเปลี่ยนแปลงไปได้ การลดความตึงผิวของน้ำยางโดยการเพิ่มปริมาณสบู่จะทำให้การเกิดฟองง่ายขึ้น การใส่สารความคุมความหนืด (CMC) จะสามารถอัตราเร็วในการตกตะกอนของสารตัวเติมได้ มีผลทำให้ความหนาแน่นของฟองยางสม่ำเสมอขึ้น และการปรับปริมาณของสบู่และสารก่อเจลทำให้สามารถผลิตยางฟองน้ำที่ดีได้

มีการศึกษาอิทธิพลของสบู่ที่มีผลต่อการตีฟองของน้ำยางในการทำผลิตภัณฑ์ฟองยาง (จินตนา, 2526) พบว่าชนิดของสบู่ที่แตกต่างกันมีผลทำให้ความสามารถในการเกิดฟองของน้ำยางแตกต่างกัน และการบ่มน้ำยางผสมสารเคมีจะมีผลต่อการเกิดฟองของน้ำยางด้วย สำหรับปริมาณสบู่และความสามารถในการผสมสารแคลเซียมคาร์บอเนตในน้ำยาง มีผลต่อความหนาแน่นของยางฟองน้ำด้วย (โสภณ, 2535) ส่วนปริมาณของสารเสริมการก่อเจล และ สาร Secondary Gelling Agent มีการศึกษาพบว่า สามารถทำให้เกิดการแยกชั้นของยางฟองน้ำ ฟองยางเกิดการจับตัวในระหว่างกระบวนการผลิต และมีผลต่อการหดตัวของยางฟองน้ำด้วย (พิพัฒน์, 2527) นอกจากนี้มีการศึกษาแปรปริมาณสารตัวเติมแคลเซียมคาร์บอเนต ซิลิกา เบนไรต์ และอะลูมิเนียมไตรไฮดรอกไซด์ (Bogdany, 1990) ในน้ำยางสังเคราะห์พอลิยูรีเทนร่วมกับน้ำยางเอสปีอาร์ โดยการแปรปริมาณสารตัวเติมที่ใช้สูงถึง 1,000 phr พบว่าสามารถผลิตแผ่นโฟมขนาดบางได้ ส่วนการใส่สารตัวเติมเขม่าดำ (N330) ในรูปของดิสเพอร์ชัน ลงในน้ำยางชั้นชนิดแอมโมเนียดำ (วิมล, 2543) พบว่าความหนืดของน้ำยางจะค่อยๆ เพิ่มขึ้นตามปริมาณของเขม่าดำที่ใส่เพิ่มขึ้น น้ำยางจะเกิดการสูญเสียสภาพจับตัวเป็นก้อนที่ปริมาณเขม่าดำสูง

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาความหนืดของน้ำยางที่ใส่แคลเซียมคาร์บอเนต ต่อการทำยางฟองน้ำ
2. เพื่อศึกษาสมบัติยางฟองน้ำวัดคาโมสที่ใส่แคลเซียมคาร์บอเนต ปริมาณต่างๆ
3. เพื่อเป็นการศึกษาแนวทางใส่แคลเซียมคาร์บอเนตในน้ำยาง ทำให้สามารถลดต้นทุนในกระบวนการผลิต

2. สารเคมี อุปกรณ์ และการเตรียมน้ำยาง

2.1 สารเคมี

2.1.1 น้ำยางข้นชนิดแอมโมเนียต่ำ (Low ammonia concentrated latex, LA Latex) มีปริมาณเนื้อยางแห้ง (Dry rubber content, DRC) โดยเฉลี่ยเท่ากับ 60.52% ปริมาณของแข็งในน้ำยาง (Total solids content, TSC) โดยเฉลี่ยเท่ากับ 62.15 % ผลิตโดย บริษัท ปัตตานีอุตสาหกรรม (1971) จำกัด

2.1.2 กำมะถัน (Sulphur, S) เป็นสารวัลคาไนซ์ (Vulcanizing agent) ใช้ในรูปของสารแขวนลอย 50 % CIECHS.A. ประเทศโปแลนด์

2.1.3 สารตัวเร่ง (Accelerator) เตรียมในรูปของสารแขวนลอย 50 % ซึ่งประกอบด้วยสารตัวเร่ง 2 ชนิดในอัตราส่วนที่เท่ากัน สารตัวเร่งที่ใช้ในการทดลองได้แก่

Zinc-2 mercaptobenzothiazole (ZMBT) ผลิตโดยบริษัท AKZO Chemincals B.V. ประเทศเนเธอร์แลนด์

Zinc-n-diethyl dithiocarbamate (ZDEC) ผลิตโดยบริษัท China National Construction Chemical Corporation ประเทศจีน

2.1.4 สารละลายสบู่โพแทสเซียมโอเลต (Potassium oleate soap, K-oleate) ใช้เป็นสารทำให้น้ำยางเกิดเป็นฟอง เพิ่มความเสถียรและลดความตึงผิวของน้ำยาง เตรียมในรูปสารละลาย 20 % โดยใช้กรดโอเลอิก ผสมกับโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์และน้ำ

2.1.5 ซิงค์ออกไซด์ (Zinc oxide, ZnO) เป็นสารกระตุ้น(เตรียมในรูปสารละลาย 50 % ผลิตโดย บริษัท China National Chemical Construction ประเทศจีน

2.1.6 Diphenyl guanidine (DPG) เตรียมในรูปของสารแขวนลอย 10 % ทำหน้าที่เป็นสารเสริมการจับตัว (Secondary gelling agent) ผลิตโดยบริษัท China National Chemical Construction ประเทศจีน

2.1.7 โซเดียมซิลิโคฟลูออไรด์ (Sodium silicofluoride, SSF) ใช้เป็นสารเจลหลัก (Gelling Agent) ในปฏิกิริยาการจับตัวฟองน้ำ เตรียมเป็นสารแขวนลอย 50 % และเจือจางให้อยู่ในรูปสารแขวนลอยที่มีความเข้มข้น 20 % ก่อนนำไปใช้ ผลิตโดย บริษัท China National Chemical Construction ประเทศจีน

2.1.8 โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (Potassium hydroxide, KOH) ใช้ในการปรับค่าความเป็นกรด – ด่างของน้ำยาง เตรียมในรูปของสารละลาย 10 % ผลิตโดยบริษัท Carlo Erba ประเทศฝรั่งเศส

2.1.9 แคลเซียมคาร์บอเนต (Calcium carbonate, CaCO₃) ใช้เป็นสารตัวเติมในฟองน้ำ ผลิตโดยประเทศจีน

2.1.10 Bentonite clay มีลักษณะเป็นผงสีเทา ใช้เป็นสารป้องกันการตกตะกอน ของสารเคมีที่อยู่ในรูปของสารแขวนลอยในตัวกลางที่เป็นน้ำ ผลิตโดยบริษัท Shirashi Calcium Kaisha Ltd ประเทศญี่ปุ่น

2.1.11 Valtamol เป็นเกลือของ Alkylated naphthales sulphonic acid เป็นผงละเอียดสีน้ำตาลอ่อน ใช้เป็นสารช่วยในการกระจายตัว (Dispersing agent) ผลิตโดย บริษัท BASF ประเทศเยอรมนี

2.2 อุปกรณ์

2.2.1 เครื่องชั่งไฟฟ้า ชั่งได้ละเอียดถึงทศนิยม 2 ตำแหน่ง รุ่น TC-254 ผลิตโดยบริษัท Denber Instrument Company, ประเทศสหรัฐอเมริกา

2.2.2 เครื่องตีฟอง Kithche aid รุ่น K 5 SS ผลิตโดยบริษัท Kitchen aid Inc. USA สามารถปรับความเร็วได้ 6 speed มีความจุสูงสุดประมาณ 3 ลิตร

2.2.3 ตู้อบอากาศร้อน (Universal oven) รุ่น VLM 500 มีระบบระบายอากาศสามารถปรับอุณหภูมิได้ถึง 250 องศาเซลเซียส ผลิตโดยบริษัท Memert Gmbh ประเทศเยอรมัน

2.2.4 เครื่องบด (Ball mill) ประกอบด้วยถังกลมทรงกระบอก ขนาด 1 ลิตร วางในแนวนอน มีแรงขับเคลื่อนของมอเตอร์ไฟฟ้าตามแนวแกนนอน ทำให้เกิดการบดจากการหมุนของหม้อที่วางบนลูกกลิ้งที่หมุน การหมุนจะทำให้ลูกแก้วไหลตกกระแทกกัน ทำให้สารเคมีที่อยู่ระหว่างลูกแก้วถูกกระแทกจนละเอียด

2.2.5 เครื่องวัดความหนืด (Brookfield viscometer) ประกอบด้วยแท่งทรงกระบอกหรือจานหมุนในของเหลว และวัดแรงบิดที่จำเป็นต้องเอาชนะความหนืดของเหลวที่ด้านการหมุน สามารถปรับอัตราความเร็วในการหมุนของ spindle ได้ 4 ระดับ คือ 10, 20, 50 และ 100 รอบ/นาที ผลิตโดยบริษัท Brookfield Engineering Laboratories. Inc, ประเทศสหรัฐอเมริกา

2.2.6 ชุดกวนผสมสารเคมีกับน้ำยาง ประกอบด้วยมอเตอร์ที่มีขนาดกำลัง 0.37 Kw 220/360 V 50 Hz มีแกนหมุนติดล้อยางกลมหมุนบนจานกลมที่ติดกับแกนของใบพัดกวน มีความเร็วในการหมุนประมาณ 70 – 75 รอบ / นาที

2.2.7 เครื่องวัดความเป็นกรดด่าง (pH meter) พร้อมกับแท่งอิเล็กโทรด รุ่น Model 251 ผลิตโดยบริษัท Denver Instrument Company ประเทศสหรัฐอเมริกา

2.2.8 เบ้าสแตนเลส เป็นเบ้าสำหรับหล่อฟองน้ำเพื่อนำไปทดสอบสมบัติทางฟิสิกส์ ขนาด 15.2x15.2x5.1 เซนติเมตร

2.3 การเตรียมสารเคมีและน้ำยาง

2.3.1 เตรียมสารเคมีสำหรับยางฟองน้ำ

สารเคมีที่จะใส่ลงในน้ำยางจะต้องเตรียมให้กระจายอยู่ในรูปของเหลวที่เป็นน้ำและมีสารช่วยให้เกิดการกระจายตัว สารเคมีที่เป็นของแข็งจะต้องนำมา บดในเครื่องบดเพื่อให้มีขนาดอนุภาคเล็กใกล้เคียงกับอนุภาคยาง สารเคมีที่ละลายน้ำได้ให้เตรียมในรูปสารละลาย แต่ถ้าละลายน้ำไม่ได้ จะต้องเตรียมให้มีขนาดอนุภาคเล็กลงให้กระจายในน้ำในรูปของ dispersion โดยใช้ เครื่อง Ball Mill ประกอบด้วยถังกลมทรงกระบอก วางอยู่ในแนวนอน ภายในบรรจุลูกหิน (หรือลูกเซรามิกกลม) น้ำและสารเคมีจะบดตามแกนแนวนอน การหมุนจะทำให้ลูกหินตกกระทบกัน ทำให้สารเคมีที่อยู่ระหว่างหินมีขนาดอนุภาคเล็กลง

2.3.2 การเตรียมน้ำยางคอมปาวด์

ส่วนผสมสูตรที่ใช้ในการเตรียมน้ำยางฟองน้ำ มีการเตรียมโดยแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนผสมที่ใช้บ่มน้ำยางและส่วนผสมน้ำยางที่ใส่ขณะเตรียมน้ำยางฟองน้ำ สำหรับส่วนผสมที่ใช้บ่มน้ำยางดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ส่วนผสมของน้ำยางบ่ม (Maturation)

สารเคมี	น้ำหนักแห้ง (phr)	น้ำหนักเปียก (กรัม)
60 % LA-latex	100	167
20% K-Oleate	1	5
50% Sulphur	2.5	5
50 % สารตัวเร่ง *	3	6
น้ำหนักรวม	106.5	183

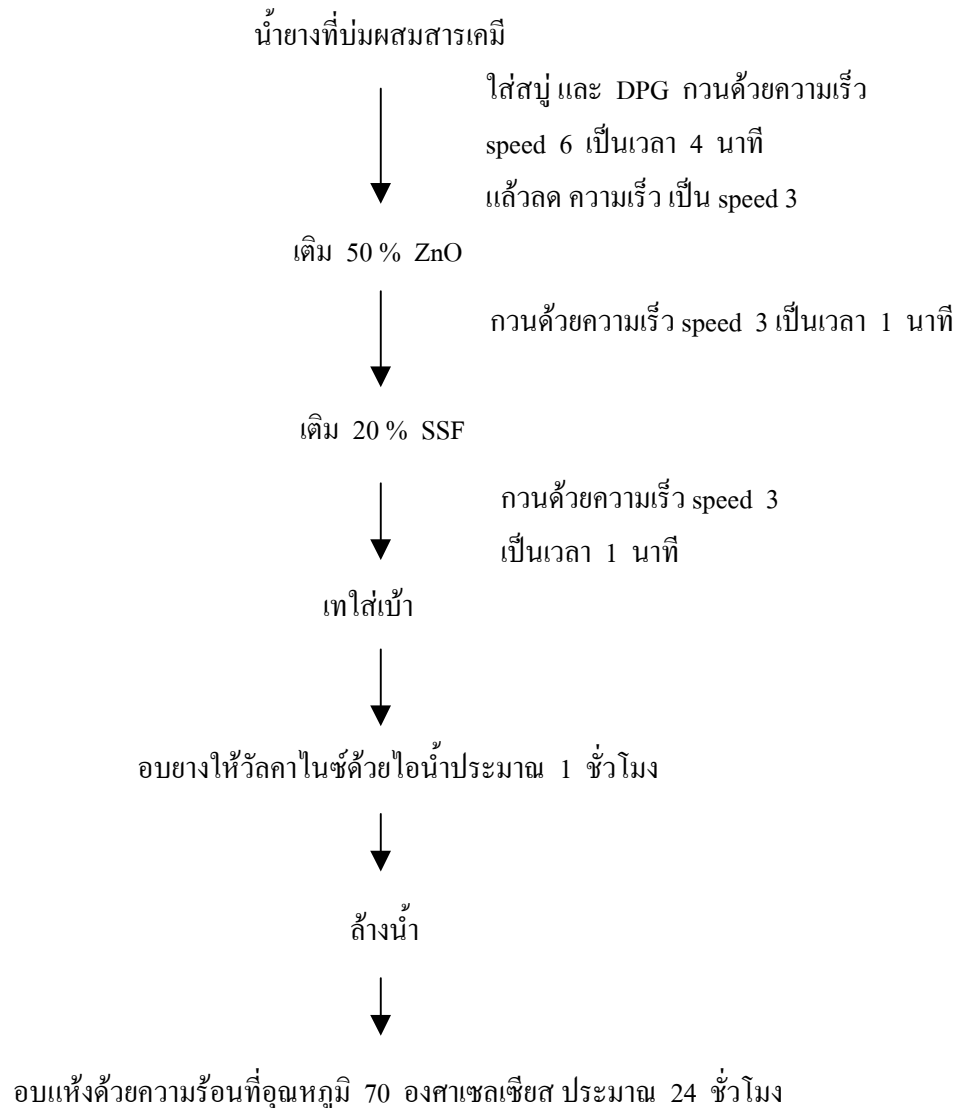
เทรวมกันแล้วนำไปบ่มเป็นเวลา 24 ชั่วโมง (ใช้ใบพัดกวนตลอดเวลา)

* 50% ZDEC+ZMBT dispersion)

3. วิธีการทดลอง

3.1 ขั้นตอนการเตรียมฟองน้ำ

- 3.1.1 นำน้ำยางที่บ่มสารเคมีแล้วมาใส่สบู์โฟแทสเชื่อมโอเลเอต และ DPG กวนด้วยความเร็ว speed 6 เป็นเวลา 4 นาทีแล้วลด speed ลงเหลือ speed 3
- 3.1.2 ใส่ 50 % ZnO กวนด้วยความเร็ว speed 3 เป็นเวลา 1 นาที
- 3.1.3 เติม 20% SSF กวนด้วยความเร็ว speed 3 เป็นเวลา 1 นาที ปิดเครื่อง
- 3.1.4 เทฟองยางลงในเบ้าแล้วนำไปนึ่งไอน้ำเป็นเวลา 1 ชั่วโมง (โดยประมาณ)
- 3.1.5 นำยางออกจากเบ้าล้างทำความสะอาด และเขียนรหัส
- 3.1.6 อบแห้งในตู้อบ อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง



ขั้นตอนการทำฟองน้ำ

3.2 สมบัติทั่วไปของน้ำยาง

3.2.1 ปริมาณเนื้อยางแห้งในน้ำยาง (Dry Rubber Content, DRC)

ชั่งน้ำยางประมาณ 10 กรัม (ถูกต้องแน่นอน 5 มิลลิกรัม) ใส่ลงในจานกระเบื้อง เติมน้ำกลั่นลงไป 20 มิลลิลิตร กวนให้เข้ากัน เติมกรดอะซิติกเข้มข้น 2% 80 มิลลิลิตร ลงไปอย่างช้าๆ นำน้ำยางที่ใส่น้ำกรดนี้ไปวางบนอ่างน้ำร้อนโดยไม่ไปรบกวนเป็นเวลา 15 ถึง 30 นาที ควรจะได้สารละลายใส แต่ถ้ายังได้สารละลายที่ขุ่นแสดงให้เห็นว่าใส่กรดเร็วเกินไปหรือใส่กรดไม่มากพอ ต้องทำใหม่จนได้สารละลายที่ใสรวบรวมเศษยางเล็กๆ ไว้กับก้อนยางใหญ่ ล้างยางที่จับตัวแล้วด้วยน้ำที่ก่้างไหล น้ำยางที่ได้ไปรีดให้ได้ความหนาไม่เกิน 2 มิลลิเมตร นำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ $55 \pm 2^{\circ}\text{C}$ ในเตาอบที่อากาศถ่ายเทได้เป็นเวลา 24 ชั่วโมงหรือจนเห็นว่ายางใสไม่มีไตสีขาว ทิ้งไว้ให้เย็นจนถึงอุณหภูมิห้องในเดสซิเคเตอร์ นำไปชั่ง อบต่ออีก 30 นาที ทำให้เย็นและชั่งอีก น้ำหนักควรแตกต่างกันไม่เกิน 5 มิลลิกรัม ถ้าหากว่าเกินจะต้องนำไปอบใหม่ ทำการทดลอง 2 ตัวอย่าง และค่าที่ได้ควรจะแตกต่างกันไม่เกิน 0.2%

การคำนวณ

$$\% \text{ DRC} = \left(\frac{\text{น้ำหนักเนื้อยางแห้ง}}{\text{น้ำหนักน้ำยางที่ใช้}} \right) \times 100$$

3.2.2 ปริมาณของแข็งทั้งหมดในเนื้อยาง (Total Solids Content, TSC)

นำงานแก้วหรือจานโลหะพร้อมฝาปิดมาชั่ง เทน้ำยางขึ้นตัวอย่างลงไปประมาณ 2.5 ± 0.5 กรัม นำไปอบที่อุณหภูมิ 100 ± 2 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 2 ชั่วโมง ทำให้เย็นจนถึงอุณหภูมิห้องในเดสซิเคเตอร์ ชั่ง นำไปอบซ้ำอีกเป็นเวลา 15 นาที ทำให้เย็น และชั่ง ผลต่างของน้ำหนักครั้งหลังและครั้งก่อนจะต้องไม่เกิน 1 มิลลิกรัม ถ้าแตกต่างต้องนำไปอบและชั่งซ้ำ

การคำนวณ

$$\% \text{ TSC} = \frac{[(C - A) / (B - A)] \times 100}{\text{โดยที่}}$$

A	=	น้ำหนักงานพร้อมฝา, กรัม
B	=	น้ำหนักงานพร้อมฝากับยาง, กรัม
C	=	น้ำหนักงานพร้อมฝากับยางที่แห้ง, กรัม

3.2.3 ความเป็นด่างในน้ำยาง (Alkalinity)

นำปิเกอร์ขนาด 400 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่นลงไป 200 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่นลงไป 10 มิลลิลิตร คนให้เข้ากัน นำน้ำยางเทลงในขวดชั่งน้ำยางที่มีฝาปิด ชั่งน้ำยางปริมาณ 5 ถึง 10 กรัม โดยวิธีหาผลต่างของน้ำหนักก่อนและหลังการชั่งขวด ให้รับน้ำหนักที่ชั่งลงในปิเกอร์ที่เตรียมไว้เพื่อป้องกันไม่ให้แอมโมเนียระเหย หยดสารละลาย methyl red ลงไป 6 หยด แล้วทำการไตเตรตด้วยกรดมาตรฐานจนสารละลายเปลี่ยนเป็นสีชมพู

การคำนวณ

$$\begin{aligned} \% \text{ Alkalinity} &= 1.7 \times N \times V / m \\ \text{เมื่อ } N &= \text{ความเข้มข้นของกรดมาตรฐาน, นอร์มัล} \\ V &= \text{ปริมาตรของกรดมาตรฐานที่ใช้, มิลลิกรัม} \\ m &= \text{น้ำหนักของน้ำยาที่ใช้, กรัม} \end{aligned}$$

3.2.4 ความเป็นกรด – ด่างของน้ำยาง (pH)

การหาความเป็นกรด-ด่างของน้ำยาง โดยนำน้ำยางมาประมาณ 500 กรัม ใส่ในบีกเกอร์ขนาด 600 มิลลิกรัม นำมาวัดความเป็นกรดด้วยเครื่อง pH ที่อุณหภูมิห้อง

3.2.5 ความหนืดน้ำยาง (Viscosity)

เลือก Spindle เบอร์ที่เหมาะสมกับความหนืดของน้ำยางที่ทดสอบ นำมาติดกับแกนด้านล่างของเครื่องนำ Spindle จุ่มลงในของเหลว จนระดับของเหลวอยู่ตรงระดับคอดอกของแกน Spindle พอดี กดกลัซลงเดินมอเตอร์แล้วค่อย ๆ ปลดกลัซลงปล่อยให้หน้าปิดหมุนจนเต็มซี่ได้ตำแหน่งที่คงที่แล้วจึงกดกลัซลงและปิดมอเตอร์อ่านค่าบนหน้าปัด แล้วนำตัวเลขที่อ่านได้มาคูณค่าคงที่ซึ่งแสดงในตาราง 2 จะเป็นค่าความหนืดของน้ำยาง มีหน่วยเป็น เซนติพอยส์

ตารางที่ 2 ค่าคงที่ตัวคูณ เพื่อให้ได้ความหนืดของของเหลวเป็นหน่วย เซนติพอยส์

ความเร็ว รอบ / นาที	เลขที่แกนหมุน						
	RV1	RV2	RV3	RV4	RV5	RV6	RV7
10	10	40	100	200	400	1000	4000
20	5	20	50	100	200	500	2000
50	2	8	20	40	80	200	800
100	1	4	10	20	40	100	400

(หมายเหตุ RV = Regular Viscosity)

3.2.6 การหาความตึงผิวของน้ำยาง (Surface Tension)

นำน้ำยางประมาณ 3-5 กรัมใส่ในกระจกนาพิก้า (น้ำยางที่ใช้ต้องไม่มีฟองอากาศ) นำมาหาความตึงผิวด้วยเครื่อง Du Nouy Surface Tension โดยวางบนแท่นของเครื่อง ปรับให้ความสูงของระดับน้ำยางห่างจากปลายวงแหวน 1 เซนติเมตร ค่อย ๆ ปรับระดับยกกระจกนาพิก้าขึ้นจนผิว น้ำยางสัมผัสกับวงแหวนพอดี แล้วค่อย ๆ ลดระดับของกระจกนาพิก้าลงพร้อมกับยกคันที่แขวนวงแหวน

ขึ้น โดยรักษาระดับของคานแขวนวงแหวนให้อยู่ในแนวระดับตลอดเวลา ทำเช่นนี้เรื่อยๆ จนวงแหวนหลุดจากน้ำยาง อ่านค่าความตึงผิวที่หน้าปัดของเครื่องมีหน่วยเป็น dyne/cm

3.2.7 ความเสถียรทางกลของน้ำยาง (Mechanical Stability Time, MST)

นำน้ำยางมาเติมด้วยสารละลายแอมโมเนีย 0.4% จนน้ำยางมีของแข็งทั้งหมด 33 % แล้วนำน้ำยางไปอุ่นในอ่างน้ำร้อนจนน้ำยางมีอุณหภูมิ 36-37 องศาเซลเซียส แล้วกรองผ่านตะแกรงลวดไร้สนิม ซึ่งน้ำยางที่กรองแล้วลงในถ้วยใส่น้ำยางปริมาณเท่ากับ 80.0 ± 0.5 กรัม เพื่อหา MST ควบคุมให้อุณหภูมิของน้ำยางเท่ากับ 35 ± 1 องศาเซลเซียส วางถ้วยทดสอบน้ำยางลงในเครื่อง โดยให้ระยะก้นถ้วยห่างจากแผ่นจานปั่น 12.7 มิลลิเมตร ตามระยะที่ได้ตั้งไว้ในตอนต้น เดินเครื่องปั่นน้ำยางด้วยความเร็ว $14,000 \pm 200$ รอบต่อนาที จนกระทั่งถึงจุดยุติ จุดยุติหาโดยการนำแท่งแก้วแตะผิวหน้ายางที่กำลังปั่น แล้วนำหยดน้ำยางแตะบนกระจกนาฬิกาที่มีน้ำอยู่ จนกระทั่งพบว่ามียกขึ้นเล็กน้อย ในหยดน้ำยางที่นำขึ้นมาจากน้ำยางก็จะถือว่าเป็นจุดยุติ จุดยุติดังกล่าวควรจะมีขึ้นขึ้นโดยการปั่นต่อไปอีก 15 วินาที แล้วนำมาทดสอบดังเดิม ควรจะพบว่าจำนวนของก้อนยางเล็กๆ ควรจะเพิ่มขึ้นจากเดิม ระยะเวลา (วินาที) ทั้งหมดที่ปั่นจนถึงการพบก้อนยางเล็กๆ ในน้ำยางครั้งแรกจะถือเป็นค่า MST ทำการทดสอบ 2 ครั้ง ผลต่างของ MST ไม่เกิน 5% ถือว่าใช้ได้

3.2.8 ระดับคลอโรฟอร์ม (Chloroform Test)

นำน้ำยางที่ต้องการทดสอบมาปริมาณหนึ่ง เช่น 3-5 มิลลิลิตร ค่อย ๆ หยดคลอโรฟอร์มปริมาณ 5 มิลลิลิตร ลงในน้ำยาง กวนด้วยแท่งแก้วจนกระทั่งน้ำยางรวมตัวกัน วางทิ้งไว้ 2-3 นาที ตรวจสอบลักษณะก้อนยางที่จับตัว เพื่อตรวจสอบระดับการวัดคลอโรฟอร์มของน้ำยาง ให้ได้ระดับการวัดคลอโรฟอร์ม 2-3 ตัวเลขที่แสดงระดับการวัดคลอโรฟอร์مدังกล่าวเรียกว่า Chloroform Number

3.2.9 ระยะเวลาเจล (Gelling Time)

ยางฟองน้ำจะค่อยๆ สูญเสียสภาพโดยการเจลอย่างช้าๆ หลังจากใส่โซเดียมซัลไฟฟลูออไรด์ (SSF) ให้จับเวลาการเจลโดยใช้แท่งแก้วแตะที่ผิวของฟองน้ำ จนกระทั่งสังเกตเห็นผิวฟองน้ำที่สัมผัสแท่งแก้วเริ่มมีลักษณะเกิดเป็นเจล ซึ่งแท่งแก้วแตะที่ผิวของฟองน้ำจะไม่มีฟองยางติดที่แท่งแก้วอีก โดยระยะเวลาเจลนี้เป็นตัวกำหนดระยะเวลาที่จะนำฟองน้ำไปใส่ลงในเบ้าเพื่อให้ได้รูปร่างตามต้องการได้

3.3 สมบัติทางกายภาพของยางฟองน้ำ

3.3.1 ความหนาแน่นของฟองน้ำ (ASTM D 3574-95, 1997)

วัดความหนาแน่นของฟองน้ำ โดยตัดชิ้นตัวอย่างให้มีขนาด $5.0 \times 5.0 \times 5.0$ ซม³ แล้วนำไปชั่งน้ำหนักบนถาด (ทศนิยม 4 ตำแหน่ง) แล้วคำนวณ ค่าความหนาแน่น

3.3.2 ความแข็งแรงของฟองน้ำ (มาตรฐาน มอก. 173-2519)

ทดสอบความแข็งแรงของฟองน้ำ โดยเตรียมชิ้นทดสอบให้มีขนาด 5x5x5 ซม.³ ปรับแผ่นกดให้สัมผัสกับผิวฟองน้ำพอดีก่อนที่จะออกแรงกดขึ้นทดสอบยางฟองน้ำขั้นต้น (preload) ด้วยแรง 4.5 นิวตัน แล้ววัดความหนาของฟองน้ำ โดยถือว่าความหนาที่ได้เป็นค่าความหนาเริ่มต้น (H) กดขึ้นทดสอบฟองน้ำยุบตัว 25 % ของความสูงเดิม บันทึกค่าแรงที่ใช้ในการกด นำค่าที่ได้คำนวณแรงที่ใช้ในการกดต่อหน่วยพื้นที่ ซึ่งถือว่าเป็นความแข็งแรงของฟองน้ำ

การคำนวณ

ความเค้นที่ใช้ในการกด = $(A / B) \times 100$ (กิโลปาสกาล)

เมื่อ A = แรงที่ใช้ในการกดให้ฟองน้ำยุบตัวลง 25% (นิวตัน)
B = พื้นที่หน้าตัดของชิ้นฟองน้ำ (ตารางเซนติเมตร)

หมายเหตุ ระยะยุบตัว 25 % = $25 \times H / 100$

เมื่อ H คือ ระยะความสูงของชิ้นทดสอบ

3.3.3 การหดตัวและยุบตัวของชิ้นฟองน้ำ

นำชิ้นฟองน้ำที่เตรียมด้วยเบ้าอคูมิเนียม มาวัดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางโดยเฉลี่ยทั่วทั้งชิ้นฟองน้ำ แล้วจึงวัดความสูงโดยเฉลี่ยของชิ้นฟองน้ำให้ตำแหน่งที่วัดความสูงอยู่บริเวณจุดศูนย์กลางของชิ้นฟองน้ำ คำนวณอัตราการหดตัวตามแนวเส้นผ่าศูนย์กลางและการยุบตัว

การคำนวณ

การหดตัว = $[(A-B) / A] \times 100$ (%)

การยุบตัว = $[(C-D) / C] \times 100$ (%)

เมื่อ A = เส้นผ่าศูนย์กลางของเบ้าฟองน้ำ, เซนติเมตร
B = เส้นผ่าศูนย์กลางโดยเฉลี่ยของชิ้นฟองน้ำ, เซนติเมตร
C = ความสูงของเบ้าฟองน้ำ, เซนติเมตร
D = ความสูงโดยเฉลี่ยของชิ้นฟองน้ำ, เซนติเมตร

3.3.4 การขัดถูยางฟองน้ำ

นำชิ้นฟองน้ำมาเลื่อนเป็นแผ่นความหนาประมาณ 1 เซนติเมตร เจาะรูตรงกลางของชิ้นฟองน้ำ ซึ่งนำหน้าของชิ้นฟองน้ำ แล้วทำการทดสอบกับเครื่องทดสอบความต้านทานต่อการสึกหรอแบบ Taber เติมน้ำมันเครื่องติดต่อกันทั้งสิ้น 200 รอบ ตรวจสอบลักษณะผิวของชิ้นทดสอบยางฟองน้ำที่นำมาขัดถู

4. ผลการทดลองและวิจารณ์

4.1 สมบัติทั่วไปของน้ำยางที่มีต่อการทำยางฟองน้ำ

4.1.1 สมบัติน้ำยางชั้นแอมโมเนียต่ำ

น้ำยางชั้นชนิดแอมโมเนียต่ำ ที่ใช้เตรียมฟองน้ำ ทดสอบตามวิธีการในหัวข้อที่ 3 มีสมบัติทั่วไป ดังนี้

ค่า	DRC	=	60.52	%
	TSC	=	62.15	%
	Alkalinity	=	0.21	%
	pH	=	10.58	
	MST	=	11	min
	Surface Tension	=	38	dyne/cm
	Viscosity	=	89	cps

4.1.2 สมบัติน้ำยางคอมปาวด์บ่ม

น้ำยางชั้นชนิดแอมโมเนียต่ำบ่มด้วยสารเคมี ดังตารางที่ 1 เป็นเวลา 1 วัน (24 ชั่วโมง) โดยมีการกวนอย่างช้าๆ เพื่อให้สารเคมีในน้ำยางเกิดปฏิกิริยาการแลกเปลี่ยนประจุกันบางส่วน แล้วนำน้ำยางคอมปาวด์มาตรวจสอบสมบัติ ความหนืด ความตึงผิว pH และ ระดับการวัลคาไนซ์ด้วยคลอโรฟอร์ม ได้ผลดังนี้

TSC	=	58.2 ± 0.2	%
Viscosity	=	92 ± 5	cps
Surface Tension	=	36 ± 0.5	dyne/cm
pH	=	10.55 ± 0.05	
Chloroform No.	=	2.0-2.5	

น้ำยางคอมปาวด์ที่นำมาบ่ม มีส่วนผสมของของสารเคมีดังแสดงในตารางที่ 1 พบว่ามีปริมาณของแข็งทั้งหมด 58.20% น้อยกว่าปริมาณของแข็งทั้งหมดที่มีอยู่ในน้ำยางชั้นชนิดแอมโมเนียต่ำ เนื่องจากส่วนผสมของสารเคมีที่ใส่ในน้ำยางคอมปาวด์ที่บ่มมีน้ำผสมอยู่ด้วย จึงทำให้ปริมาณของแข็งที่มีอยู่ต่ำลง อย่างไรก็ตามการบ่มน้ำยางไว้จะมีการแลกเปลี่ยนประจุระหว่างยางและสารเคมีที่มีอยู่ในน้ำยาง ทำให้ค่าความหนืดของยางสูงขึ้นหลังจากที่บ่มไว้ ส่วนค่าความตึงผิวของน้ำยางมีค่าลดต่ำลงจากน้ำยางชั้นชนิดแอมโมเนียต่ำ เนื่องจากมีการเติมสบู่ลงไปในน้ำยางที่บ่มเพื่อเพิ่มความเสถียรแก่น้ำยางและทำให้น้ำยางคอมปาวด์สามารถทำให้เกิดฟองได้ง่ายในการทำยางฟองน้ำ ซึ่งจะมีการเติมสบู่เพิ่มลงไปในน้ำยางอีก ในระหว่างการตียางให้เกิดฟองขณะทำยางฟองน้ำ ค่า pH ของน้ำยางที่บ่ม 1 วัน ไม่มีความแตกต่างจากน้ำ

ยางก่อนบ่ม ส่วนระดับการวัลคาไนซ์ของน้ำยางคอมปาวด์ที่บ่ม 1 วัน พบว่ามีค่าคลอโรฟอร์มนัมเบอร์ประมาณ 2 แสดงว่าในระหว่างการบ่มน้ำยางคอมปาวด์และมีการกวนน้ำยางอย่างช้าๆ นั้น สารเคมีที่ใส่ในน้ำยางที่บ่มไว้มีปฏิกิริยาการแลกเปลี่ยนประจุของสารเคมีเกิดขึ้น พร้อมทั้งจะนำมาแปรรูปทำยางฟองน้ำต่อไป

4.2 การศึกษาเทคนิคการเตรียมยางฟองน้ำและสูตร

น้ำยางชั้นชนิดแอมโมเนียต่ำบ่มด้วยสารเคมี ดังแสดงในตารางที่ 1 โดยมีการกวนอย่างช้าๆ เพื่อให้สารเคมีในน้ำยางเกิดปฏิกิริยาการแลกเปลี่ยนประจุกันบางส่วน แล้วตรวจสอบระดับการวัลคาไนซ์ด้วยคลอโรฟอร์ม (ตามหัวข้อ 3.1.8) เมื่อได้คลอโรฟอร์ม เบอร์ 2 แล้วนำน้ำยางคอมปาวด์มาเตรียมยางฟองน้ำโดยการใส่สารเคมีเพิ่มเติมลงไป แปรชนิดของสารเคมีต่างๆ ที่มีผลต่อการทำยางฟองน้ำ ดังนี้

4.2.1 สบู่โพแทสเซียมโอเลเอต

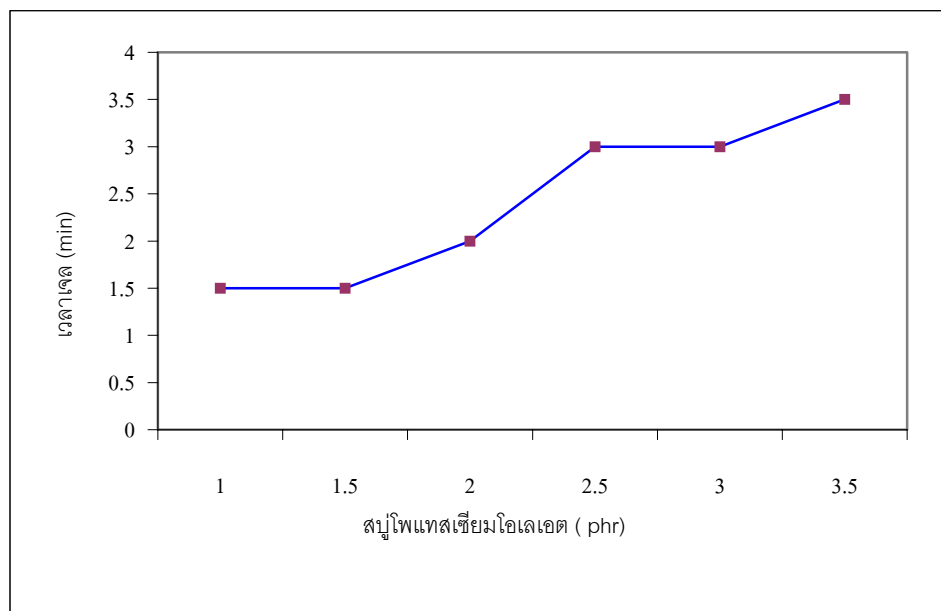
น้ำยางชั้นชนิดแอมโมเนียต่ำบ่มสารเคมีแล้ว (ตารางที่ 1) นำมาเตรียมยางฟองน้ำตามหัวข้อที่ 2 โดยใส่ 20% สบู่โพแทสเซียมโอเลเอตในปริมาณที่แตกต่างกันคือ 1, 1.5, 2, 2.5, 3 และ 3.5 phr โดยใช้ส่วนผสมสารเคมีดังแสดงในตารางที่ 3 แล้วตรวจสอบลักษณะฟอง ระยะเวลาเจล ลักษณะฟองหลังการวัลคาไนซ์ สมบัติการยุบตัวและหดตัวของฟองน้ำ ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4 และรูปที่ 4.1- 4.2

ตารางที่ 3 ส่วนผสมของยางฟองน้ำที่แปรปริมาณ K-oleate

สารเคมี	สูตรแห้ง (phr)	สูตรเปียก (กรัม)
น้ำยางบ่ม (ตารางที่ 1)	106.5	183
20 % K-Oleate	1, 1.5, 2, 2.5, 3 และ 3.5	5, 7.5, 10, 12.5, 15 และ 17.5
10 % DPG	1	10
50 % ZnO	5	10
20 % SSF	1.5	7.5

ตารางที่ 4 พฤติกรรมการเกิดฟองและลักษณะฟองน้ำ

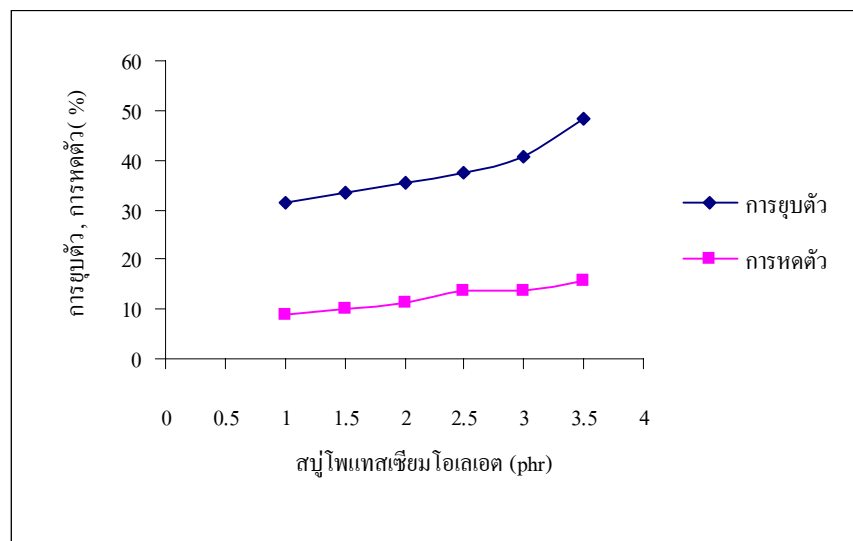
สบู่ (phr)	ลักษณะฟอง	เวลาเจล (นาท)	ลักษณะฟองหลังวัลคาไนซ์
1	เกิดฟองยาก, ลักษณะฟองขนาดใหญ่ไม่สม่ำเสมอ	1.5	ฟองน้ำเกิดการหดตัวเล็กน้อย, ผิวหน้าไม่เรียบ
1.5	เกิดฟองได้ง่าย, ลักษณะฟองสม่ำเสมอ	1.5	ฟองน้ำเกิดการหดตัวเล็กน้อย, ผิวหน้าไม่เรียบ
2	เกิดฟองได้ง่าย, ลักษณะฟองเป็นครีมละเอียด สม่ำเสมอ	2	ฟองน้ำเกิดการหดตัวเล็กน้อย, ผิวหน้าเรียบและนุ่ม
2.5	เกิดฟองได้ง่าย ลักษณะฟองเป็นครีม ไม่สม่ำเสมอ	3	ฟองน้ำเกิดการหดตัวน้อยลง การยุบตัวเพิ่มขึ้นเล็กน้อย, ผิวหน้าเรียบและนุ่ม
3	เกิดฟองได้ง่าย ลักษณะฟองเป็นครีม ไม่สม่ำเสมอ	3	ฟองน้ำเกิดการหดตัวน้อยลง, การยุบตัวเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ผิวหน้าค่อนข้างเรียบและนุ่ม
3.5	เกิดฟองได้ง่าย ลักษณะฟองเป็นครีม ไม่สม่ำเสมอ	3.5	ฟองน้ำเกิดการหดตัวเล็กน้อย, การยุบตัวเพิ่มขึ้น ผิวหน้าเรียบและนุ่ม



รูปที่ 4.1 ผลของปริมาณสบู่โพแทสเซียมโอเลเอตต่อเวลาเจลของยางฟองน้ำ

รูปที่ 4.1 แสดงให้เห็นว่า การใส่สบู่โพแทสเซียมโอเลเอตในปริมาณเพิ่มขึ้นทำให้ฟองน้ำมีระยะเวลาเจลเพิ่มขึ้น โดยการใช้สบู่ในช่วง 1-1.5 phr ระยะเวลาการเจลไม่แตกต่างกันคือ 1.5 นาที แต่เมื่อใส่สบู่

โพแทสเซียมโอเลเอตในปริมาณเพิ่มขึ้นทำให้ระยะเวลาเจลเพิ่มขึ้น อาจเนื่องจากเมื่อปริมาณสบู่โพแทสเซียมโอเลเอตมากขึ้นในน้ำยางและมีปริมาณของสารก่อเจล (SSF) ปริมาณ 1.5 phr การเพิ่มสบู่มากขึ้นจาก 1.5-2.5 phr ทำให้น้ำยางมีความเสถียรเพิ่มขึ้นทำให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาระหว่างฟองยางและ SSF ช้าลง ดังนั้นการแก้ไขระยะเวลาเจลให้เร็วขึ้นโดยการเพิ่มปริมาณของ SSF ในปริมาณที่เหมาะสมกับปริมาณของสบู่โพแทสเซียมโอเลเอตที่เพิ่มขึ้น



รูปที่ 4.2 ผลของปริมาณสบู่โพแทสเซียมโอเลเอตต่อการยุบตัวและหดตัวของยางฟองน้ำ

รูปที่ 4.2 แสดงให้เห็นว่า การใส่สบู่โพแทสเซียมโอเลเอตในปริมาณเพิ่มขึ้นทำให้น้ำยางเกิดการยุบตัวเพิ่มขึ้นการใช้สบู่โพแทสเซียมโอเลเอต 1-2.5 phr จะมีการยุบตัวที่ไม่สูงมากแต่ในการใช้สบู่ในปริมาณเพิ่มขึ้นช่วง 3-3.5 phr อัตราการยุบตัวจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว เนื่องจากในน้ำยางมีปริมาณของสารก่อเจล (SSF) ปริมาณ 1.5 phr การเพิ่มสบู่มากขึ้นทำให้น้ำยางมีความเสถียรเพิ่มขึ้น และน้ำยางที่ปั่นด้วยความเร็วสูงจะเกิดฟองมากขึ้น ฟองยางจะเกิดการเจลช้าลง ทำให้น้ำยางเกิดการแตกตัวและยุบตัวมากขึ้นทำนองเดียวกัน การใส่สบู่โพแทสเซียมโอเลเอตในปริมาณเพิ่มขึ้นทำให้น้ำยางเกิดการหดตัวมากขึ้นด้วย โดยการหดตัวจะมีค่าน้อยกว่าการยุบตัวเนื่องจากการยุบตัวนั้นมีผลของความดันบรรยากาศเข้ามาเกี่ยวข้องด้วย

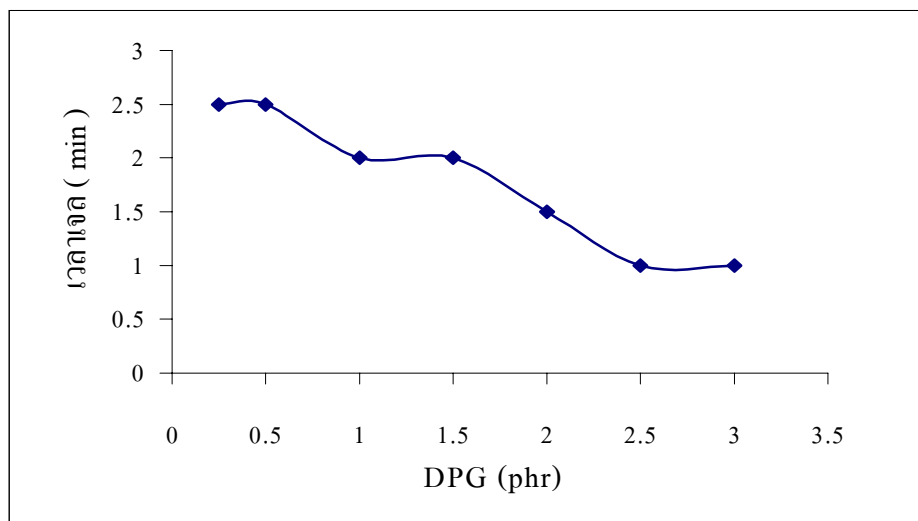
จากรูปที่ 4.1-4.2 จะเห็นได้ว่าการใส่สบู่โพแทสเซียมโอเลเอตในปริมาณเพิ่มขึ้นทำให้น้ำยางฟองน้ำมีเปอร์เซ็นต์การยุบตัว การหดตัวและระยะเวลาเจลเพิ่มขึ้น

4.2.2 Diphenyl Guanidine (DPG)

นำยางชั้นชนิดแอมโมเนียต่ำปรมสารเคมีแล้ว นำมาเตรียมยางฟองน้ำตามหัวข้อที่ 2 โดยใส่สารเคมีเพิ่มเติมดังแสดงในตารางที่ 5 แปรปริมาณ Diphenyl Guanidine ต่างๆ กัน คือ 0.25, 0.5, 1, 1.5, 2, 2.5 และ 3 phr แล้วตรวจสอบระยะเวลาเจล เปอร์เซ็นต์การยุบและหดตัว ได้ผลดังแสดงในรูปที่ 4.3 - 4.4

ตารางที่ 5 ส่วนผสมของยางฟองน้ำที่แปรปริมาณ DPG

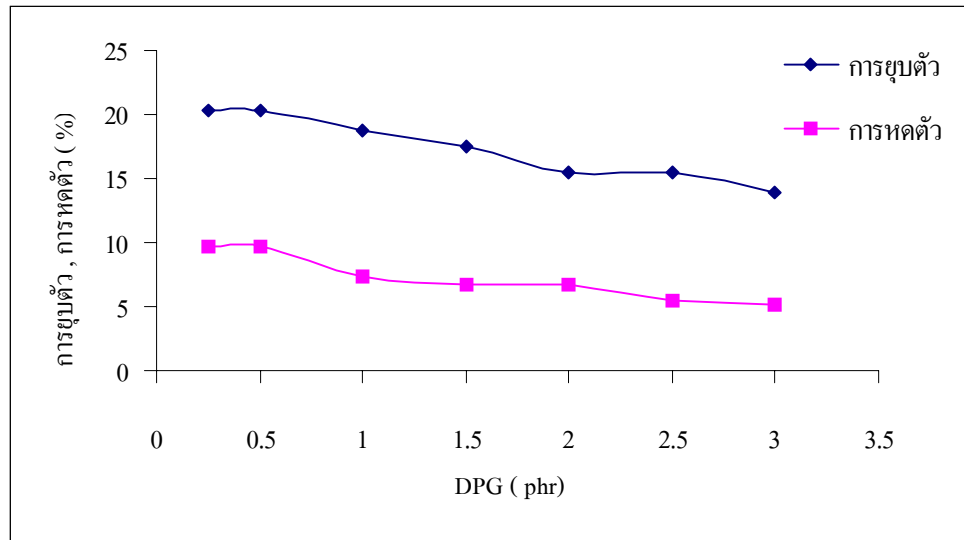
สารเคมี	สูตรแห้ง (phr)	สูตรเปียก (กรัม)
น้ำยางปม (ตารางที่ 1)	106.5	183
20 % K-Oleate	2	10
10 % DPG	0.25, 0.5, 1, 1.5, 2, 2.5 และ 3	2.5, 5, 10, 15, 20, 25 และ 30
50 % ZnO	5	10
20 % SSF	1.5	7.5



รูปที่ 4.3 ผลของปริมาณ Diphenyl Guanidine ต่อระยะเวลาในการเจลของยางฟองน้ำ

จากรูปที่ 4.3 แสดงให้เห็นว่า DPG ในปริมาณน้อยกว่า 0.5 phr จะใช้เวลาในการเจลเหมือนกันประมาณ 2.5 นาที และการเพิ่มปริมาณ DPG เป็น 1-1.5 phr เวลาที่ใช้ในการเจลมีค่าค่อนข้างคงที่ คาดว่าเป็นช่วงที่สารก่อเจลหลัก (SSF) เกิดปฏิกิริยากับ DPG ซึ่งเป็นสารก่อเจลเสริมในอัตราเร็วที่เท่ากันพอดี เวลาเจลจึงมีค่าคงที่ แต่เมื่อเพิ่มปริมาณของ DPG เป็น 1.5-2.5 phr เวลาในการเจลจะลดลงอย่างรวดเร็ว เนื่องจาก DPG มีปริมาณมากเพียงพอที่จะให้สารก่อเจลหลัก SSF เกิดปฏิกิริยาการเจลอย่างรวดเร็ว การใส่

DPG ในปริมาณมากเกินไปช่วง 2.5-3 phr (มี SSF คงที่ 1.5 phr) จะไม่ทำให้ปฏิกิริยาการเจลเร็วขึ้น เนื่องจากสารก่อเจลหลัก (SSF) มีปริมาณคงที่ เวลาในการเจลจึงมีค่าคงที่ประมาณ 1 นาที ซึ่งถือว่าเร็วมาก ยางพองน้ำจะเกิดการจับตัวก่อนที่จะเทใส่เข้าผลิตภัณฑ์ต่อไป



รูปที่ 4.4 ผลของปริมาณ Diphenyl Guanidine ต่อการยุบตัวและหดตัวของฟองน้ำ

จากรูปที่ 4.4 แสดงให้เห็นว่าเมื่อปริมาณ Diphenyl Guanidine อยู่ในช่วง 0.25-0.5 phr การยุบตัวจะไม่แตกต่างกัน การใส่ Diphenyl Guanidine ในปริมาณเพิ่มขึ้นในช่วง 1-3 phr การยุบตัวของฟองน้ำมีแนวโน้มลดลง เนื่องจาก Diphenyl Guanidine เป็นสารตัวเร่งอย่างช้าๆ และทำหน้าที่เป็นสารเสริมการจับตัวทำให้การเจลขึ้นได้ดี ยางพองน้ำจะรักษารูปทรงได้ดี การยุบตัวน้อยลงตามปริมาณ Diphenyl Guanidine ที่เพิ่มขึ้น ในทำนองเดียวกันการหดตัวของฟองน้ำจะมีค่าน้อยกว่าการยุบตัว เนื่องจาก การยุบตัวของยางพองน้ำมีความดันบรรยากาศเข้ามาเกี่ยวข้องด้วยทำให้มีการยุบตัวสูงกว่าการหดตัว

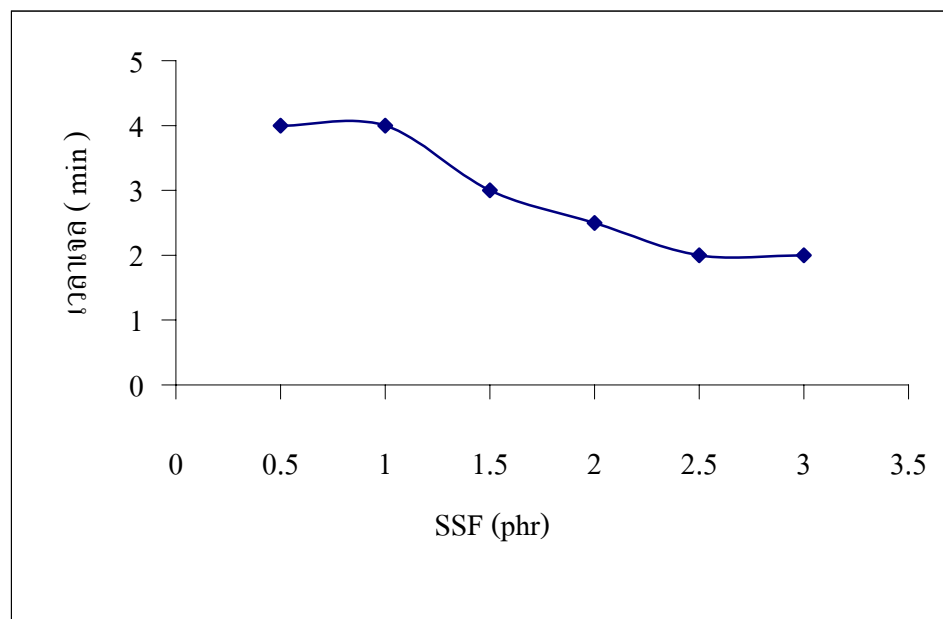
นั่นคือการใส่ Diphenyl Guanidine ปริมาณเพิ่มขึ้นในกระบวนการทำยางพองน้ำ จะได้ยางพองน้ำที่วัลคาไนซ์แล้วมีเปอร์เซ็นต์การยุบตัว การหดตัว และระยะเวลาในการเจลลดลง

4.2.3 Sodium Silico Fluoride (SSF)

นำยางชั้นชนิดแอมโมเนียต่ำปรมสารเคมีแล้วดังตารางที่ 1 นำมาเตรียมยางฟองน้ำตามวิธีการในหัวข้อที่ 2 โดยใส่สารเคมีเพิ่มเติมดังแสดงใน ตารางที่ 6 ทำการแปรปริมาณ SSF ต่างๆ กัน คือ 0.5, 1, 1.5, 2, 2.5 และ 3 phr ค่าเปอร์เซ็นต์การยุบตัว การหดตัว และระยะเวลาเจลของฟองยาง ดังแสดงในรูปที่ 4.5-4.6

ตารางที่ 6 ยางฟองน้ำที่แปรปริมาณ SSF

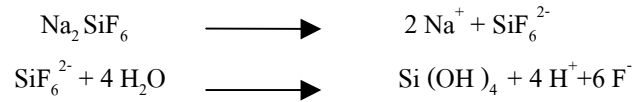
สารเคมี	สูตรแห้ง (phr)	สูตรเปียก (กรัม)
น้ำยางปม (ตารางที่ 8)	106.5	183
20 % K-Oleate	2	10
10 % DPG	1	10
50 % ZnO	5	10
20 % SSF	0.5, 1, 1.5, 2, 2.5 และ 3	2.5, 5, 7.5, 10, 12.5 และ 15



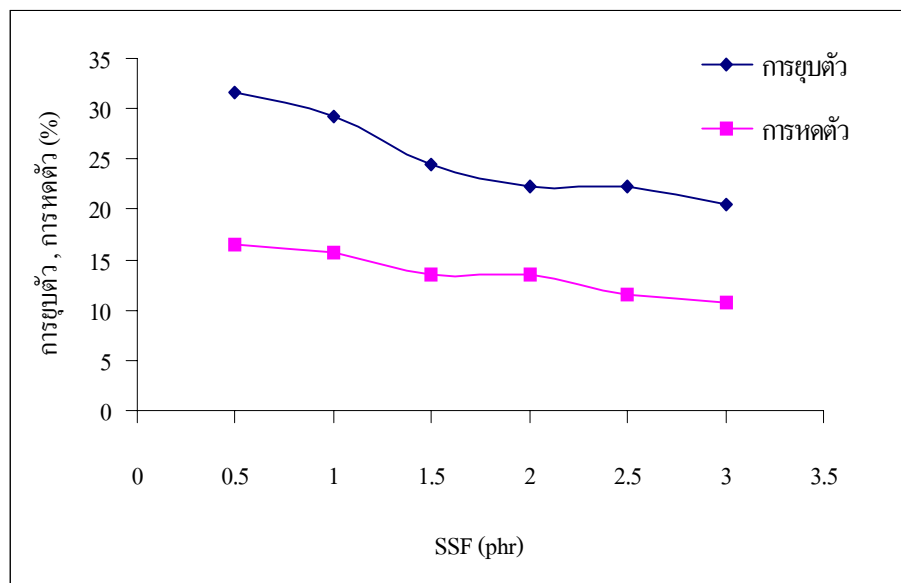
รูปที่ 4.5 ผลของปริมาณ SSF ต่อเวลาเจลของยางฟองน้ำ

จากรูปที่ 4.5 แสดงให้เห็นว่าเมื่อปริมาณของ SSF เพิ่มขึ้นทำให้เวลาในการเจลของฟองน้ำมีค่าน้อยลง โดยในช่วง 0.5-1 phr ระยะเวลาการเจลจะไม่แตกต่างกัน อยู่ในช่วง 4 นาที ส่วนการเพิ่มปริมาณ SSF ในช่วง 1.5-3 phr ระยะเวลาการเจลจะลดลง เนื่องจาก SSF เป็นสารเจลหลักทำให้ยางฟองน้ำเกิดการเจล เมื่อปริมาณ SSF เพิ่มขึ้นระยะเวลาการเจลจึงลดลง

ปฏิกิริยาของ SSF ที่เกิดขึ้น ดังนี้ (บุญธรรม, พ.ศ. 2532)



ไฮโดรเจนไอออนทำให้น้ำยางมี pH ลดลง พร้อมกับการเกิด Si(OH)_4 ซึ่งอาจดูดพวกสบู่จากอนุภาคยางแล้ว ทำให้อย่างเกิดการจับตัว



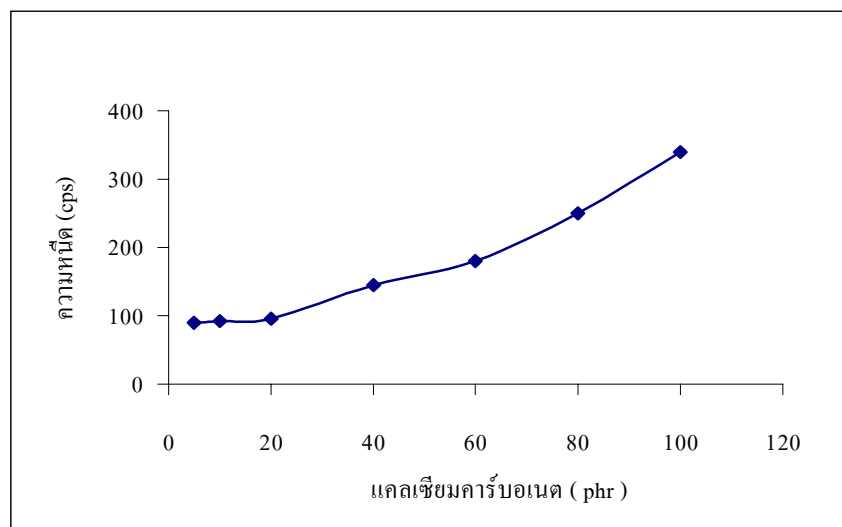
รูปที่ 4.6 ผลของปริมาณ SSF ต่อการยุบตัวและหดตัวของยางฟองน้ำ

จากรูปที่ 4.6 จะเห็นว่า เมื่อปริมาณของ SSF เพิ่มขึ้นทำให้การยุบตัวของฟองน้ำลดลง การใช้ SSF ปริมาณ 0.5-1.5 phr การยุบตัวของฟองน้ำจะลดลงอย่างรวดเร็ว เมื่อเพิ่มปริมาณของ SSF ในช่วง 1.5-3 phr การยุบตัวค่อยๆ ลดลง เนื่องจาก SSF เป็นสารก่อเจลหลักทำให้เกิดการคงรูปของฟองน้ำเมื่อปริมาณ SSF เพิ่มขึ้น ทำให้เกิดปฏิกิริยาการเจลเร็วด้วย โดยเปอร์เซ็นต์การยุบตัวของยางฟองน้ำมีค่าลดต่ำลงมากกว่าการหดตัว

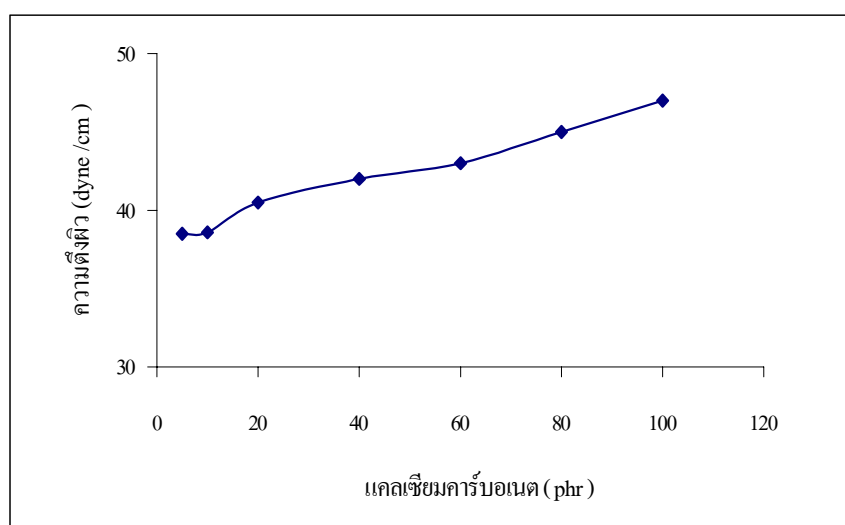
4.3 สมบัติความหนืดของน้ำยางที่ใส่สารตัวเติมเพิ่มความหนืด

4.3.1 ความหนืดของน้ำยางที่แปรปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนต

นำน้ำยางข้นชนิดเอมโมเนียตํามา 167 กรัม (เทียบเท่ากับยางแห้ง 100 กรัม) ใส่แคลเซียมคาร์บอเนต 5, 10, 20, 40, 60, 80 และ 100 phr กวนให้เข้ากันดี แล้วนำมาวัดความหนืดได้ผลดังแสดงในรูปที่ 4.7 ตรวจสอบความสามารถในการเกิดฟองโดยวัดค่าความตึงผิวของน้ำยางที่แปรปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนต ดังแสดงในรูปที่ 4.8



รูปที่ 4.7 ผลของปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนตต่อความหนืดของน้ำยาง

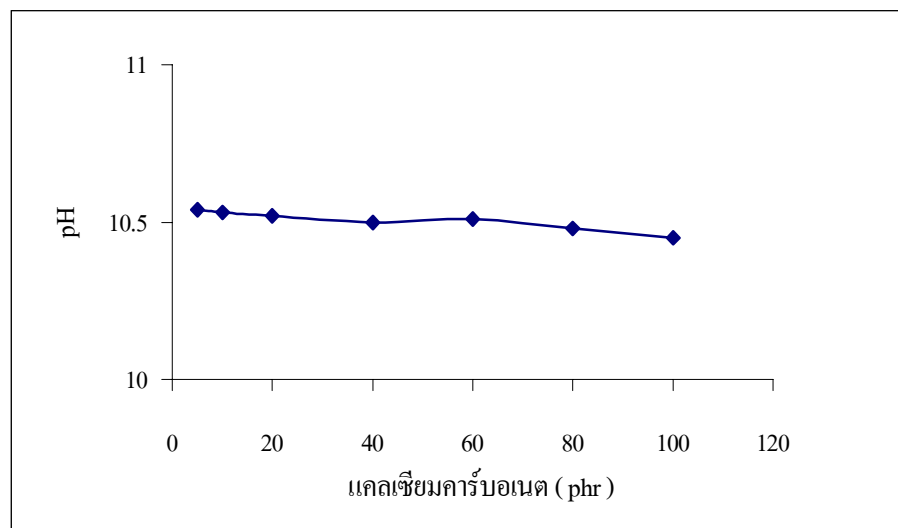


รูปที่ 4.8 ผลของปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนตต่อความตึงผิวของน้ำยาง

จากรูปที่ 4.7 จะเห็นว่าน้ำยางข้นแอมโมเนียต่ำที่ใส่แคลเซียมคาร์บอเนตปริมาณต่ำกว่า 20 phr มีความหนืดไม่เปลี่ยนแปลงนัก การเพิ่มปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนตที่สูงกว่า 20 phr มีผลให้ความหนืดของน้ำยางค่อยๆ เพิ่มขึ้น เนื่องจากแคลเซียมคาร์บอเนตที่เติมลงไปจะกระจายอยู่ในน้ำยางทำให้ความเข้มข้นของน้ำยางเพิ่มขึ้น ค่าความหนืดของน้ำยางจึงมีค่าสูงขึ้น ในขณะเดียวกันสนับที่กระจายในน้ำยางจะมาอยู่รอบผิวอนุภาคของแคลเซียมคาร์บอเนตด้วย ทำให้ปริมาณของสนับที่กระจายบนผิวของอนุภาคยางและน้ำยางมีปริมาณลดลงจึงมีผลทำให้ค่าความตึงผิวของน้ำยางมีค่าเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ความตึงผิวของน้ำยางมีค่าเพิ่มขึ้นตามปริมาณของแคลเซียมคาร์บอเนตที่เพิ่มขึ้นด้วยดังแสดงในรูปที่ 4.8

ความเป็นกรด-ด่างของน้ำยางที่แปรปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนต

นำน้ำยางข้นชนิดแอมโมเนียต่ำมา ใส่ แคลเซียมคาร์บอเนต 5, 10, 20, 40, 60, 80 และ 100 phr กวนให้เข้ากันดี แล้วนำมาวัดค่า pH ได้ผลดังแสดงในรูปที่ 4.9



รูปที่ 4.9 ผลของปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนตต่อ pH ของน้ำยาง

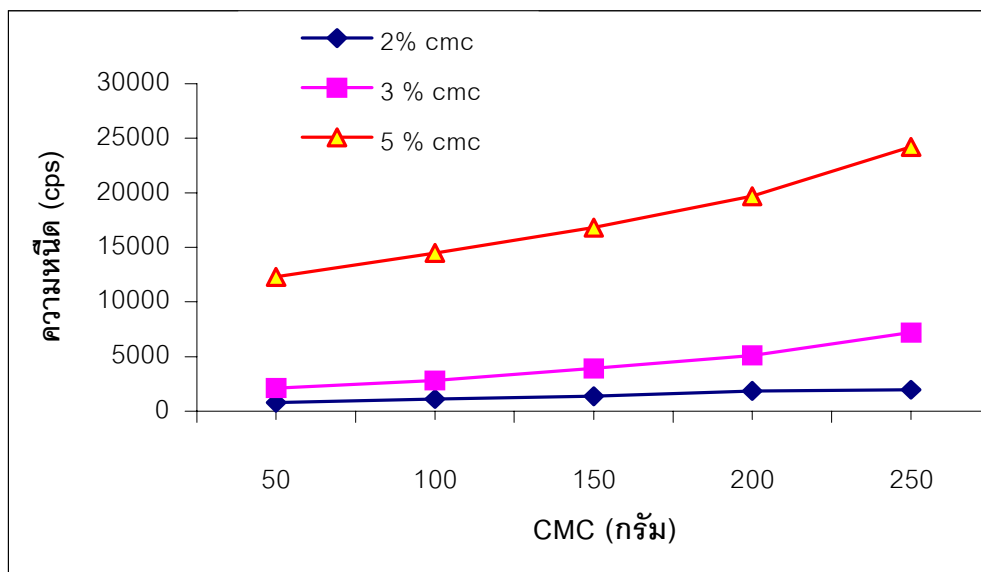
การเพิ่มแคลเซียมคาร์บอเนตปริมาณมากในน้ำยาง จะทำให้ค่า pH ของน้ำยางมีค่าลดลง เนื่องจากแคลเซียมคาร์บอเนตมีค่า $\text{pH} = 9.77$ อย่างไรก็ตามการใส่แคลเซียมคาร์บอเนตในปริมาณต่ำในช่วง 20-100 phr ไม่มีผลทำให้ค่า pH ของน้ำยางเปลี่ยนแปลงมากนักดังแสดงในรูปที่ 9 จะเห็นว่าค่า pH ของน้ำยางอยู่ในช่วง 10.4-10.5 ซึ่งไม่มีผลทำให้น้ำยางเกิดการสูญเสียสภาพเนื่องจากความเป็นกรด-ด่าง ของแคลเซียมคาร์บอเนต แต่อนุภาคของแคลเซียมคาร์บอเนตสามารถดูดน้ำ ทำให้อนุภาคของยางเข้ามาใกล้กัน ดังนั้นอนุภาคของยางหรือแคลเซียมคาร์บอเนต อาจเกิดการรวมตัวกันเองหรืออนุภาคของแคลเซียมคาร์บอเนตเกิดการรวมตัวกับอนุภาคของยาง ทำให้อนุภาคยางเกิดการจับตัวน้ำยางสูญเสียความเสถียรได้ ดังนั้นในการเตรียมน้ำยางฟองน้ำจะใช้ปริมาณของแคลเซียมคาร์บอเนต ปริมาณ 20 – 100 phr

4.3.2 ความหนืดของน้ำยางที่แปรความเข้มข้นของสารเพิ่มความหนืด (CMC)

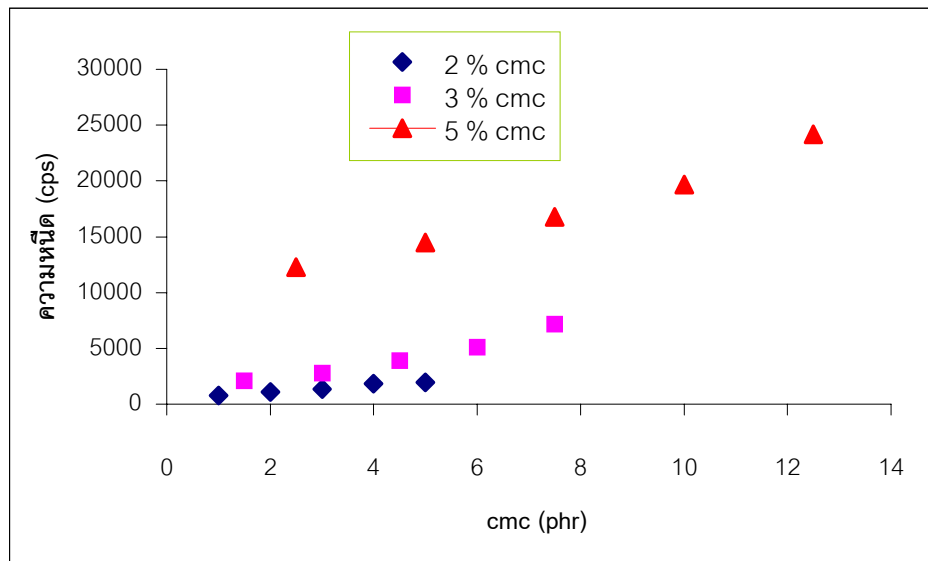
นำน้ำยางข้นชนิดแอมโมเนียต่ำ 167 กรัม เติม 2% CMC, 3% CMC และ 5% CMC ปริมาณต่างๆ (50, 100, 150, 200 และ 250 กรัม) ดังแสดงในตารางที่ 7 กวนอย่างช้าๆ ให้น้ำยางและ CMC เข้ากันดี แล้วนำมาวัดค่าความหนืด ได้ผลดังแสดงในรูปที่ 4.10-4.11

ตารางที่ 7 สูตรน้ำยางที่ใส่ สาร CMC ความเข้มข้น 2%, 3% และ 5% ปริมาณต่างๆ

2 % (CMC)		3 % (CMC)		5 % (CMC)	
กรัม	phr	กรัม	phr	กรัม	phr
50	1	50	1.5	50	2.5
100	2	100	3	100	5
150	3	150	4.5	150	7.5
200	4	200	6	200	10
250	5	250	7.5	250	12.5



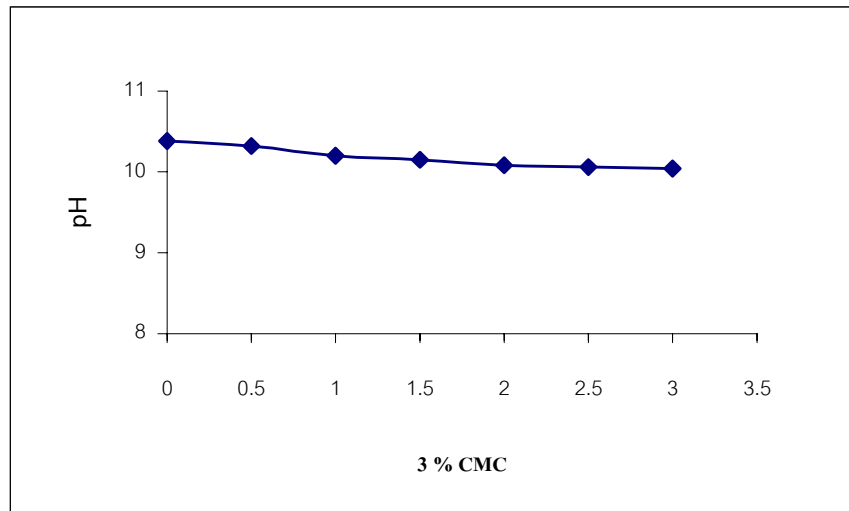
รูปที่ 4.10 ผลของปริมาณ CMC ต่อค่าความหนืดของน้ำยาง



รูปที่ 4.11 ผลของปริมาณ CMC ต่อค่าความหนืดของน้ำยาง

ความหนืดของน้ำยางข้นชนิดแอมโมเนียต่ำที่ใส่ CMC ความเข้มข้นต่างๆ คือ 2% , 3% และ 5% ปริมาณต่างๆ (50, 100, 150, 200 และ 250 กรัม) ในน้ำยาง 167 กรัม จะเห็นว่า เมื่อเพิ่มปริมาณของ CMC ความหนืดของน้ำยางจะมีค่าเพิ่มขึ้น และเมื่อความเข้มข้นของ CMC สูงขึ้น (หรือ มี CMC ปริมาณมากขึ้น) จะทำให้ความหนืดเพิ่มมากขึ้น เนื่องจาก CMC มีความเข้มข้นสูงขึ้น ทำให้ความหนืดเพิ่มขึ้นด้วย ดังรูปที่ 4.10-4.11 การใส่ 2% และ 3% CMC จะให้ค่าความหนืดเพิ่มขึ้นด้วยอัตราเร็วกว่า 5% CMC การใช้ CMC ในปริมาณที่เพิ่มขึ้นทำให้ความหนืดของน้ำยางมีค่าเพิ่มสูงขึ้น มีผลต่อการผลิตยางฟองน้ำในกระบวนการตีฟอง หากน้ำยางมีค่าความหนืดสูงมีแนวโน้มต่อการตีฟองค่อนข้างยาก สารเพิ่มความหนืด (CMC) ในปริมาณที่น้ำหนักเท่ากัน 3% CMC จะมีน้ำเจือปนอยู่มากกว่าจึงมีสารเพิ่มความหนืดในปริมาณที่ต่ำกว่า ส่งผลให้น้ำยางมี 3% CMC มีค่าความหนืดต่ำกว่าการใส่ 5% CMC ในปริมาณน้ำหนักที่เท่ากัน ดังนั้นการศึกษาผลของความหนืดน้ำยางที่ใส่แคลเซียมคาร์บอเนตปริมาณต่างๆ และแปรปริมาณของ CMC จะใช้ CMC ความเข้มข้น 3%

นำน้ำยางคอมปาวด์ตามหัวข้อที่ 1 มาใส่ 3% CMC ปริมาณ 0-3 phr แล้วบ่มที่อุณหภูมิห้องโดยการกวนอย่างช้าๆ เป็นเวลา 1 วัน แล้วนำมาวัดค่า pH ได้ผลดังแสดงในรูปที่ 4.12



รูปที่ 4.12 ระดับปริมาณ CMC ต่อค่า pH (ใช้ 3%CMC)

จากรูปที่ 4.12 จะเห็นว่า เมื่อปริมาณของสาร CMC เพิ่มขึ้นค่า pH ของน้ำยางมีแนวโน้มลดลง โดยค่า pH ของน้ำยางบ่มที่ไม่ใส่สาร CMC จะมีค่า pH มากที่สุดคือ 10.38 แต่พอใส่สาร CMC ค่า pH จะมีค่าลดลงเล็กน้อย ตามปริมาณของสาร CMC ที่ใส่เพิ่มขึ้น เนื่องจากสาร CMC มีค่า pH เท่ากับ 6.85 ซึ่งต่ำกว่าน้ำยางบ่ม เมื่อใส่สาร CMC ในน้ำยางคอมปาวด์ที่บ่มเป็นเวลา 1 วัน จึงทำให้ค่า pH ในน้ำยางบ่มลดลงเล็กน้อย

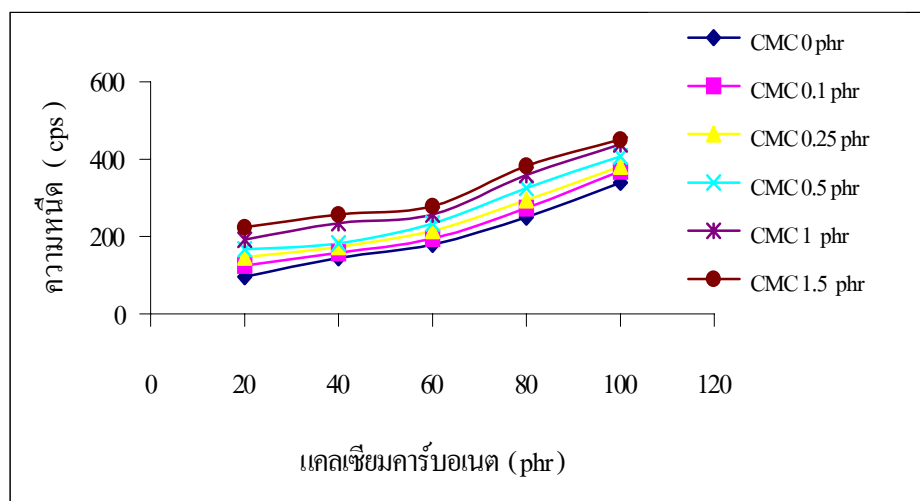
หมายเหตุ	ค่า pH ของ น้ำยางชั้นชนิดแอมโมเนียต่ำ	=	10.58
	20 % K-Oleate	=	10.86
	50% S	=	8.85
	50% ZDEC+ZMBT	=	7.55
	3% CMC	=	6.86

4.3.3 ความหนืดของน้ำยางที่แปรปริมาณสารเพิ่มความหนืด (CMC)

นำน้ำยางข้นแอมโมเนียดำหนัก 167 กรัม (100 phr) มาเติมแคลเซียมคาร์บอเนตในปริมาณ 20, 40, 60, 80 และ 100 กรัม แปรความหนืดด้วยการใส่ 3% CMC ปริมาณต่างๆ (0, 0.1, 0.25, 0.5, 1 และ 1.5 phr) ดังส่วนผสมในตารางที่ 8 ตรวจสอบความหนืดที่เปลี่ยนไปผลดังแสดงในรูปที่ 4.13

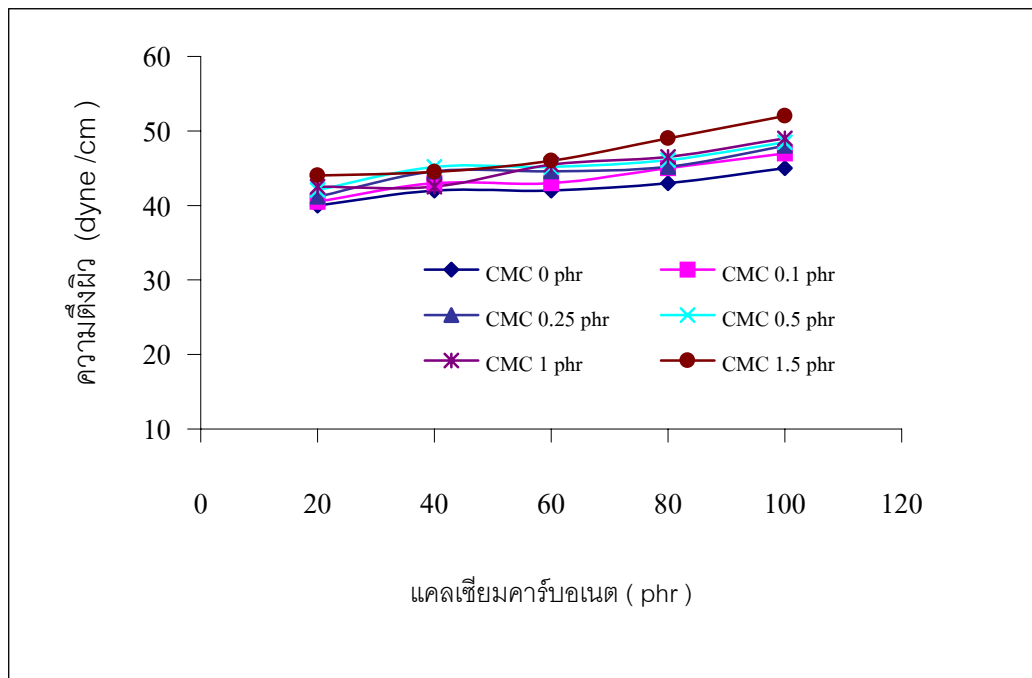
ตารางที่ 8 สูตรยางฟองน้ำที่ใส่แคลเซียมคาร์บอเนตปริมาณต่างๆ

สารเคมี	สูตรที่ (phr)				
	1	2	3	4	5
60% LA-latex	100	100	100	100	100
3%CMC	0, 0.1, 0.25, 0.5, 1 และ 1.5				
CaCO ₃	20	40	60	80	100



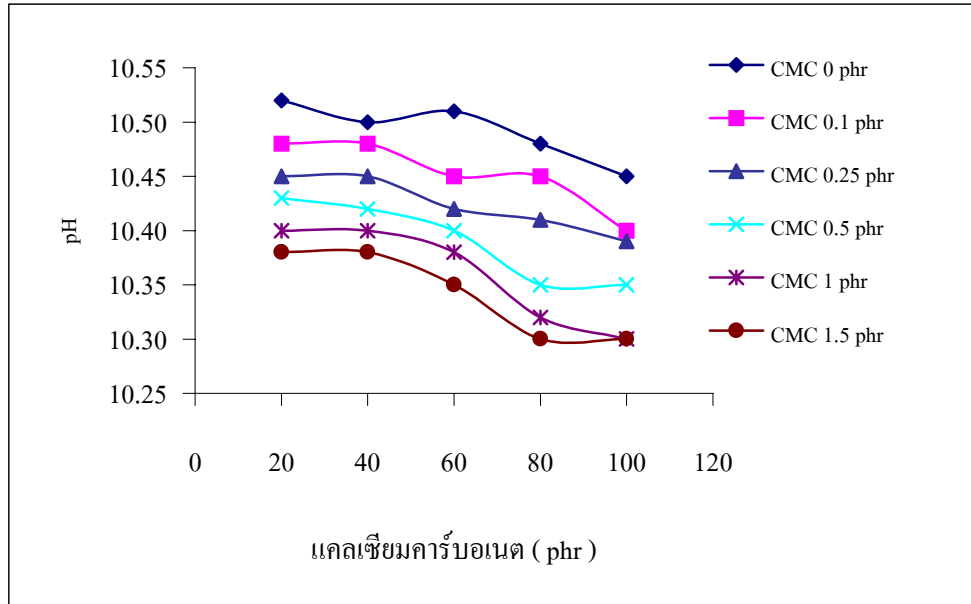
รูปที่ 4.13 ผลของปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนตต่อค่าความหนืดของน้ำยางเมื่อใช้ 3 % CMC ปริมาณต่าง ๆ

เมื่อเพิ่มปริมาณของแคลเซียมคาร์บอเนต ในปริมาณ 20-100 phr มีผลให้ค่าความหนืดของน้ำยางค่อยๆ เพิ่มขึ้น เนื่องจาก แคลเซียมคาร์บอเนตเป็นสารตัวเติม เมื่อใส่ลงไปในน้ำยางจะดูดซึมน้ำที่มีอยู่ในน้ำยางทำให้ปริมาณของแข็งในน้ำยางมีมากขึ้นทำให้อนุภาคที่อยู่ในน้ำอยู่ใกล้กันมากยิ่งขึ้นมีผลให้ความหนืดเพิ่มสูงขึ้น การใส่ CMC ลงไปในน้ำยางที่มีแคลเซียมคาร์บอเนตปริมาณต่างๆ กัน จะทำให้ค่าความหนืดค่อยๆ เพิ่มขึ้นเช่นเดียวกัน เนื่องจาก CMC เป็นสารเพิ่มความหนืดเมื่อใส่ในปริมาณที่เพิ่มมากขึ้น ย่อมทำให้ค่าความหนืดของน้ำยางเพิ่มสูงขึ้นด้วย ส่งผลให้อนุภาคของแคลเซียมคาร์บอเนตกระจายตัวอยู่ในน้ำยางได้ อย่างไรก็ตามตรวจสอบความสามารถในการเกิดฟองโดยการตรวจสอบสมบัติความตึงผิวของน้ำยางดังกล่าวได้ผลดังรูปที่ 4.14



รูปที่ 4.14 ผลของปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนตต่อค่าความตึงผิวของน้ำยางเมื่อใช้ 3 % CMC ปริมาณต่าง ๆ

เมื่อเพิ่มปริมาณของแคลเซียมคาร์บอเนตและ CMC มีผลทำให้ค่าความตึงผิวของน้ำยางค่อย ๆ เพิ่มขึ้นดังรูปที่ 4.14 เนื่องจากเมื่อใส่แคลเซียมคาร์บอเนตลงไปในน้ำยาง สบู่ที่อยู่ในน้ำยางส่วนหนึ่งจะมาอยู่รอบๆอนุภาคของแคลเซียมคาร์บอเนตเพื่อไม่ให้แคลเซียมคาร์บอเนตกระจายอยู่ในน้ำยางได้ ทำให้สบู่ที่อยู่ตรงผิวของน้ำยางมีปริมาณน้อยลง ความตึงผิวจึงมีค่าเพิ่มขึ้น เช่นเดียวกันเมื่อใส่ CMC ลงไปในน้ำยาง ค่าความตึงผิวของน้ำยางจะมีค่าเพิ่มขึ้นด้วยตามปริมาณของ CMC แต่อย่างไรก็ตามการใส่ CMC ที่ใช้ปริมาณ 0.1-1.5 phr จะมีผลให้ค่าความตึงผิวเปลี่ยนแปลงไปไม่มากนัก (< 10 dyne/cm) จึงตรวจสอบสมบัติความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของน้ำยางที่ใส่แคลเซียมคาร์บอเนตและ CMC ปริมาณต่างๆ ได้ผลดังแสดงในรูปที่ 4.15



รูปที่ 4.15 ผลของปริมาณ แคลเซียมคาร์บอเนตต่อค่า pH ของน้ำยางเมื่อใช้ 3 % CMC ปริมาณต่าง ๆ กัน

ค่า pH ของ 60% น้ำยางขึ้นแอมโมเนียดามีค่า 10.58 การใช้ 60% น้ำยางขึ้นแอมโมเนียดามีค่าที่ได้แคลเซียมคาร์บอเนตปริมาณต่างๆ (20, 40, 60, 80 และ 100 กรัม) และใส่ 3% CMC ปริมาณต่างๆ (0, 0.1, 0.25, 0.5, 1 และ 1.5 phr) ได้ผลดังแสดงในรูปที่ 4.15 จะเห็นว่าการใส่ CMC ลงไปในน้ำยางมีผลให้ pH ของน้ำยางลดต่ำลง การใช้แคลเซียมคาร์บอเนตปริมาณ 0 - 40 phr ไม่มีผลให้ค่า pH ของน้ำยางเปลี่ยนไป แต่การใช้แคลเซียมคาร์บอเนตในปริมาณสูงขึ้น (60-100 phr) จะทำให้ pH ของน้ำยางคอมปาวด์ลดต่ำลง เนื่องจากน้ำยางขึ้นแอมโมเนียดามี pH = 10.58 และสาร CMC มีค่า pH = 6.72 เมื่อเพิ่มปริมาณของแคลเซียมคาร์บอเนต (pH = 9.77) ในปริมาณที่มากขึ้นจะให้ค่า pH ลดลง อย่างไรก็ตามค่า pH ของน้ำยางเปลี่ยนแปลงไปเล็กน้อย (pH อยู่ระหว่าง 10.3-10.5) คาดว่าความเสถียรของน้ำยางเปลี่ยนแปลงไม่มากนัก ไม่มีผลต่อกระบวนการทำยางฟองน้ำ น้ำยางคอมปาวด์น่าจะมีความเสถียรเพียงพอ สามารถดีฟองทำยางฟองน้ำได้

4.4 สมบัติของยางฟองน้ำวัลคาไนซ์

4.4.1 ผลของปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนตต่อการเตรียมขึ้นฟองน้ำ

การศึกษาผลของปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนตต่อการเตรียมขึ้นฟองน้ำ โดยใช้ยางบ่มตามตารางที่ 1 เตรียมขึ้นฟองน้ำที่แปรปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนตในปริมาณ 5, 10, 20, 40, 60, 80 และ 100 กรัม ดังสูตรในตารางที่ 9 ลักษณะของฟองน้ำก่อนการเจด เวลาเจด และลักษณะภายนอกของขึ้นฟองน้ำที่ได้แคลเซียมคาร์บอเนตปริมาณต่างๆ หลังการวัลคาไนซ์ดังแสดงในตารางที่ 10 และรูปที่ 4.16

ตารางที่ 9 สูตรยางฟองน้ำที่ได้แคลเซียมคาร์บอเนตปริมาณต่างๆ

สูตรเคมี สสารเคมี	น้ำหนัก (กรัม)						
	1	2	3	4	5	6	7
น้ำยางบ่ม*	183	183	183	183	183	183	183
50% ZnO	10	10	10	10	10	10	10
10% DPG	10	10	10	10	10	10	10
20% SSF	10	10	10	10	10	10	10
20 % K- Oleate	10	10	10	10	10	10	10
CaCO ₃	5	10	20	40	60	80	100

* น้ำยางบ่มจากตารางที่ 1

ตารางที่ 10 ลักษณะของฟองน้ำก่อนการเจล และลักษณะภายนอกของชั้นฟองน้ำที่ใส่ แคลเซียมคาร์บอเนตปริมาณต่างๆ

CaCO ₃ (phr)	ลักษณะของฟองยาง ก่อนการเจล	เวลาเจล (นาท)	ลักษณะของฟองน้ำ หลังการวัลคาไนซ์
5	ฟองละเอียดสม่ำเสมอเกิด ฟองได้ง่าย	3.0	ฟองน้ำเกิดการหดตัวน้อย ผิวหน้าเรียบและนุ่ม
10	ฟองละเอียดสม่ำเสมอเกิด ฟองได้ง่าย	2.5	ฟองน้ำเกิดการหดตัวน้อย ผิวหน้าเรียบและนุ่ม
20	ฟองละเอียดสม่ำเสมอเกิด ฟองได้ยากขึ้น ใช้เวลาในการ ตีฟองนานขึ้น	2.5	ฟองน้ำเกิดการหดตัวน้อย ผิวหน้าเรียบและฟองน้ำแข็งขึ้น
40	ฟองละเอียดสม่ำเสมอเกิด ฟองได้ยากขึ้น ใช้เวลาในการ ตีฟองนานขึ้น	2.0	ฟองน้ำเกิดการหดตัวน้อย ผิวหน้าเรียบและฟองน้ำแข็งขึ้น
60	ฟองยางละเอียดสม่ำเสมอเกิด ฟองได้ยากมากกว่าเดิม ใช้ เวลาในการตีฟองนานขึ้น	2.0	ฟองน้ำเกิดการหดตัวน้อย ผิวหน้าเรียบและฟองน้ำแข็งขึ้น
80	ฟองยางมีลักษณะผิวค่อนข้าง หยาบ ใช้เวลาในการตีฟอง นาน	1.5	ฟองน้ำเกิดการหดตัวน้อย ผิวนุ่มหยาบ และฟองน้ำแข็ง ขึ้น
100	ฟองยางมีลักษณะผิวค่อนข้าง หยาบ ใช้เวลาในการตีฟอง นาน	1.5	ฟองน้ำเกิดการหดตัวน้อย ผิวหยาบและฟองน้ำแข็งขึ้น

จากตารางที่ 10 จะเห็นว่าการใส่แคลเซียมคาร์บอเนตในน้ำยางคอมปาวด์มีผลทำให้ระยะเวลาในการเจลของยางเร็วขึ้น เนื่องจากแคลเซียมคาร์บอเนตที่กระจายอยู่ในน้ำยางจะดูดน้ำและอนุภาคของสบู่มากๆ อนุภาคของแคลเซียมคาร์บอเนตด้วย ทำให้ความเสถียรของน้ำยางลดลง น้ำยางเกิดการเจลเร็วขึ้น หากใส่แคลเซียมคาร์บอเนตในน้ำยางคอมปาวด์ ปริมาณน้อยๆ เช่น 5-10 phr จะไม่มีผลทำให้สมบัติของน้ำยางเกิดการเปลี่ยนแปลงมากนัก



แคลเซียมคาร์บอเนต 5 phr



แคลเซียมคาร์บอเนต 10 phr



แคลเซียมคาร์บอเนต 20 phr



แคลเซียมคาร์บอเนต 40 phr



แคลเซียมคาร์บอเนต 60 phr



แคลเซียมคาร์บอเนต 80 phr



แคลเซียมคาร์บอเนต 100 phr

รูปที่ 4.16 ลักษณะของยางพองน้ำเมื่อแปรปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนตในระดับต่างๆ

จากตารางที่ 10 และรูปที่ 4.16 ยางพองน้ำที่ใส่แคลเซียมคาร์บอเนตในปริมาณ 5-10 phr ซึ่งถือว่า มีปริมาณน้อยมาก มีลักษณะของยางพองน้ำที่ไม่แตกต่างกันมากและใกล้เคียงกับยางพองน้ำที่ไม่ใส่ แคลเซียมคาร์บอเนต ทั้งลักษณะฟองยางก่อนการเจลและหลังการวัลคาไนซ์ การยุบตัวและหดตัวของยาง พองน้ำมีค่าแตกต่างกันไม่มากนัก คือ มีค่าการยุบตัวประมาณ 24% และการหดตัวประมาณ 12% พองน้ำที่ ใส่แคลเซียมคาร์บอเนตในปริมาณ 20-60 phr ให้ลักษณะพองน้ำก่อนการเจลที่ดี ฟองยางมีความละเอียด

การเพิ่มปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนตในน้ำยางคอมปาวด์มีผลทำให้การตีฟองยางกระทำไดยาก ขึ้น ขึ้นยางพองน้ำหลังการวัลคาไนซ์จะเกิดการหดตัวมากขึ้นเล็กน้อย ยางพองน้ำมีผิวหน้าเรียบสวย และ ขึ้นพองน้ำมีความแข็งเพิ่มขึ้นตามปริมาณของแคลเซียมคาร์บอเนตที่ใส่ลงไปในน้ำยางคอมปาวด์ แต่ ลักษณะของฟองยางก่อนการเจลและหลังการวัลคาไนซ์จะมีความแตกต่างกันคือ น้ำยางคอมปาวด์ที่ใส่ แคลเซียมคาร์บอเนตปริมาณ 80-100 phr จะมีลักษณะของฟองยางก่อนการเจลค่อนข้างหยาบ และลักษณะ ของฟองยางหลังจากการวัลคาไนซ์แล้วมีผิวค่อนข้างหยาบด้วย ยางพองน้ำมีความแข็งเพิ่มขึ้น และมีการ หดและยุบตัวน้อยกว่าการใส่แคลเซียมคาร์บอเนตในปริมาณที่ต่ำ ดังนั้นในการศึกษาครั้งต่อไปจึง พิจารณาปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนตที่ 20-100 phr

4.4.2 ผลของค่า TSC ต่อการเตรียมชั้นฟองน้ำที่ใส่แคลเซียมคาร์บอเนต

ยางฟองน้ำที่เตรียมโดยการใช้ยางบ่มในตารางที่ 1 และส่วนผสมของสารเคมีในตารางที่ 11-13 ใส่แคลเซียมคาร์บอเนตในปริมาณต่างๆคือ 20, 40, 60, 80 และ 100 กรัม โดยปรับค่า TSC 50 % และ 55% โดยศึกษาลักษณะของฟองยางก่อนการเจล เวลาที่เจล และลักษณะภายนอกของยางฟองน้ำหลังการวัลคาไนซ์ ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 14-15

ตารางที่ 11 สูตรยางฟองน้ำที่ใส่แคลเซียมคาร์บอเนตปริมาณต่างๆ ที่ TSC = 50 และ 55 %

สูตรที่ สารเคมี	น้ำหนัก (กรัม)									
	TSC = 50 %					TSC = 55 %				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
น้ำยางบ่ม*	183	183	183	183	183	183	183	183	183	183
50 % ZnO	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
10 % DPG	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
20% SSF	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
20 % K-Oleate	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
CaCO ₃	20	40	60	80	100	20	40	60	80	100
น้ำกลั่น	30	50	70	90	110	5	22	37	54	70

* น้ำยางบ่มจากตารางที่ 1

ตารางที่ 12 สูตรยางฟองน้ำที่ใส่แคลเซียมคาร์บอเนตปริมาณต่างๆ ที่ไม่ปรับค่า TSC

สูตรที่ สารเคมี	น้ำหนัก (กรัม)				
	1	2	3	4	5
น้ำยางปม*	183	183	183	183	183
50 % ZnO	10	10	10	10	10
10 % DPG	10	10	10	10	10
20% SSF	10	10	10	10	10
20 % K-Oleate	10	10	10	10	10
3 % CMC	3	8	17	30	50
CaCO ₃	20	40	60	80	100
TSC	56 %	57%	58%	59.3 %	60%

* น้ำยางปมจากตารางที่ 1

ตารางที่ 13 สูตรยางพองน้ำที่ใส่แคลเซียมคาร์บอเนตและ CMC ปริมาณต่างๆ ที่ TSC = 50 และ 55 %

สูตรที่ สารเคมี	น้ำหนัก (กรัม)									
	TSC = 50 %					TSC = 55 %)				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
น้ำยางป่ม*	183	183	183	183	183	183	183	183	183	183
50 % ZnO	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
10 % DPG	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
20% SSF	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
20 % K-Oleate	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
3% CMC	3	8	17	30	50	3	8	17	30	50
CaCO ₃	20	40	60	80	100	20	40	60	80	100
น้ำกลั่น	27	51	66	62	155	2	14	22	26	23

* น้ำยางป่มจากตารางที่ 1

ตารางที่ 14 ผลของค่า TSC ต่อการเตรียมฟองน้ำที่ได้ แคลเซียมคาร์บอเนต ลักษณะพฤติกรรมของฟองน้ำ ก่อนการเจล และลักษณะภายนอกของชิ้นฟองน้ำ ที่ TSC =50 %

CaCO ₃ (phr)	ลักษณะของฟองยาง ก่อนการเจล	เวลาเจล (นาทึ)	ลักษณะของฟองน้ำ หลังวัลคาไนซ์
20	ดีฟองขึ้นดี ฟองยางยุบตัว เล็กน้อย มีฟองอากาศมาก	3.5	ผิวละเอียด ผิวหน้าเรียบ ฟองน้ำยุบตัวลงเล็กน้อย
40	ดีฟองขึ้นดี ฟองยางยุบตัว เล็กน้อย มีฟองอากาศมาก	3.0	ผิวละเอียด ผิวหน้าเรียบ ฟองน้ำยุบมาก
60	ดีฟองขึ้นดี ฟองยางยุบตัว มาก ฟองอากาศเล็กน้อย	2.5	ผิวละเอียด ผิวหน้าเรียบ ฟองน้ำยุบตัวมาก
80	ดีฟองขึ้นดี ฟองยางยุบตัว มาก ฟองอากาศเล็กน้อย	2.3	ผิวค่อนข้างหยาบฟองน้ำยุบ ตัวมาก
100	ดีฟองขึ้นดี ฟองยางยุบตัว มากฟองอากาศเล็กน้อย	2.0	ผิวค่อนข้างหยาบฟองน้ำยุบ ตัวมาก

จากตารางที่ 14-15 จะเห็นว่าน้ำยางคอมปาวด์ที่ปรับค่า TSC เท่ากับ 50-55 % มีผลทำให้ระยะเวลาในการเจลของฟองยางช้ากว่าการไม่ปรับค่า TSC ของน้ำยางคอมปาวด์ เนื่องจากการปรับค่า TSC ให้มีปริมาณต่ำลง มีผลทำให้การกระจายของอนุภาคยางอยู่ห่างกันมากขึ้น ยางเกิดการสูญเสียสภาพช้าลง การแปรปรวนของการใส่แคลเซียมคาร์บอเนตในปริมาณ 20-100 phr มีผลทำให้ระยะเวลาในการเจลของฟองยางเร็วขึ้น เนื่องจากแคลเซียมคาร์บอเนตที่กระจายอยู่ในน้ำยางจะดูดน้ำและอนุภาคของสบู่มาอยู่รอบๆ อนุภาคของแคลเซียมคาร์บอเนตด้วย อนุภาคยางจะอยู่ใกล้กันมากขึ้น มีผลทำให้ความเสถียรของน้ำยางลดลง น้ำยางเกิดการเจลเร็วขึ้น

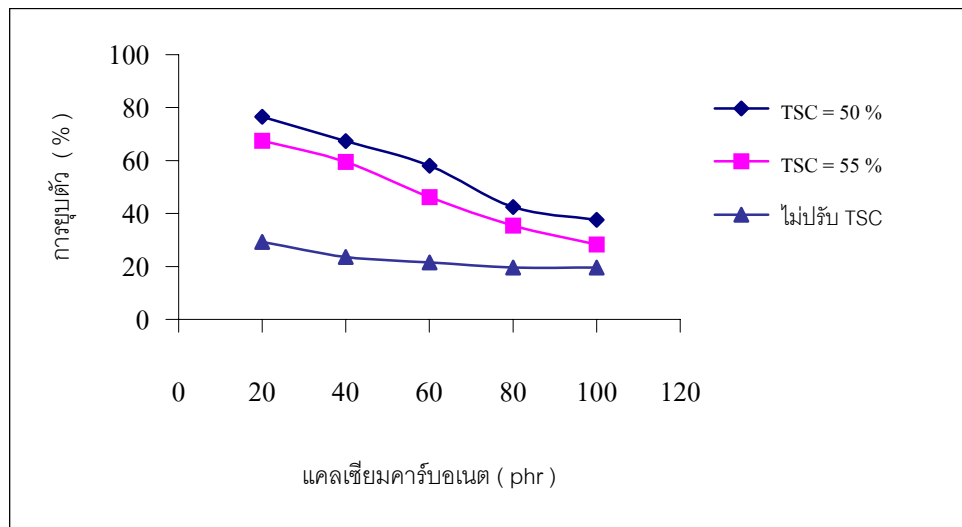
ตารางที่ 15 ผลของค่า TSC ต่อการเตรียมฟองน้ำที่ใส่ แคลเซียมคาร์บอเนต ลักษณะพฤติกรรมของฟองน้ำ ก่อนการเจล และลักษณะภายนอกของขึ้นฟองน้ำ ที่ TSC = 55 %

CaCO ₃ (phr)	ลักษณะของฟองยาง ก่อนการเจล	เวลาเจล (นาท)	ลักษณะของฟองน้ำ หลังวัลคาไนซ์
20	ดีฟองขึ้นดี ฟองยางยุบตัว เล็กน้อย มีฟองอากาศมาก	3.0	ผิวละเอียด ผิวหน้าเรียบ ฟองน้ำยุบตัวลงเล็กน้อย
40	ดีฟองขึ้นดี ฟองยางยุบตัว เล็กน้อย มีฟองอากาศมาก	2.5	ผิวละเอียด ผิวหน้าเรียบ ฟองน้ำยุบตัวลงเล็กน้อย
60	ดีฟองขึ้นดี ฟองยางยุบตัว เล็กน้อย ฟองอากาศเล็ก น้อย	2.3	ผิวละเอียด ผิวหน้าเรียบ ฟองน้ำยุบตัวเล็กน้อย
80	ดีฟองขึ้นดี ฟองยางยุบตัว เล็กน้อย ฟองอากาศเล็ก น้อย	2.2	ผิวก่อนข้างหยาบฟองน้ำยุบ ตัวเล็กน้อย
100	ดีฟองขึ้นดี ฟองยางยุบตัว มากฟองอากาศเล็กน้อย	2.0	ผิวก่อนข้างหยาบฟองน้ำยุบ ตัวมาก

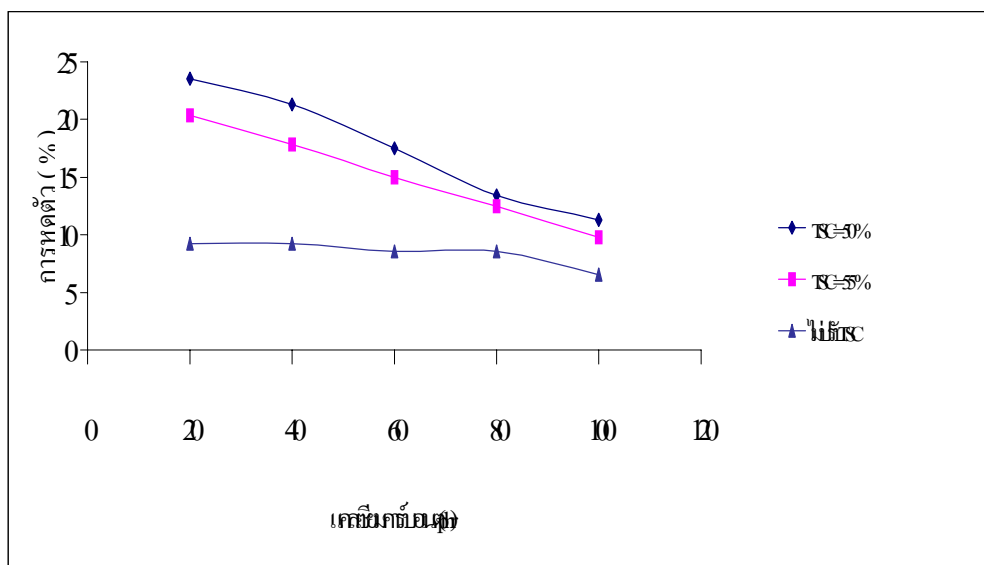
น้ำยางคอมปาวด์ที่มีการใส่แคลเซียมคาร์บอเนตปริมาณต่างๆ โดยควบคุมค่า TSC 50% และ 55 % มีผลให้ยางฟองน้ำเกิดการยุบตัวเพิ่มขึ้น ดังตารางที่ 15 จะเห็นว่าน้ำยางคอมปาวด์ที่ปรับค่า TSC เท่ากับ 50 % ที่ระดับแคลเซียมคาร์บอเนต 20-60 phr จะให้ลักษณะของฟองน้ำที่มีผิวเรียบ ฟองน้ำยุบตัวลงมากขึ้น แต่ที่ระดับแคลเซียมคาร์บอเนต 80-100 phr ยางฟองน้ำจะมีผิวที่หยาบกว่า และการยุบตัวจะน้อยกว่า การใส่แคลเซียมคาร์บอเนตปริมาณ 20-60 phr เนื่องจากการปรับค่า TSC ในน้ำยางคอมปาวด์โดยการเติมน้ำลงไป มีผลให้ความเข้มข้นของสบู่น้ำยางเปลี่ยนแปลงไป ฟองยางที่เกิดขึ้นมีลักษณะใหญ่และหยาบ ส่งผลให้ยางฟองน้ำหลังวัลคาไนซ์แล้วผิวก่อนข้างหยาบและฟองยางจะมีการยุบตัวมากขึ้นด้วย แต่เมื่อทำการปรับค่า TSC ของน้ำยางคอมปาวด์เท่ากับ 55 % การใส่แคลเซียมคาร์บอเนต ปริมาณ 20-60 phr มีผลทำให้ยางฟองน้ำที่ได้มีลักษณะผิวที่ค่อนข้างละเอียด การยุบตัวจะน้อยกว่าน้ำยางคอมปาวด์ที่มีค่า TSC เท่ากับ 50 % ดังตารางที่ 15 การเพิ่มปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนตเป็น 60-100 phr ลักษณะของฟองยางก่อนการเจลจะไม่แตกต่างกัน แต่ยางฟองน้ำหลังการวัลคาไนซ์แล้ว มีลักษณะการยุบและหดตัวน้อยกว่ายางฟองน้ำที่เตรียมจากน้ำยางคอมปาวด์ที่ปรับค่า TSC เท่ากับ 50 %

4.4.3 สมบัติการยุบและหดตัวของฟองน้ำ

การศึกษาผลของปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนตต่อการยุบและหดตัวของฟองน้ำ โดยใช้ น้ำยางคอมปาวด์ที่เตรียมขึ้นฟองน้ำที่แปรปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนต (20, 40, 60, 80 และ 100 กรัม) ซึ่งมีส่วนผสมของสารเคมีดังแสดงในตารางที่ 9 และ 11 เปรียบเทียบเวลาในการเจลของฟองน้ำและลักษณะภายนอกของฟองน้ำหลังการวัลคาไนซ์ ตรวจสอบการยุบและหดตัวของยางฟองน้ำวัลคาไนซ์ ได้ผลดังรูปที่ 4.17-4.18



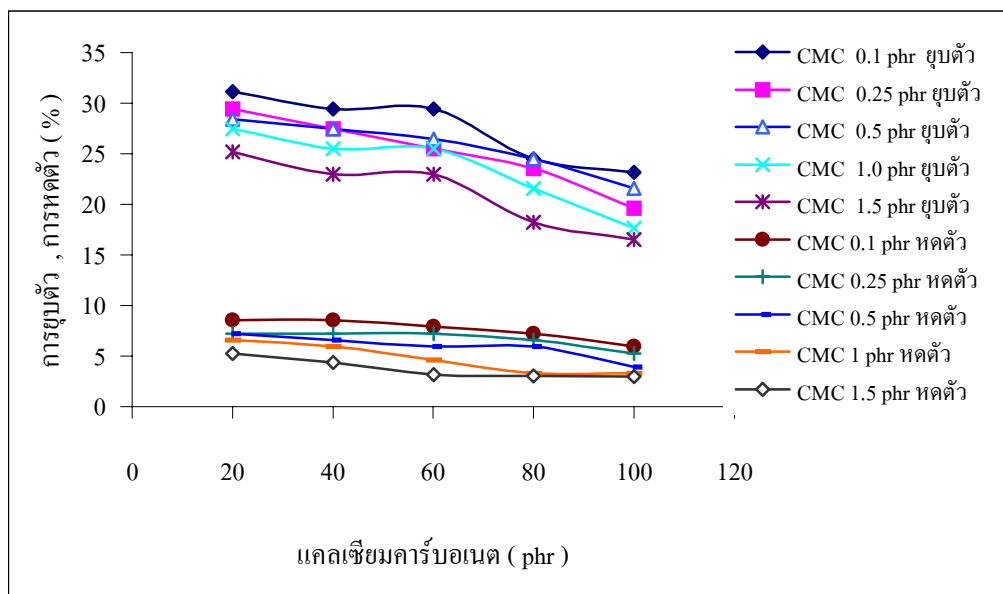
รูปที่ 4.17 ผลของปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนตต่อการยุบตัวของฟองน้ำที่ระดับ TSC = 50 % และ 55% และไม่ปรับ TSC



รูปที่ 4.18 ผลของปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนตต่อการหดตัวของฟองน้ำที่ระดับ TSC = 50% และ 55% และไม่ปรับ TSC

ผลของปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนตต่อการยุบและหดตัวของฟองน้ำที่แปรปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนต (20,40, 60, 80 และ 100 phr) จะเห็นว่า เมื่อไม่มีการปรับค่า TSC จะทำให้เปอร์เซ็นต์การหดตัวอยู่ในช่วง 6.6-9.2 % และการยุบตัวของยางฟองน้ำอยู่ในช่วง 20-29 % โดยการยุบและหดตัวจะแปรผันกลับตามปริมาณของแคลเซียมคาร์บอเนตที่เพิ่มขึ้นตามลำดับ (รูปที่ 4.17-4.18) และเมื่อปรับปริมาณของ TSC ในน้ำยางคอมปาวด์โดยการเติมน้ำให้มีค่า TSC เท่ากับ 50 และ 55 % พบว่า เปอร์เซ็นต์การหดตัวและยุบตัวมีค่าเพิ่มขึ้น อยู่ในช่วง 9.8 -23.56% และ 28.25-76.5% ตามลำดับ โดยการยุบและหดตัวของยางฟองน้ำจะมีค่าลดลงเมื่อปริมาณของแคลเซียมคาร์บอเนตที่ใส่ลงในน้ำยางคอมปาวด์เพิ่มขึ้น แต่ยางฟองน้ำที่ปรับค่า TSC 50 % และ 55 % จะมีอัตราการยุบและหดตัวมีมากกว่าน้ำยางคอมปาวด์ที่ไม่ได้ปรับค่า TSC (ไม่ได้เติมน้ำเพื่อปรับปริมาณ TSC) ยางฟองน้ำที่ใส่แคลเซียมคาร์บอเนตในปริมาณที่เท่ากันจะมีการหดตัวน้อยกว่าการยุบตัว เนื่องจากการยุบตัวจะมีผลของความดันอากาศเข้ามาเกี่ยวข้อง เมื่อเปรียบเทียบการใส่แคลเซียมคาร์บอเนตในปริมาณที่สูงขึ้นพบว่าเปอร์เซ็นต์การหดและยุบตัวมีค่าลดลง เนื่องจากแคลเซียมคาร์บอเนตจะไปแทรกอยู่ระหว่างอนุภาคของยาง ทำให้สมบัติการยึดหยุ่นของยางลดน้อยลง ส่งผลให้การหดและยุบตัวของยางลดน้อยลงด้วย

การศึกษาผลของปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนตและ CMC ต่อการยุบและหดตัวของฟองน้ำ โดยการเตรียมชิ้นฟองน้ำที่มีสูตรน้ำยางและสารเคมีที่ใช้ดังแสดงในตารางที่ 12-13 น้ำยางคอมปาวด์แปรปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนต (20,40, 60, 80 และ 100 กรัม) และ 3% CMC (0.1, 0.25, 0.5, 1 และ 1.5 phr) โดยการไม่ปรับ และปรับ TSC (50 % และ 55 %) ตรวจสอบการยุบและหดตัวของยางฟองน้ำวัดคาโนซ์ ได้ผลดังรูปที่ 4.19-4.21

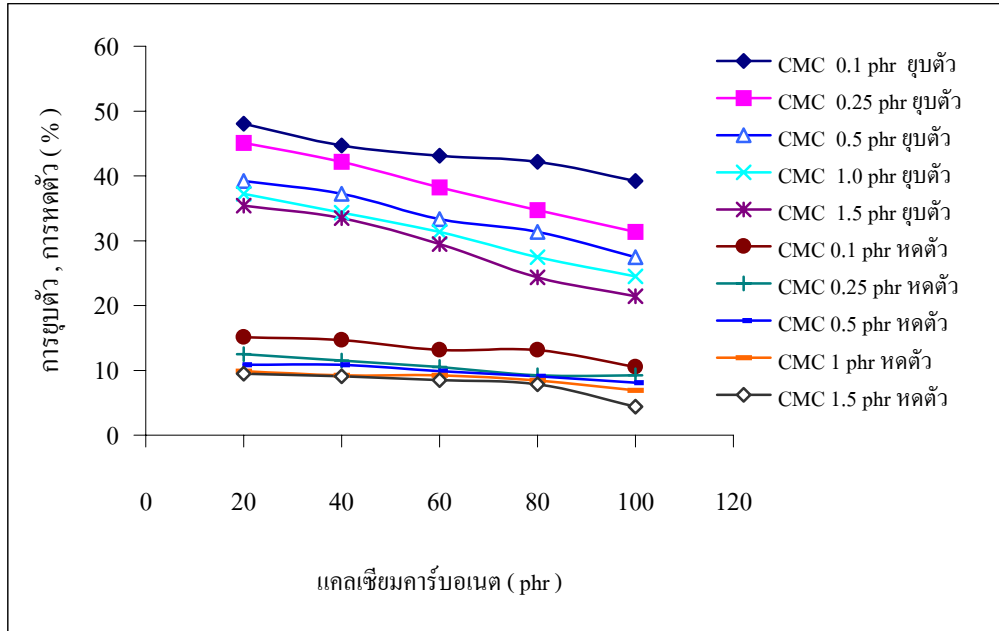


รูปที่ 4.19 ผลของปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนตและ 3 % CMC ต่อการยวบและหดตัวของฟองน้ำ
ไม่ปรับ TSC

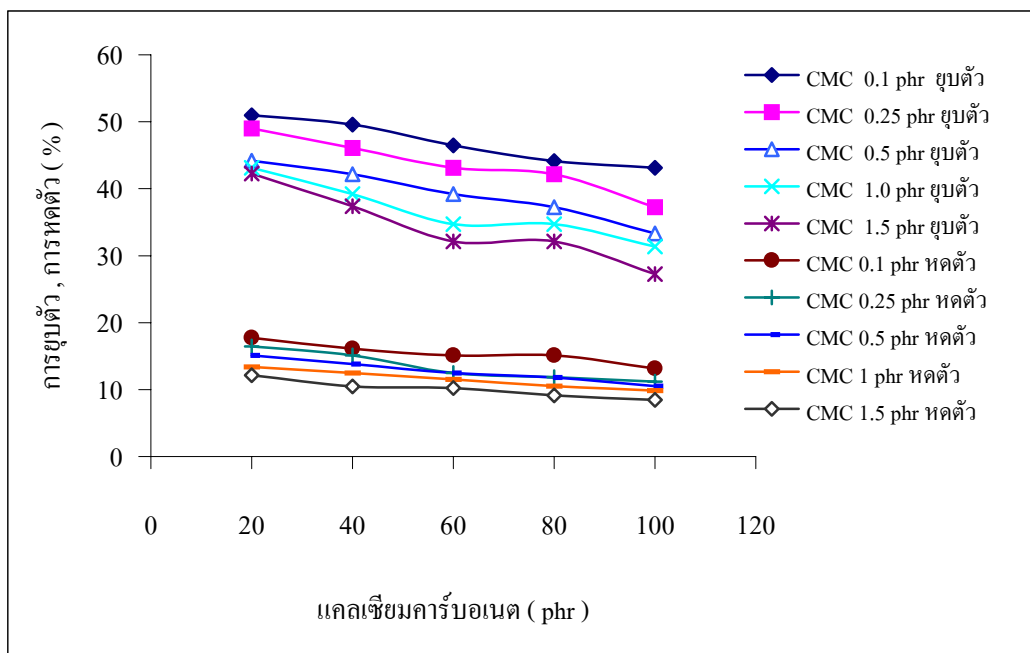
ผลของปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนตและ CMC ต่อการยวบและหดตัวของฟองน้ำที่วัลคาไนซ์ โดยการแปรปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนต (20,40, 60, 80 และ 100 phr) และ 3% CMC (0.1, 0.25, 0.5, 1 และ 1.5 phr) เมื่อไม่เติมน้ำเพื่อปรับ TSC รูปที่ 4.19 พบว่า ฟองน้ำที่ไม่มีการปรับค่า TSC และมีการเติมแคลเซียมคาร์บอเนตร่วมกับ 3%CMC จะมีเปอร์เซ็นต์การยวบตัวและหดตัวต่ำกว่าฟองน้ำที่มีการเติมแคลเซียมคาร์บอเนตแต่ไม่มี CMC เนื่องจาก CMC จะไปช่วยเพิ่มความหนืดให้กับน้ำยาง (ตามผลการทดลองรูปที่ 4.11) ส่งผลให้ฟองยางก่อนการเจือมีความหนืดเพิ่มสูงขึ้น ฟองยางสามารถรักษารูปทรงได้ดีหลังจากฟองน้ำเกิดการวัลคาไนซ์แล้วเปอร์เซ็นต์การหดตัวและยวบตัวของฟองน้ำที่เติมแคลเซียมคาร์บอเนตร่วมกับ 3%CMC จึงมีค่าต่ำกว่าฟองน้ำที่มีการเติมแคลเซียมคาร์บอเนตเพียงอย่างเดียว (รูปที่ 4.17-4.18)

ผลของปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนตและ CMC ต่อการยวบและหดตัวของฟองน้ำที่วัลคาไนซ์ โดยการแปรปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนต (20,40, 60, 80 และ 100 กรัม) และ 3% CMC (0.1, 0.25, 0.5, 1 และ 1.5 phr) เมื่อเติมน้ำเพื่อปรับ TSC (50 และ 55%) ตามรูปที่ 4.20-4.21 จะเห็นว่า ฟองน้ำที่มีการปรับค่า TSC 50% จะมีเปอร์เซ็นต์การยวบตัวและหดตัวสูงกว่าฟองน้ำที่ปรับค่า TSC 55% เนื่องจากการเติมน้ำเพื่อปรับค่า TSC ของน้ำยางส่งผลให้ความเข้มข้นของเนื้อยางมีค่าลดลง ทำให้ง่ายฟองน้ำเมื่อวัลคาไนซ์มีการยวบและหดตัวมากขึ้น ทำนองเดียวกันการเพิ่มปริมาณของแคลเซียมคาร์บอเนตมีผลทำให้เปอร์เซ็นต์การยวบตัวและหดตัวลดลง เนื่องจากอนุภาคแคลเซียมคาร์บอเนตจะไปแทรกอยู่ระหว่างอนุภาคของยางธรรมชาติ ทำให้ความยืดหยุ่นของยางลดลง ส่งผลให้การหดและยวบตัวของยางลดลง การเพิ่มปริมาณของ CMC (0.1, 0.25, 0.5, 1 และ 1.5 phr) ลงไปในน้ำยางคอมปาวด์มีผลให้ค่าความหนืดของน้ำ

ยางเพิ่มขึ้น ฟองยางก่อนการเจลมีค่าความหนืดเพิ่มขึ้นเช่นเดียวกัน ฟองยางสามารถรักษารูปทรงได้ดีขึ้นตามปริมาณของ CMC ที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้เปอร์เซ็นต์การยุบและหดตัวของยางฟองน้ำที่ใส่แคลเซียมคาร์บอเนตและ CMC มีการลดลงตามลำดับ



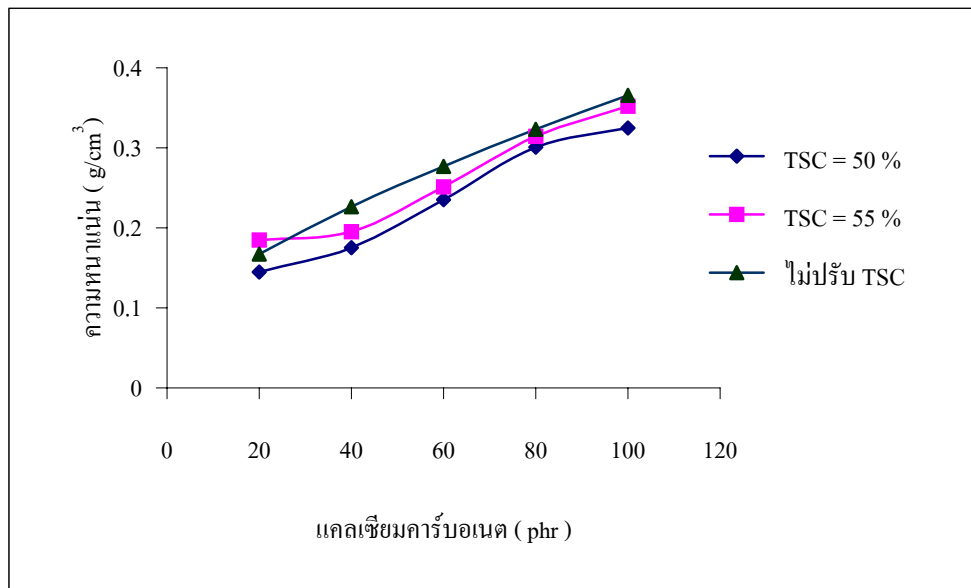
รูปที่ 4.20 ผลของปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนตและ 3 % CMC ต่อการยุบและหดตัวของฟองน้ำ
ที่ระดับ TSC = 55 %



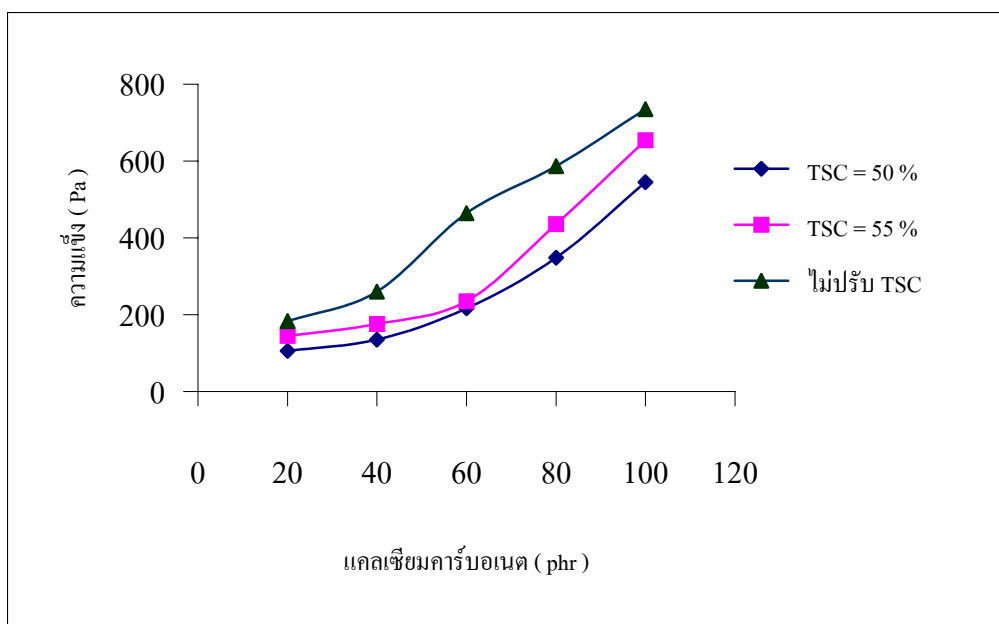
รูปที่ 4.21 ผลของปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนต และ CMC ต่อการยุบและหดตัวของฟองน้ำที่ระดับ TSC = 50 %

4.4.4 สมบัติความหนาแน่นและความแข็ง

การศึกษาผลของปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนต ต่อการเตรียมยางพองน้ำโดยใช้น้ำยางคอมปาวด์ที่เตรียมขึ้นยางพองน้ำที่แปรปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนต (20, 40, 60, 80 และ 100 กรัม) ไม่มีการเติม CMC และมีการปรับและไม่ปรับค่า TSC (50% และ 55%) โดยมีส่วนผสมของสารเคมีดังแสดงในตารางที่ 9 และ 11 แล้วตรวจสอบความหนาแน่นและความแข็งของยางพองน้ำวัลคาไนซ์ ได้ผลดังรูปที่ 4.22-4.23



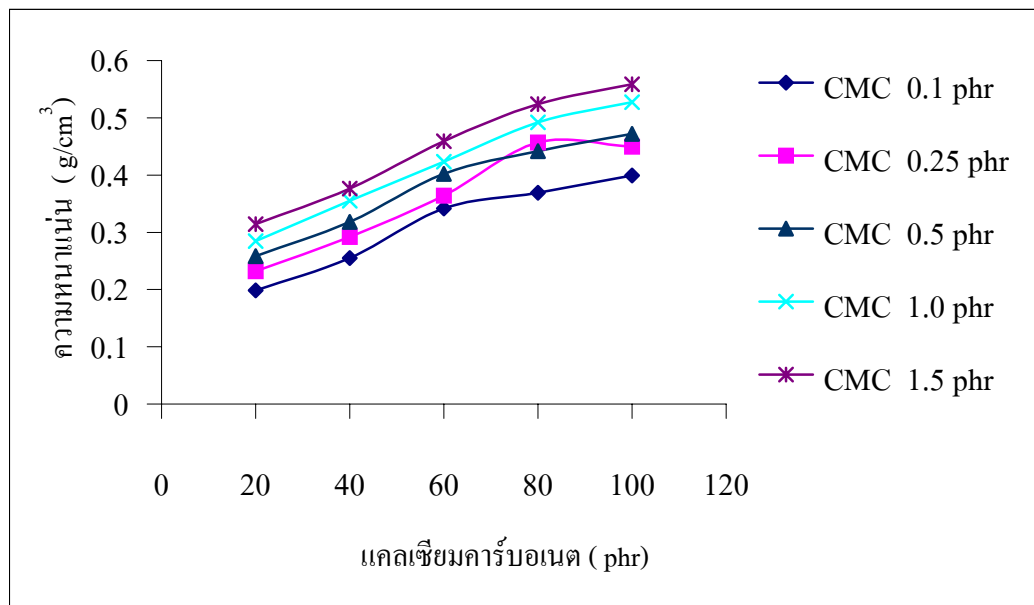
รูปที่ 4.22 ผลของปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนตต่อความหนาแน่นของพองน้ำ ที่ระดับ TSC = 50%, 55% และไม่ปรับ TSC



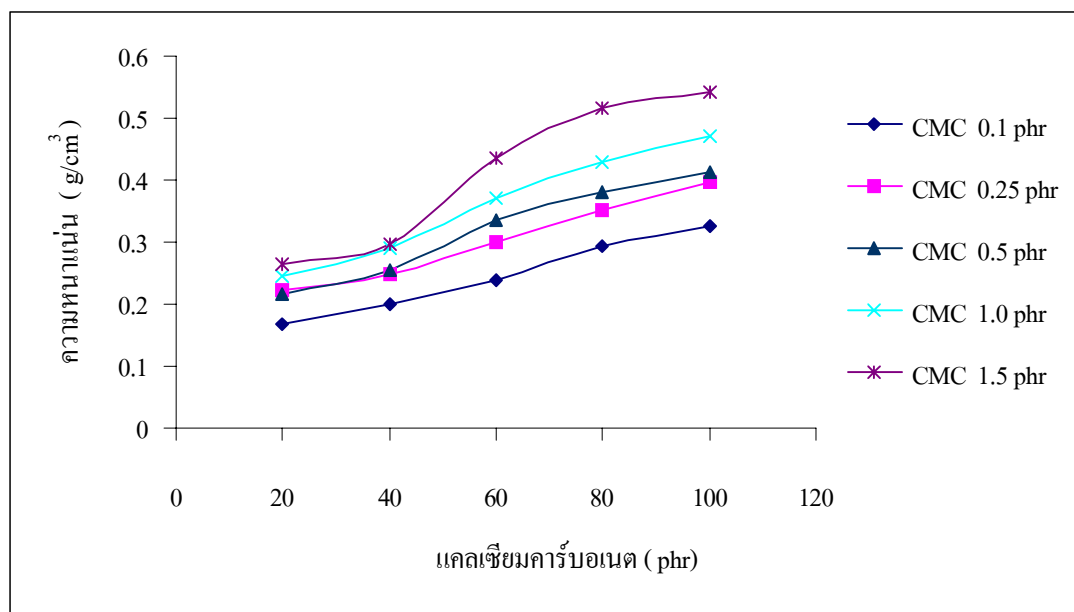
รูปที่ 4.23 ผลของปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนตต่อค่าความแข็งของพองน้ำที่ระดับ TSC = 50% , 55% และไม่ปรับ TSC

ผลของปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนตต่อความหนาแน่นและความแข็งของฟองน้ำที่แปรปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนต (20, 40, 60, 80 และ 100 phr) ตรวจสอบสมบัติความหนาแน่นและความแข็งของยางฟองน้ำวัลคาไนซ์ จะเห็นว่า เมื่อไม่มีการปรับค่า TSC จะทำให้ค่าความแข็งอยู่ในช่วง 183-735 Pa และความหนาแน่นของยางฟองน้ำอยู่ในช่วง 0.1671-0.3652 โดยความหนาแน่นและความแข็งจะแปรผันตามปริมาณของแคลเซียมคาร์บอเนตที่เพิ่มขึ้นตามลำดับ (รูปที่ 4.22-4.23) และเมื่อปรับปริมาณของ TSC ของน้ำยางคอมปาวด์โดยการเติมน้ำให้มีค่า TSC เท่ากับ 50 และ 55 % พบว่า ความหนาแน่นและความแข็งมีค่าเพิ่มขึ้น อยู่ในช่วง 0.1448-0.3516 g/cm³ และ 106-654 Pa ตามลำดับ แต่ความหนาแน่นและความแข็งมีน้อยกว่าน้ำยางคอมปาวด์ที่ไม่ได้ปรับค่า TSC (ไม่ได้เติมน้ำเพื่อปรับปริมาณ TSC) เมื่อเปรียบเทียบการใส่แคลเซียมคาร์บอเนตในปริมาณที่สูงขึ้นพบว่าความหนาแน่นและความแข็งมีค่าเพิ่มขึ้น เนื่องจากแคลเซียมคาร์บอเนตจะไปแทรกอยู่ระหว่างอนุภาคของยาง ทำให้สมบัติการยึดหยุ่นของยางลดน้อยลง ส่งผลให้ความหนาแน่นและความแข็งเพิ่มขึ้น

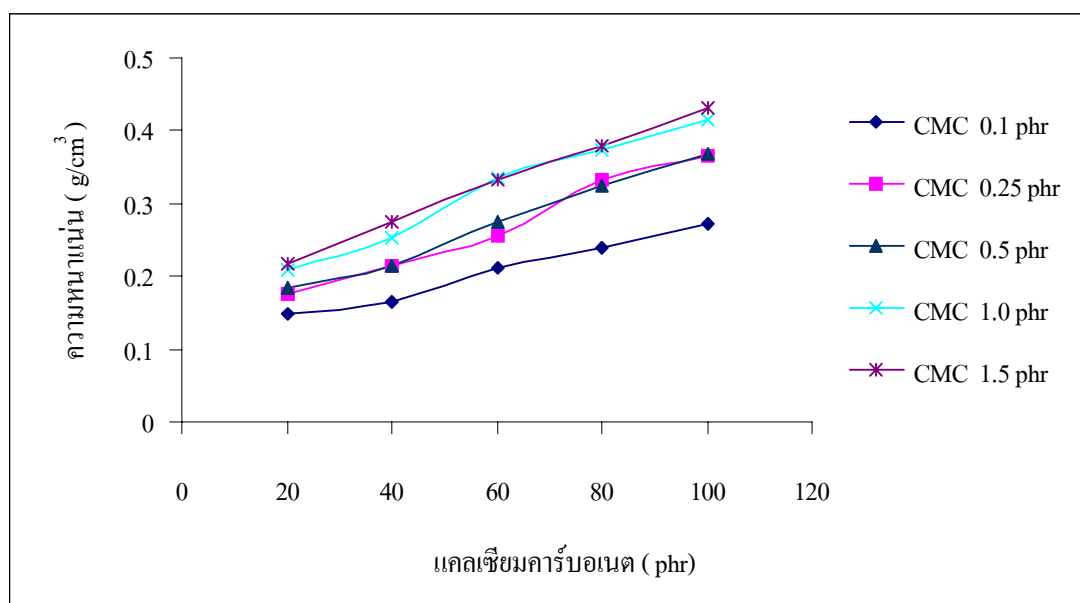
การศึกษาผลของปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนต และ CMC ต่อความหนาแน่นและความแข็งของยางฟองน้ำตามตารางที่ 12-13 โดยใช้น้ำยางคอมปาวด์ที่เตรียมขึ้นฟองน้ำที่แปรปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนต (20,40, 60, 80 และ 100 phr) และ 3% CMC (0.1, 0.25, 0.5, 1 และ 1.5 phr) โดยการไม่ปรับและปรับ TSC (50 % และ 55 %) ตรวจสอบความหนาแน่นและความแข็งของยางฟองน้ำวัลคาไนซ์ ได้ผลดังรูปที่ 4.24-4.29



รูปที่ 4.24 ผลของปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนตและ 3 % CMC ต่อค่าความหนาแน่นของยางฟองน้ำไม่ปรับ TSC



รูปที่ 4.25 ผลของปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนตและ 3 % CMC ต่อค่าความหนาแน่นของยางฟองน้ำ
ปรับ TSC = 55 %

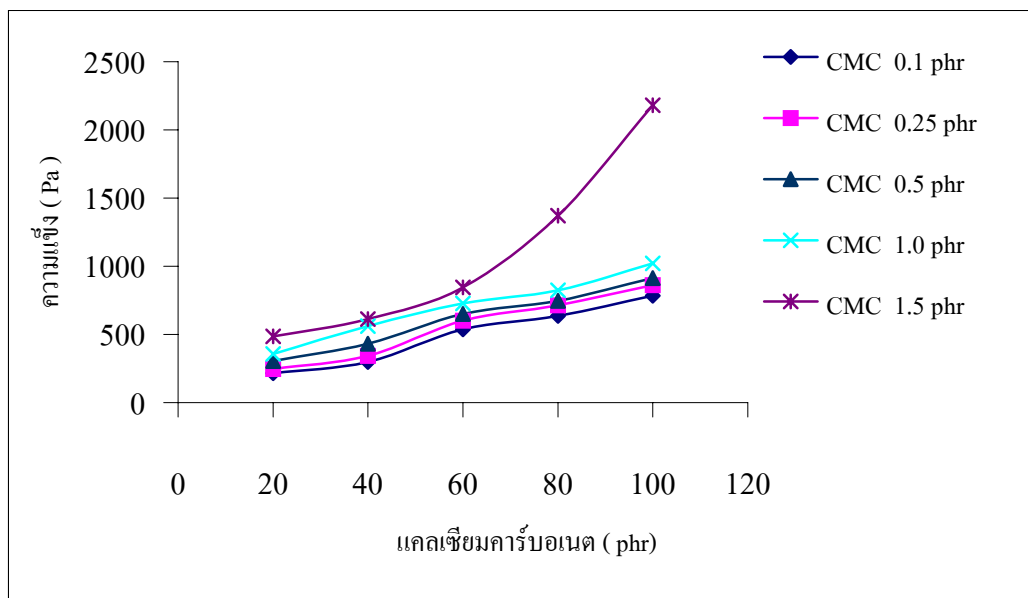


รูปที่ 4.26 ผลของปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนตและ 3 % CMC ต่อค่าความหนาแน่นของยางฟองน้ำ
ปรับ TSC = 50%

ผลของความหนาแน่นของยางฟองน้ำที่แปรปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนต (20, 40, 60, 80 และ 100 phr) และ 3% CMC (0.1, 0.25, 0.5, 1 และ 1.5 phr) เมื่อไม่เติมน้ำเพื่อปรับ TSC (รูปที่ 24) พบว่า ความหนาแน่นของยางฟองน้ำจะมีค่าเพิ่มขึ้นตามปริมาณของแคลเซียมคาร์บอเนตและ CMC ที่เพิ่มสูงขึ้น เมื่อใส่สารตัวเติมแคลเซียมคาร์บอเนตในปริมาณที่เท่ากัน ค่าความหนาแน่นของยางฟองน้ำที่ใส่ CMC

ในปริมาณที่สูง จะมีค่ามากกว่าความหนาแน่นของยางฟองน้ำที่ได้ CMC ในปริมาณที่ต่ำกว่าเพียงเล็กน้อย เนื่องจากน้ำยางที่ได้ CMC ในปริมาณที่สูงกว่ามีค่าความหนืดของน้ำยางสูงกว่าเพียงเล็กน้อย ทำให้ฟองยางที่เกิดขึ้นจากการตีฟองในกระบวนการเตรียมฟองน้ำไม่แตกต่างกันมากนัก ส่งผลให้ความหนาแน่นของฟองยางสูงขึ้นเพียงเล็กน้อย แต่การใส่แคลเซียมคาร์บอเนตในปริมาณที่เพิ่มมากขึ้น มีผลให้ค่าความหนาแน่นของยางฟองน้ำเพิ่มสูงขึ้นอย่างเห็นได้ชัด สาเหตุเนื่องจากน้ำยางที่ได้แคลเซียมคาร์บอเนตในปริมาณที่สูงขึ้น มีปริมาณของแข็งในน้ำยางเพิ่มสูงขึ้น และมีค่าความหนืดของน้ำยางเพิ่มมากขึ้น ส่งผลให้การเกิดฟองของน้ำยางทำได้ยากขึ้น ฟองยางมีลักษณะหยาบ ดังหัวข้อที่ 4.4 สำหรับความหนาแน่นของยางฟองน้ำที่ได้แคลเซียมคาร์บอเนตในปริมาณที่เพิ่มขึ้น มีค่าสูงกว่ายางฟองน้ำที่ได้แคลเซียมคาร์บอเนตในปริมาณที่ต่ำกว่า

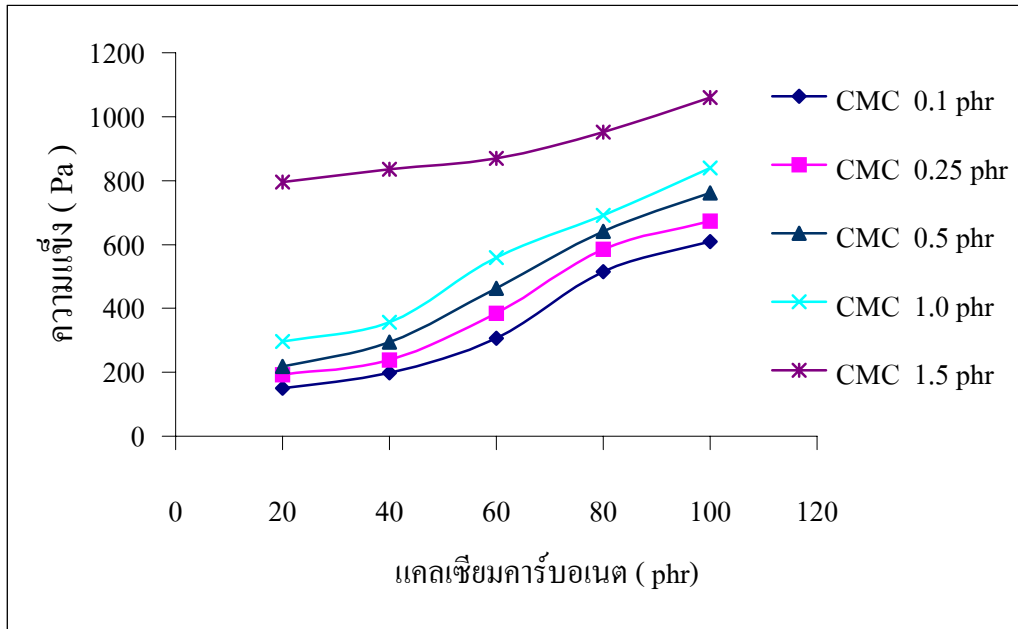
การเติมน้ำลงไปในน้ำยางคอมปาวด์เพื่อปรับค่า TSC เป็น 50 % และ 55 % (รูปที่ 4.25-4.26) ไม่ส่งผลให้ความหนาแน่นของยางฟองน้ำมีค่าแตกต่างกันมากนักจากน้ำยางที่ไม่ปรับค่า TSC ของน้ำยาง (รูปที่ 4.24) โดยความหนาแน่นของน้ำยาง (ที่ปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนต 20 phr) มีค่าอยู่ในช่วง 0.1-0.3 กรัม/ลบซม. แต่การเพิ่มปริมาณของแคลเซียมคาร์บอเนตลงไปในน้ำยางคอมปาวด์มีผลให้ค่าความหนาแน่นของน้ำยางเพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัด ทำนองเดียวกับยางฟองน้ำที่ไม่ปรับค่า TSC



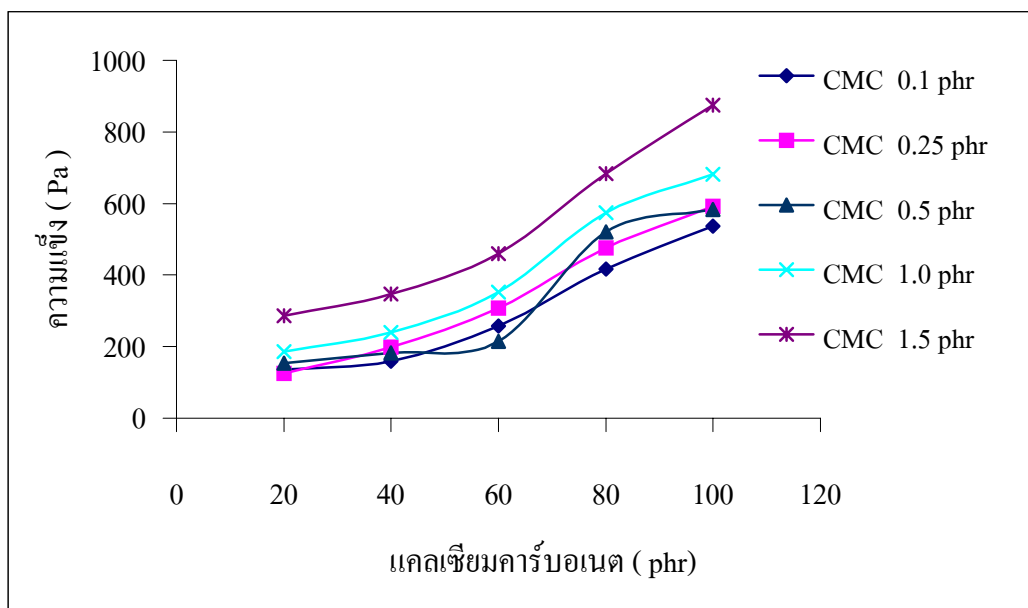
รูปที่ 4.27 ผลของปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนตและ 3 % CMC ต่อค่าความแข็งแรงของยางฟองน้ำที่ไม่ปรับ TSC

ผลของความแข็งแรงของยางฟองน้ำที่แปรปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนต (20, 40, 60, 80 และ 100 กรัม) และ 3% CMC (0.1, 0.25, 0.5, 1 และ 1.5 phr) เมื่อไม่เติมน้ำเพื่อปรับ TSC (รูปที่ 4.27) จะเห็นว่า ฟองน้ำที่ไม่มีการปรับค่า TSC และมีการเติมแคลเซียมคาร์บอเนตร่วมกับ 3%CMC จะมีและความแข็งแรงสูงกว่า

ฟองน้ำที่มีการเติมแคลเซียมคาร์บอเนตแต่ไม่มี CMC เนื่องจาก CMC จะไปช่วยเพิ่มความหนืดให้กับน้ำยาง (ตามผลการทดลองรูปที่ 4.13) ส่งผลให้ฟองยางก่อนการเจลมมีความหนืดเพิ่มสูงขึ้น ฟองยางสามารถรักษารูปทรงได้ดี หลังจากยางฟองน้ำเกิดการวัลคาไนซ์แล้ว ความแข็งแรงของฟองน้ำที่เติมแคลเซียมคาร์บอเนตร่วมกับ CMC จึงมีค่าสูงกว่าฟองน้ำที่มีการเติมแคลเซียมคาร์บอเนตเพียงอย่างเดียว



รูปที่ 4.28 ผลของปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนตและ 3 % CMC ต่อค่าความแข็งแรงของยางฟองน้ำที่ระดับ TSC = 55 %

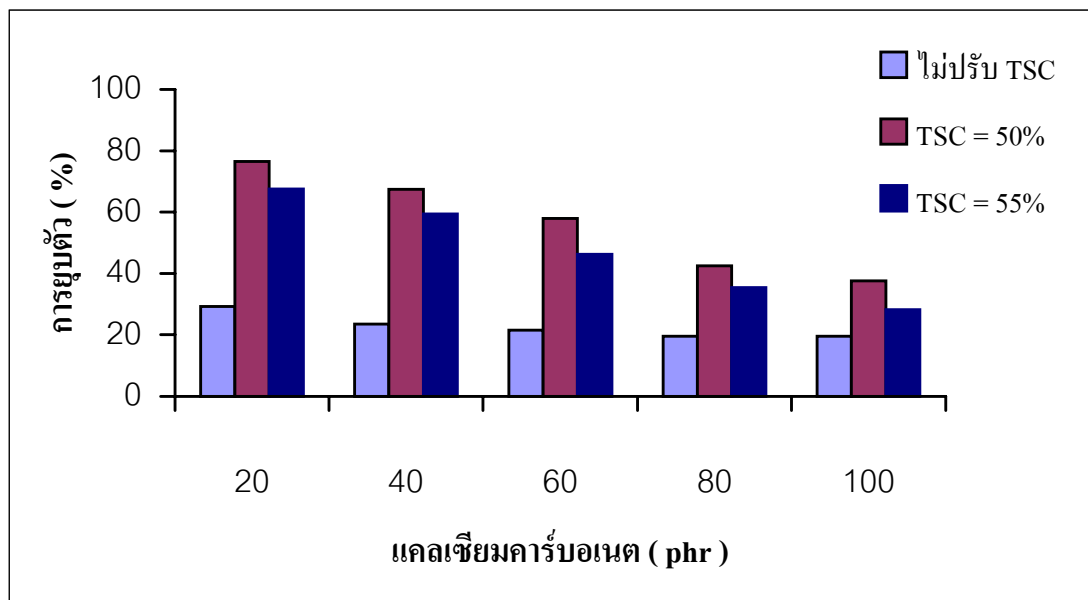


รูปที่ 4.29 ผลของปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนตและ 3 % CMC ต่อค่าความแข็งแรงของยางฟองน้ำที่ระดับ TSC = 50 %

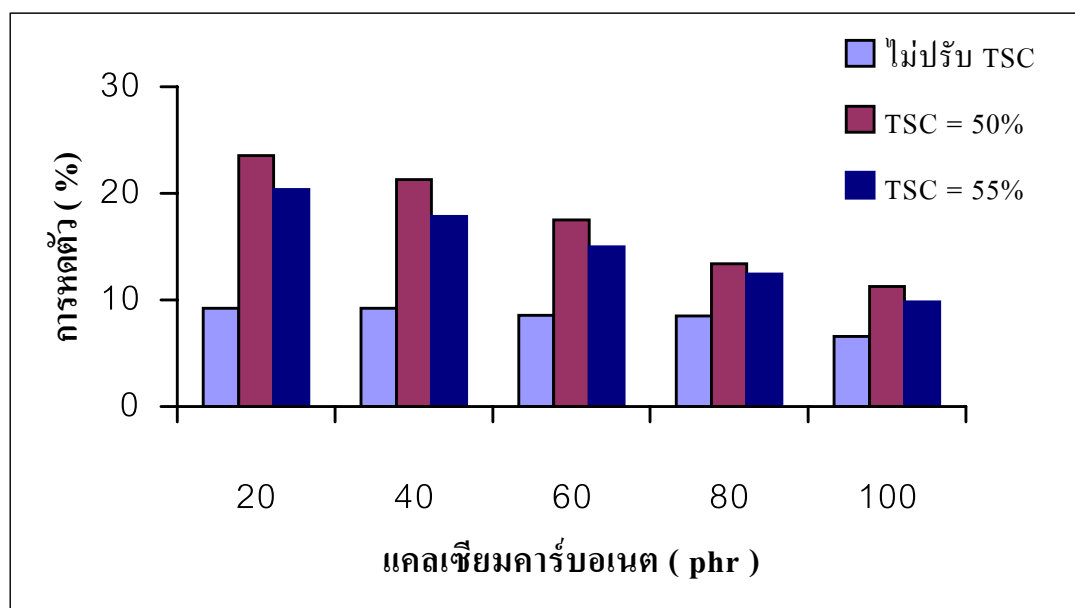
ผลของปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนตและ CMC ต่อความแข็งแรงของยางฟองน้ำที่วัลคาไนซ์ โดยการแปรปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนต (20, 40, 60, 80 และ 100 กรัม) และ 3% CMC (0.1, 0.25, 0.5, 1 และ 1.5 phr) เมื่อเติมน้ำเพื่อปรับ TSC เท่ากับ 50% และ 55% (รูปที่ 4.28-4.29) จะเห็นว่า ยางฟองน้ำที่มีการปรับค่า TSC 50% จะมีความแข็งต่ำกว่ายางฟองน้ำที่ปรับค่า TSC 55% เนื่องจากการเติมน้ำเพื่อปรับค่า TSC ของน้ำยางส่งผลให้ความเข้มข้นของเนื้อยางมีค่าลดลง ทำให้ยางฟองน้ำเมื่อวัลคาไนซ์มีความแข็งแรงลดลง ทำนองเดียวกันการเพิ่มปริมาณของแคลเซียมคาร์บอเนตมีผลทำให้ความแข็งแรงเพิ่มขึ้น เนื่องจากอนุภาคแคลเซียมคาร์บอเนตจะไปแทรกอยู่ระหว่างอนุภาคของยางธรรมชาติ ทำให้ความยืดหยุ่นของยางลดลง ส่งผลให้ความแข็งแรงเพิ่มขึ้น การเพิ่มปริมาณของ CMC (0.1, 0.25, 0.5, 1 และ 1.5 phr) ลงไปในน้ำยางคอมปาวด์มีผลให้ค่าความหนืดของน้ำยางเพิ่มขึ้น ฟองยางก่อนการเจดมีค่าความหนืดเพิ่มขึ้นเช่นเดียวกัน ฟองยางสามารถรักษารูปทรงได้ดีขึ้นตามปริมาณของ CMC ที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้ความแข็งแรงของยางฟองน้ำที่ใส่แคลเซียมคาร์บอเนตและ CMC มีค่าเพิ่มสูงขึ้น

4.4.5 เปรียบเทียบสมบัติของยางพองน้ำที่มี TSC ต่างๆ กัน

ยางพองน้ำที่วัลคาไนซ์ ที่ไม่มีการปรับค่า TSC และปรับค่า TSC 50% และ 55% โดยแปรปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนต (20, 40, 60, 80 และ 100 phr) มีสมบัติการยุบ-หดตัว ความหนาแน่น และความแข็งของพองน้ำ เปรียบเทียบได้ดังแสดงในรูปที่ 4.30-4.33

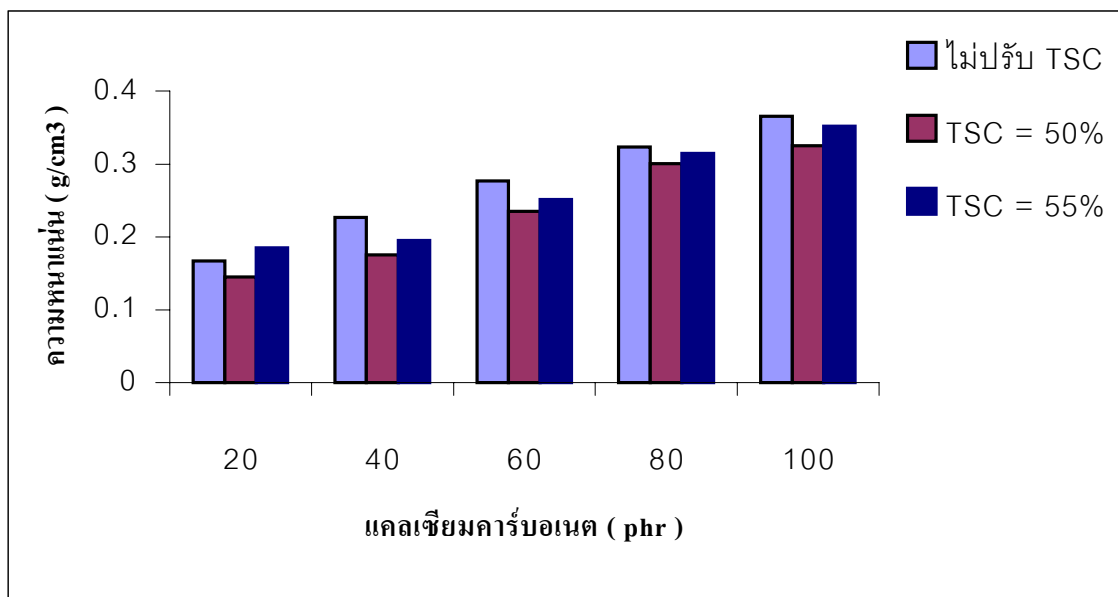


รูปที่ 4.30 ผลของปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนตต่อการยุบตัวของพองน้ำที่ไม่ทำการปรับ TSC และ TSC 50% และ 55% ตามลำดับ

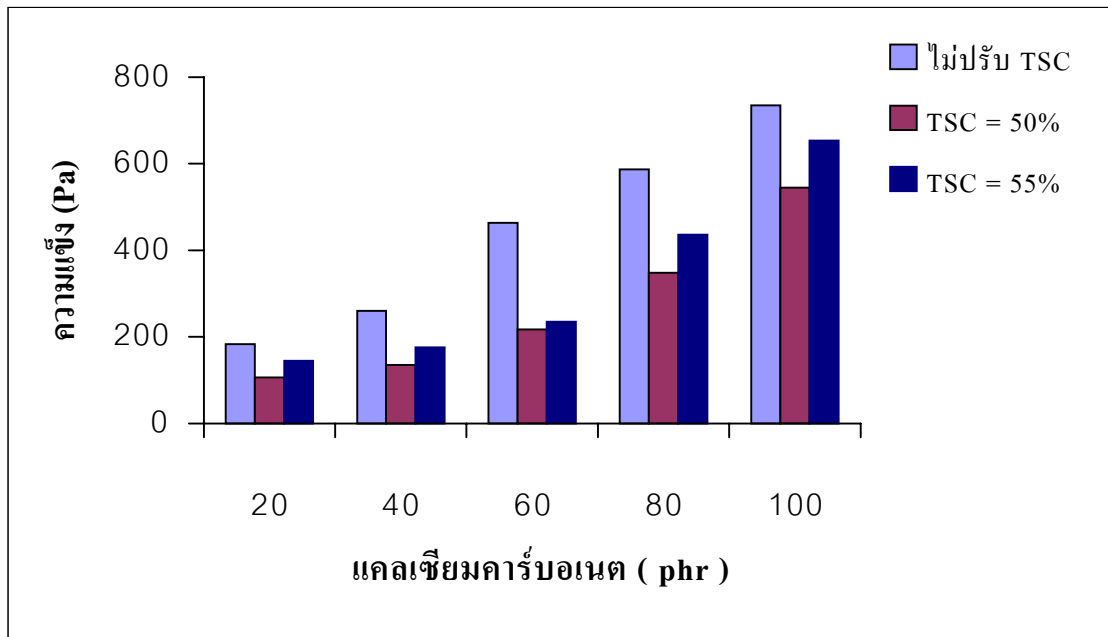


รูปที่ 4.31 ผลของปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนตต่อการหดตัวของพองน้ำที่ไม่ทำการปรับ TSC และ TSC 50% และ 55% ตามลำดับ

ผลของปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนตต่อการยุบและหดตัวของฟองน้ำที่แปรปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนต (20,40, 60, 80 และ 100 phr) จะเห็นว่า เมื่อไม่มีการปรับค่า TSC จะทำให้เปอร์เซ็นต์การหดตัวอยู่ในช่วง 6.6-9.2 % และการยุบตัวของยางฟองน้ำอยู่ในช่วง 20-29 % โดยการยุบและหดตัวจะแปรผันกลับตามปริมาณของแคลเซียมคาร์บอเนตที่เพิ่มขึ้นตามลำดับ (รูปที่ 4.30 -4.31) และเมื่อปรับปริมาณของ TSC ในน้ำยางคอมปาวด์โดยการเติมน้ำให้มีค่า TSC เท่ากับ 50 และ 55 % พบว่า เปอร์เซ็นต์การหดตัวและยุบตัวมีค่าเพิ่มขึ้น อยู่ในช่วง 9.8 -23.56% และ 28.25-76.5% ตามลำดับ โดยการยุบและหดตัวของยางฟองน้ำจะมีค่าลดลงเมื่อปริมาณของแคลเซียมคาร์บอเนตที่ใส่ลงในน้ำยางคอมปาวด์เพิ่มขึ้น แต่ยางฟองน้ำที่ปรับค่า TSC 50 % และ 55 % จะมีอัตราการยุบและหดตัวมีมากกว่าน้ำยางคอมปาวด์ที่ไม่ได้ปรับค่า TSC (ไม่ได้เติมน้ำเพื่อปรับปริมาณ TSC) ยางฟองน้ำที่ใส่แคลเซียมคาร์บอเนตในปริมาณที่เท่ากันจะมีการหดตัวน้อยกว่าการยุบตัว เนื่องจากการยุบตัวจะมีผลของความดันอากาศเข้ามาเกี่ยวข้อง เมื่อเปรียบเทียบการใส่แคลเซียมคาร์บอเนตในปริมาณที่สูงขึ้นพบว่าเปอร์เซ็นต์การหดและยุบตัวมีค่าลดลง เนื่องจากแคลเซียมคาร์บอเนตจะไปแทรกอยู่ระหว่างอนุภาคของยาง ทำให้สมบัติการยึดหยุ่นของยางลดน้อยลง ส่งผลให้การหดและยุบตัวของยางลดน้อยลงด้วย



รูปที่ 4.32 ผลของปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนตต่อค่าความหนาแน่นของยางฟองน้ำที่ไม่ทำการปรับ TSC และ TSC 50% และ 55% ตามลำดับ



รูปที่ 4.33 ผลของปริมาณแคลเซียมคาร์บอนเนตต่อค่าความแข็งแรงของยางพองน้ำที่ไม่ทำการปรับ TSC และ TSC 50% และ 55% ตามลำดับ

ผลของปริมาณแคลเซียมคาร์บอนเนตต่อความหนาแน่นและความแข็งแรงของพองน้ำที่แปรปริมาณแคลเซียมคาร์บอนเนต (20, 40, 60, 80 และ 100 phr) ตรวจสอบสมบัติความหนาแน่นและความแข็งแรงของยางพองน้ำวัลคาไนซ์ จะเห็นว่า เมื่อไม่มีการปรับค่า TSC จะทำให้ค่าความแข็งแรงอยู่ในช่วง 183-735 Pa และความหนาแน่นของยางพองน้ำอยู่ในช่วง 0.1671-0.3652 โดยความหนาแน่นและความแข็งแรงจะแปรผันตามปริมาณของแคลเซียมคาร์บอนเนตที่เพิ่มขึ้นตามลำดับ (รูปที่ 4.32 -4.33) และเมื่อปรับปริมาณของ TSC ของน้ำยางคอมปาวด์โดยการเติมน้ำให้มีค่า TSC เท่ากับ 50 และ 55 % พบว่า ความหนาแน่นและความแข็งแรงมีค่าเพิ่มขึ้น อยู่ในช่วง 0.1448-0.3516 g/cm³ และ 106-654 Pa ตามลำดับ แต่ความหนาแน่นและความแข็งแรงมีน้อยกว่าน้ำยางคอมปาวด์ที่ไม่ได้ปรับค่า TSC (ไม่ได้เติมน้ำเพื่อปรับปริมาณ TSC) เมื่อเปรียบเทียบการใส่แคลเซียมคาร์บอนเนตในปริมาณที่สูงขึ้นพบว่าความหนาแน่นและความแข็งแรงมีค่าเพิ่มขึ้น เนื่องจากแคลเซียมคาร์บอนเนตจะไปแทรกอยู่ระหว่างอนุภาคของยาง ทำให้สมบัติการยึดหยุ่นของยางลดน้อยลง ส่งผลให้ความหนาแน่นและความแข็งแรงเพิ่มขึ้น

4.5 ลักษณะของยางพองน้ำที่ขจัด

ลักษณะผิวของพองน้ำที่ใส่สารแคลเซียมคาร์บอเนตปริมาณต่างๆ หลังจากผ่านการขจัดด้วยเครื่องทดสอบการสึกหรอบแบบเทเบอร์ดังแสดงในตารางที่ 16 และรูปที่ 4.34-4.37

ตารางที่ 16 ลักษณะผิวของพองน้ำที่ใส่สารแคลเซียมคาร์บอเนตปริมาณต่างๆ หลังจากผ่านการขจัดด้วยเครื่องทดสอบการสึกหรอบแบบเทเบอร์ 600 รอบ

CaCO ₃ (phr)	ลักษณะผิวของชั้นพองน้ำหลังจากผ่านการขจัด
0	ผิวของพองน้ำเนื้อนุ่มมาก เนื้อยางพองน้ำลอกออกเป็นชิ้นขนาดใหญ่ และติดอยู่บนชั้นพองน้ำ
50	ผิวของพองน้ำเนื้อนุ่ม เนื้อพองน้ำลอกเป็นชิ้นขนาดเล็ก ผิวพองน้ำขรุขระ มีความหยาบ มีรอยฉีกขาดเป็นร่องลึกที่บริเวณขอบของเส้นรอบวงที่เกิดจากหินขัดที่หมุนเป็นวงกลม
100	ผิวของชั้นพองน้ำเกิดเป็นร่องตามรูปทรงของหิน ตรงขัด ผิวพองน้ำที่หินขัดมีความขรุขระมาก เนื้อพองน้ำหลุดเป็นก้อนขนาดเล็ก และหลุดเป็นก้อนขนาดใหญ่บางส่วน มีรอยฉีกขาดเป็นรูของเนื้อพองน้ำที่หลุดเป็นก้อนขนาดใหญ่

จากตารางที่ 16 และรูปที่ 4.34-4.37 เห็นได้ว่าพองน้ำที่ใส่แคลเซียมคาร์บอเนตปริมาณเท่ากับ 0-100 phr ผิวของพองน้ำหลังการขจัดมีลักษณะแตกต่างกัน ผิวยางพองน้ำมีเนื้อนุ่ม ขรุขระมาก และเป็นรู เนื่องจากพองน้ำมีความนิ่ม ผิดรูปได้ง่ายเมื่อรับน้ำหนักหินขัด เนื้อพองน้ำที่หลุดออกไปจากชั้นพองน้ำจึงมีไม่มากนัก การหลุดของชั้นพองน้ำพบว่าชั้นพองน้ำบางส่วนที่ยังคงติดอยู่บนชั้นพองน้ำ สำหรับพองน้ำที่มีแคลเซียมคาร์บอเนตปริมาณมากขึ้น ผิวของพองน้ำหลังการขจัดจะมีลักษณะของความขรุขระน้อยลง เนื้อยางพองน้ำหลุดออกจากชั้นพองน้ำมากขึ้น ลักษณะของเนื้อพองน้ำที่หลุดออกจากพองน้ำมีทั้งขนาดเล็กและใหญ่ ปนกัน

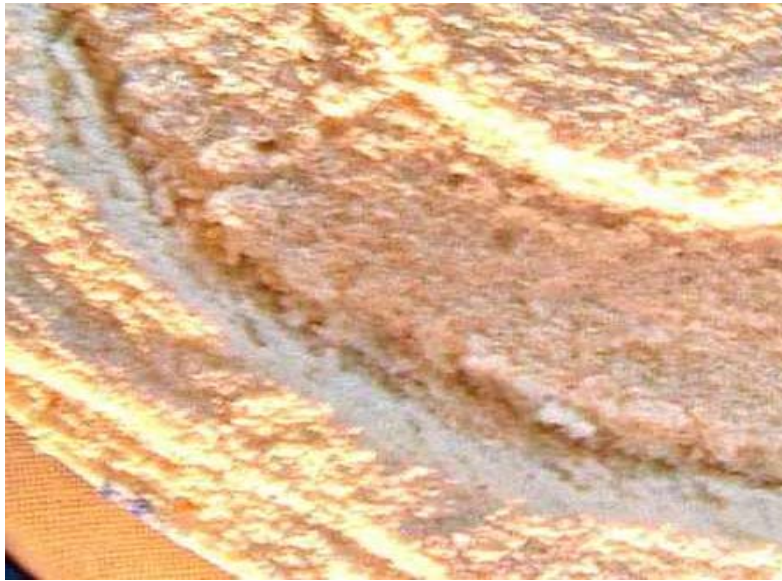
การเพิ่มปริมาณของแคลเซียมคาร์บอเนตในส่วนผสมของน้ำยาง ทำให้ผิวยางพองน้ำหลังการขจัดมีลักษณะผิวเรียบขึ้น และเนื้อพองน้ำที่หลุดออกจากชั้นพองน้ำจะมีขนาดเล็กลง เนื่องจากแคลเซียมคาร์บอเนตเป็นสารตัวเติมที่ไม่เสริมประสิทธิภาพ แรงยึดเหนี่ยวของเนื้อยางจึงน้อยลงเมื่อใส่แคลเซียมคาร์บอเนตมากขึ้น ยางพองน้ำจะได้รับแรงเฉือนที่กระทำบนเนื้อยาง จึงทำให้เนื้อยางหลุดออกได้ง่าย และมีขนาดเล็ก นอกจากนั้นเมื่อปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนตเพิ่มขึ้น ความแข็งของพองน้ำจะเพิ่มขึ้น ทำให้พองน้ำที่ได้รับแรงกดมีการผิดรูปลดลง ผิวสัมผัสระหว่างยางพองน้ำกับผิวหินจะเกิดแรงเฉือนขึ้น ทำให้เนื้อยางพองน้ำที่สัมผัสกับหินขัดเท่านั้นที่หลุดออกมา



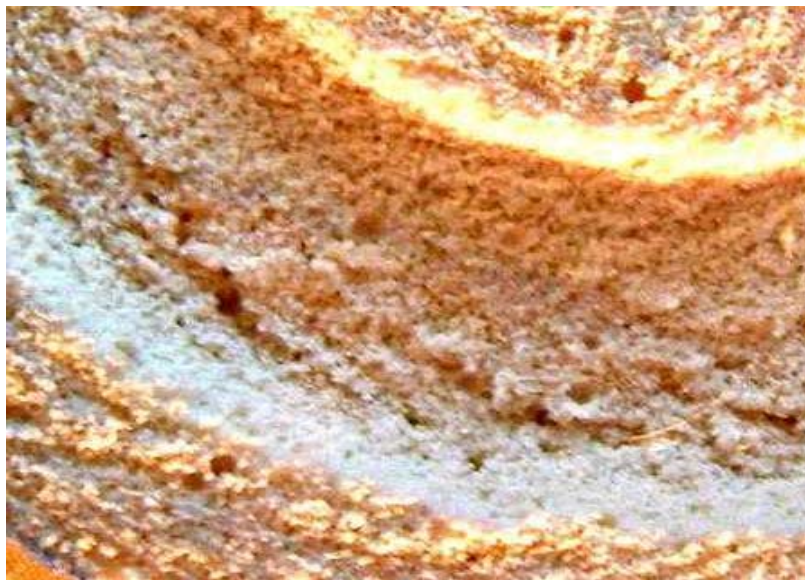
รูปที่ 4.34 ลักษณะผิวก่อนการขจัดของชั้นฟองน้ำที่ได้เคลือบคาร์บอน
เพียงอย่างเดียว มีเคลือบคาร์บอนปริมาณ 100 phr



รูปที่ 4.35 ลักษณะผิวหลังการขจัดของชั้นฟองน้ำที่ไม่ได้เคลือบคาร์บอน



รูปที่ 4.36 ลักษณะผิวหลังการขัดถูของชั้นฟองน้ำที่ใส่แคลเซียมคาร์บอเนตเพียงอย่างเดียว มีแคลเซียมคาร์บอเนตปริมาณ 50 phr



รูปที่ 4.37 ลักษณะผิวหลังการขัดถูของชั้นฟองน้ำที่ใส่แคลเซียมคาร์บอเนตเพียงอย่างเดียว มีแคลเซียมคาร์บอเนตปริมาณ 100 phr

5. สรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

60% น้ำยางข้นแอมโมเนียต่ำ มีปริมาณของแข็งทั้งหมด 62 % ปริมาณแอมโมเนีย 0.2 % มีค่า pH 10.6 ความหนืด 89 cps และความตึงผิว 38 dyne/cm น้ำยางคอมปาวด์มีค่าความหนืดเพิ่มสูงขึ้นตามปริมาณของแคลเซียมคาร์บอเนตและ CMC สมบัติความตึงผิวของน้ำยางจะมีค่าเพิ่มขึ้นด้วย มีผลต่อการผลิตฟองน้ำโดยวิธีการแบบดันลอปคือ ลักษณะของฟองยางก่อนการเจลมีความหนาแน่นมากขึ้น ยางฟองน้ำที่วัลคาไนซ์แล้วมีการหดและยุบตัวลดลงตามปริมาณของแคลเซียมคาร์บอเนตและ CMC ที่เพิ่มขึ้น ส่วนสมบัติความหนาแน่นมีค่าเพิ่มขึ้น และความทนทานต่อแรงกดในระยะยุบตัว 25 % ของยางฟองน้ำ มีค่าเพิ่มขึ้นตามปริมาณของแคลเซียมคาร์บอเนตและ CMC ที่เพิ่มสูงขึ้นด้วย

การปรับค่า TSC ของน้ำยางคอมปาวด์ ให้ลดต่ำลงเท่ากับ 50 % และ 55 % มีผลทำให้น้ำยางคอมปาวด์ ที่ใส่แคลเซียมคาร์บอเนตและ CMC ปริมาณต่างๆ มีค่าความหนืดของไม่แตกต่างกัน ยางฟองน้ำมีลักษณะของฟองยางหนา มีการยุบ และหดตัว สูงขึ้นตาม TSC ของน้ำยางคอมปาวด์ ที่ลดต่ำลง

5.2 ข้อเสนอแนะในการทำวิจัย

ศึกษาสมบัติน้ำยางและยางฟองน้ำที่ใส่สารตัวเติมแคลเซียมคาร์บอเนตในปริมาณที่มากขึ้นในการทำยางฟองน้ำ เพิ่มเติมการใช้ CMC ความเข้มข้นอื่นๆ นอกเหนือจาก 3% CMC ร่วมกับการใช้ สารตัวเติมแคลเซียมคาร์บอเนตปริมาณต่างๆ และศึกษาแนวทางการใช้แคลเซียมคาร์บอเนตในน้ำยาง เพื่อลดต้นทุน ในทำการทำผลิตภัณฑ์จากน้ำยาง

เอกสารอ้างอิง

- จินตนา จิตตภูพิทักษ์. 2526. “การศึกษาผลของสบู่ที่มีต่ออัตราการตีฟองของน้ำยาง”. วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาตรี สาขาเทคโนโลยียาง คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- นนทศักดิ์ สมเกื้อ. 2523 “ ผลของสารเคมีต่อคุณสมบัติทางฟิสิกส์ของฟองน้ำ”. วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาตรี สาขาเทคโนโลยีการยาง คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- บุญธรรม นิธิอุทัย. 2532. ปฏิบัติการเทคโนโลยีน้ำยาง. คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. หน้า 89-96.
- พิพัฒน์ ลิมนะพิทยากร. 2527. “การแยกชั้น Splitting และการหดตัวของโครงสร้างฟองน้ำ”. วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาตรี สาขาเทคโนโลยียาง คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. วิทยาเขตปัตตานี
- มอก. 173-2519 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ยางฟองน้ำ กระทรวงอุตสาหกรรม เล่มที่ 93.
- วิมล จันโทสุทธิ, 2543. “การเตรียมยางผสมเขม่าดำออกยัลเอกเทนค์จากน้ำยางข้นแอมโมเนียต่ำ”. วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาตรี สาขาเทคโนโลยียาง คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- สุรศักดิ์ เทพทอง. 2545. “ อิทธิพลของสารเจลาเสริมต่อการหดตัวและสมบัติของน้ำยางธรรมชาติ ” วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิตสาขาวิชาเทคโนโลยีพอลิเมอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- โสภณ บุญเชิด. 2536. “ การศึกษา Continuous Foaming Process”. วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาตรี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- ASTM D 3574-95. 1997. Standard Methods of Testing Flexible Cellular Materials-Slab Bonded and Moulded Urethane Foam.
- Bogdany John. 1989. Composite open-cell foam structure. USA. Patent no. US4957798. Mar. 31.
- Calvert, K.O.1962. Permeability of Gell Latex Foam, vol. 38, Institue of Rubber Industry. p64-66.
- Kirk–Othmer. 1992 “ Encyclopedia of chemical technology ” 4th edition, vol.4.
- Morton, M. 1995. Rubber Technology, 3th ed. Van Nan Nostrand Reinlhal Company. p547-549.

ภาคผนวก

ตารางเปรียบเทียบวัตถุประสงค์

วัตถุประสงค์	กิจกรรมที่วางไว้	กิจกรรมที่ดำเนินการ	ผลที่ได้รับจากโครงการ
1. เพื่อศึกษาความหนืดของน้ำยางที่ใส่แคลเซียมคาร์บอเนต ต่อการทำยางฟองน้ำ	1.1 ศึกษาสมบัติของน้ำยาง ก่อน และ หลังบ่มด้วยสารเคมี 1.2 ศึกษาความหนืดของน้ำยางที่ใส่สารตัวเติมแคลเซียมคาร์บอเนต ปริมาณ 5, 10, 20, 40, 60, 80, 100 phr	- ตรวจสอบสมบัติทั่วไปของน้ำยางชั้น เช่น DRC TSC Alkalinity pH Viscosity และ Surface tension ของน้ำยาง - ตรวจสอบสมบัติน้ำยางคอมปาวด์ - แปรสารตัวเติมแคลเซียมคาร์บอเนต ปริมาณ 5, 10, 20, 40, 60, 80, 100 phr - ตรวจสอบความหนืดของน้ำยางที่ใส่แคลเซียมคาร์บอเนต ทั้งก่อนและหลัง ปรับ TSC ของน้ำยาง - ปรับความหนืดของน้ำยางที่ใส่สารเพิ่มความหนืด (CMC) - ตรวจสอบสมบัติของน้ำยางที่ใช้เตรียมยางฟองน้ำ เช่น ความหนืด pH ความตึงผิว และระดับการวัลคาไนซ์ของน้ำยาง	- ทราบสมบัติของน้ำยางที่ใช้ก่อนการเตรียมยางฟองน้ำ - ทราบสมบัติของน้ำยางหลังบ่มเร่ง - ทราบความหนืดของน้ำยางที่ใส่แคลเซียมคาร์บอเนตปริมาณต่างๆ - ทราบความหนืดของน้ำยางที่ใส่สารเพิ่มความหนืด (CMC) - ทราบสมบัติของน้ำยางที่ใช้เตรียมยางฟองน้ำ เช่น ความหนืด pH ความตึงผิว และระดับการวัลคาไนซ์ของน้ำยาง

2. เพื่อศึกษาสมบัติของฟองน้ำวัลคาไนซ์ที่ใส่แคลเซียมคาร์บอเนตปริมาณต่างๆ	2.1 ศึกษาเทคนิคการเตรียมฟองน้ำ (แบบดันลอป) 2.2 เตรียมฟองน้ำที่แปรปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนต 2.3 ทดสอบฟองน้ำวัลคาไนซ์ ได้แก่ ความหนาแน่น การหดและยุบตัว ความทนทานต่อแรงกด ลักษณะผิวของฟองน้ำที่ขัด	- ปรับสูตรเตรียมฟองน้ำให้เหมาะสม - แปรปริมาณของสารตัวเติมแคลเซียมคาร์บอเนต และใส่ CMC ปริมาณต่างๆ - เตรียมฟองน้ำที่ใส่แคลเซียมคาร์บอเนต - วัลคาไนซ์ฟองน้ำด้วยไอน้ำ - ตรวจสอบสมบัติของฟองน้ำ เช่น การหดและยุบตัว ความหนาแน่น และความแข็งแรง ลักษณะผิวของฟองน้ำที่ขัด	- ได้สูตรที่เหมาะสมในการเตรียมฟองน้ำ - ได้ฟองน้ำที่แปรปริมาณของสารตัวเติมแคลเซียมคาร์บอเนต และใส่ CMC สามารถตรวจสอบสมบัติของฟองน้ำ ได้แก่ การหดและยุบตัว ความหนาแน่น และความแข็งแรง ลักษณะผิวของฟองน้ำที่ขัด
3. เพื่อเป็นการศึกษาแนวทางใส่แคลเซียมคาร์บอเนตในน้ำยางทำให้สามารถลดต้นทุน ในกระบวนการผลิต	ดำเนินการตามกิจกรรมที่วางไว้ในข้อ 1 และ 2	ดำเนินการตามกิจกรรมที่กำหนดในข้อ 1 และ 2	ทราบแนวทางใส่แคลเซียมคาร์บอเนตในน้ำยาง สามารถลดต้นทุน ในกระบวนการผลิตได้



โครงการ “กลุ่มโครงการวิจัยย่อยวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์จากน้ำยางธรรมชาติ-มอ. (2)”

: ผลความหนืดของน้ำยางต่อการทำยางฟองน้ำ

: Latex viscosity on making Rubber Sponge

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ เสาวนีย์ ก่อฤทธิกุลจิณี, ดร. ณัฏฐพงศ์ นิธิพิสัย และ บัณฑิต ชัยคำ (นักศึกษามหาวิทยาลัย)

ภาควิชาเทคโนโลยียางและพลาสติก คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยขอนแก่น วิทยาเขตหนองบัวลำภู วิทยาเขตภักดี

สนับสนุนโดยสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)



บทคัดย่อ

ความหนืดของน้ำยางมีผลต่อพฤติกรรมการเตรียมฟองยางและสมบัติของยางฟองน้ำ การทำยางฟองน้ำด้วยกระบวนการแบบเติมฟองใช้ 60% น้ำยางข้นชนิดแอมโมเนียต่ำ มีปริมาณของแข็งทั้งหมด 62 % ค่า pH 10.6 ความหนืด 89 cps และ ความตึงผิว 38 dyne/cm พบว่า น้ำยางข้นปาวามีค่าความหนืดเพิ่มขึ้นตามปริมาณของแคลเซียมคาร์บอเนตและคาร์บอกซิลเมทิลเซลลูโลส (CMC) เวลาในการจลนของฟองยางจะลดลง ยางฟองน้ำที่ผลิตได้มีสมบัติการบวมและหดตัวลดลงตามความหนืดที่เพิ่มขึ้น การใส่แคลเซียมคาร์บอเนต (0, 20, 40, 60, 80 และ 100 phr) ร่วมกับ CMC (0.1, 0.25, 0.5, 1 และ 1.5 phr) มีผลทำให้ฟองน้ำที่ได้มีค่าความหนาแน่น มีเปอร์เซ็นต์การหดตัวและบวมลดลง ความทนทานและความแข็งแรงของฟองน้ำเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มปริมาณของแคลเซียมคาร์บอเนต และ CMC ที่ใส่น้ำยาง

Viscosity of latex effect on preparation behavior of latex sponge. In Dunlop's process of sponge preparation using 60% low ammonia concentrated latex with pH of 10.6, viscosity of 89 cps and surface tension of 38 dyne/cm. It was found that the viscosity of compound latex was increased as increasing calcium carbonate and carboxyl methyl cellulose (CMC), while gelling time was decreased. The vulcanized sponge gave the shrinkage properties decreased as the viscosity was increased. Additional of calcium carbonate (0, 20, 40, 60, 80 and 100 phr) together with CMC (0.1, 0.25, 0.5, 1 and 1.5 phr) were found to effect on the vulcanized properties of rubber sponge. The shrinkage was decreased while the density and hardness were increased as increasing calcium carbonate and CMC.

1. บทนำ

ยางฟองน้ำหรือโฟม น้ำยางข้นแอมโมเนียต่ำ ส่วนใหญ่ใช้เป็นยางและที่นอน มีการใช้น้ำยางฟองน้ำจำนวนมาก แต่ในปัจจุบันน้ำยางมีราคาเพิ่มสูงขึ้น จึงมีการลดต้นทุนในการผลิตโดยใช้การคัดแยกน้ำยางฟองน้ำทิ้งไป ในอุตสาหกรรมยางแท่ง มักใช้สารตัวเติมชนิดแข็งเพื่อลดต้นทุน แต่ไม่เหมาะสำหรับยางฟองน้ำเพราะสารตัวเติมจะไปอุดตันรูพรุนของยางฟองน้ำ ทำให้ยางฟองน้ำมีคุณสมบัติทางกายภาพที่ไม่ดีนัก แต่ยางฟองน้ำที่ดีต้องการสมบัติในการทนทานต่อการดึง จึงจำเป็นต้องใช้สารตัวเติมที่ทนทานต่อการดึงได้ โดยการใช้สารตัวเติมที่ทนทานต่อการดึงได้แก่แคลเซียมคาร์บอเนตและการเติมความหนืด (CMC) ปริมาณต่างๆ ต่อสมมติของน้ำยาง

2. การทดลอง

2.1 เตรียมน้ำยางคอมเพนดัม

ส่วนผสมที่ใช้ในการเตรียมยางฟองน้ำ แบ่งเป็น 2 ส่วน ดังแสดงในตารางที่ 1-2

ตารางที่ 1 ส่วนผสมของน้ำยาง (Maturation)

สารเคมี	phr	wt (กรัม)
60% LA-latex	100	167
20% K-Oleate	1	5
50% Sulpur	2.5	5
50% สารตัวเติม*	3	6
น้ำยางข้น	106.5	183

* 50% ZDEC+ZMBT dispersion

ตารางที่ 2 ส่วนผสมของการเตรียมฟองน้ำ

สารเคมี	phr	wt (กรัม)
น้ำยางข้น (ตารางที่ 1)	106.5	183
20% K-Oleate	2	10
10% DPG	1	10
50% ZnO	5	10
20% SFF	2	10

CaCO₃ และ CMC ปริมาณต่างๆ

2.2 ขั้นตอนการเตรียมฟองน้ำ

1. นำน้ำยางที่ผสมสารเคมีใส่ลงใน DPG ความเร็วความเร็ว Speed 6 เป็นเวลา 4 นาที ปรับ Speed = 3 แล้ว ใส่สารเคมีที่เป็นตัวเติม แคลเซียมคาร์บอเนต และ CMC
2. ใส่ 50 % ZnO ความเร็วความเร็ว Speed 3 เป็นเวลา 1 นาที
3. เติมน้ำ 20% SFF ความเร็วความเร็ว Speed 3 เป็นเวลา 1 นาที ปิดเครื่อง
4. เทฟองยางลงในน้ำ แล้วนำไปใช้ภายในเวลา 1 ชม. (โดยประมาณ)
5. นำฟองยางที่เตรียมได้มาทำการวัดความหนาแน่น และความแข็งแรง
6. ย่นแห้งในตู้อบ หลุมอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

2.3 การทดสอบ

สมบัติทั่วไปของน้ำยาง DRC, TSC, Alkalinity, Surface Tension, pH, Viscosity, Chloroform Test

สมบัติทางกายภาพของยางฟองน้ำ

ความหนาแน่นของฟองน้ำ (ASTM D 3574-95, 1997) ความแข็งแรงของฟองน้ำ (มาตรฐาน มอก. 173-2519)

การหดตัวและบวมของฟองน้ำ

วัดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางและความสูงโดยเฉลี่ยของฟองน้ำ คำนวณการหดและการบวม คือ

$$\text{การหดตัว} = \frac{(A-B)/A}{100} (\%)$$

$$\text{การบวม} = \frac{(C-D)/C}{100} (\%)$$

เมื่อ A = เส้นผ่านศูนย์กลาง, ซม. C = ความสูงของฟองน้ำ, ซม.

B = เส้นผ่านศูนย์กลาง, ซม. D = ความสูงของฟองน้ำ, ซม.

3. ผลการทดลองและวิจารณ์

3.1 สมบัติทั่วไปของน้ำยาง

DRC	= 60.52 %	Surface Tension	= 38 dyne/cm
TSC	= 62.15 %	Viscosity	= 89 cps
pH	= 10.58	Alkalinity	= 0.21 %

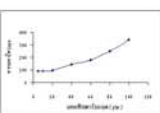
3.2 สมบัติน้ำยางคอมพาวด์บ่ม เป็นเวลา 1 วัน ที่อุณหภูมิห้อง

TSC	= 58.2 %	Surface Tension	= 36 dyne/cm
pH	= 10.55	Viscosity	= 92 cps

น้ำยางคอมพาวด์บ่มมี TSC น้อยกว่าน้ำยางข้นแอมโมเนียต่ำ เนื่องจากส่วนผสมสารเคมีที่เติมมีน้ำอยู่ด้วย การเติมฟองน้ำในน้ำยางที่บ่ม ทำให้ความหนืดของน้ำยางมีค่าลดลง ค่า pH ของน้ำยางบ่ม 1 วัน ไม่มีความแตกต่างจากน้ำยางก่อนบ่ม ตรวจคุณสมบัติการค้ำน้ำของน้ำยางคอมพาวด์ที่บ่ม ได้โดยวิธีทดสอบด้วยวิธีประมาณ 2-2.5 แสดงว่าระยะเวลาที่บ่มน้ำยางคอมพาวด์ และมีการกวนน้ำยางอย่างช้าๆ มีการแลกเปลี่ยนประจุของสารเคมีในน้ำยางเกิดขึ้น น้ำยางฟองน้ำจะนุ่มและรูปฟองยางฟองน้ำต่อไป

3.3 ความหนืดของน้ำยางที่แปรปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนต

60% น้ำยางข้น ได้แคลเซียมคาร์บอเนต 5, 10, 20, 40, 60, 80 และ 100 phr พบว่าค่าความหนืดเพิ่มขึ้นตามปริมาณ CaCO₃ ที่เติม

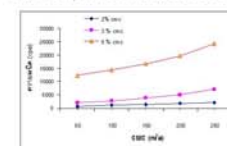


รูปที่ 1 ผลของ CaCO₃ ต่อ ความหนืดของน้ำยาง

รูปที่ 1 การใส่ แคลเซียมคาร์บอเนตปริมาณต่างๆ (5, 10, 20, 40, 60, 80 และ 100 phr) ในน้ำยางข้นแอมโมเนียต่ำ ทำให้ความหนืดมีค่าเพิ่มขึ้นตามแคลเซียมคาร์บอเนตที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากแคลเซียมคาร์บอเนตมีผลในการเพิ่มการกระจายตัวของน้ำยางทำให้ความแข็งแรงของน้ำยางเพิ่มขึ้น ค่าความหนืดของน้ำยางจึงมีค่าสูงขึ้นด้วย

3.4 ความหนืดของน้ำยางที่แปรความเข้มข้นของสารเพิ่มความหนืด (CMC)

น้ำยางข้นแอมโมเนียต่ำ 167 กรัม เติมน้ำ 2% CMC, 3% CMC และ 5% CMC ปริมาณต่างๆ (50, 100, 150, 200 และ 250 กรัม) พบว่าค่าความหนืดเพิ่มขึ้นตามปริมาณ CMC ที่เติม

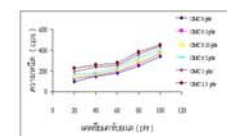


รูปที่ 2 CMC 2, 3 และ 5% ต่อ ความหนืดของน้ำยาง

รูปที่ 2 การใส่ CMC ที่มีความเข้มข้น 2%, 3% และ 5% ปริมาณต่างๆ (50, 100, 150, 200 และ 250 กรัม) ใน 60% น้ำยางข้น (167 กรัม) มีผลทำให้ค่าความหนืดของน้ำยางเพิ่มขึ้นตามปริมาณ CMC ที่เพิ่มขึ้น การใส่ 2% และ 3% CMC จะให้ความหนืดเพิ่มขึ้นด้วยอัตราส่วนที่ต่ำกว่า 5% CMC

3.5 ความหนืดของน้ำยางที่แปรปริมาณสารเพิ่มความหนืด (CMC)

น้ำยางข้นแอมโมเนียต่ำได้แคลเซียมคาร์บอเนต 20, 40, 60, 80 และ 100 phr แปรสารเพิ่มความหนืดปริมาณต่างๆ 0, 0.1, 0.25, 0.5, 1 และ 1.5 phr มีความหนืดเพิ่มขึ้นตามปริมาณ CMC ที่เติม



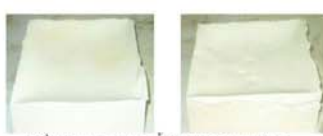
รูปที่ 3 ผลของ CaCO₃ และ CMC ต่อความหนืด

รูปที่ 3 การเพิ่มแคลเซียมคาร์บอเนต ในน้ำยาง (20-100 phr) มีผลให้ความหนืดของน้ำยางเพิ่มขึ้น เนื่องจาก แคลเซียมคาร์บอเนตเป็นสารตัวเติม เมื่อใส่ลงในน้ำยางจะดูดซับน้ำที่มีอยู่ในน้ำยางทำให้ปริมาณของน้ำในน้ำยางมีค่าสูงขึ้น ทำให้ความหนืดของน้ำยางเพิ่มขึ้น

การใส่ CMC ลงในน้ำยางที่มีแคลเซียมคาร์บอเนตปริมาณต่างๆ กัน จะทำให้ค่าความหนืดของน้ำยางเพิ่มขึ้นเล็กน้อย เนื่องจาก CMC เป็นสารเพิ่มความหนืดเมื่อใส่ในปริมาณที่เพิ่มมากขึ้น ย่อทำให้ค่าความหนืดของน้ำยางเพิ่มขึ้นด้วย

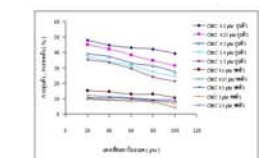
3.6 สมบัติของยางฟองน้ำ

การใส่แคลเซียมคาร์บอเนตในน้ำยางคอมพาวด์ ทำให้ฟองยางแข็งขึ้น เนื่องจากแคลเซียมคาร์บอเนตที่กระจายอยู่ในน้ำยางจะดูดซับน้ำจากฟองน้ำภายในฟองน้ำ ทำให้ความแข็งแรงของฟองน้ำเพิ่มขึ้น

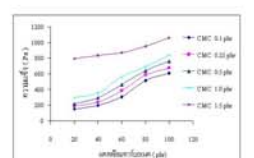


รูปที่ 4 ลักษณะของฟองน้ำที่ได้ CaCO₃ 5 และ 100 phr

รูปที่ 4 แสดงให้เห็นว่าฟองน้ำที่ได้ แคลเซียมคาร์บอเนต 5 และ 100 phr มีลักษณะการบวมและหดตัวไม่แตกต่างกันมากนัก และการเพิ่มแคลเซียมคาร์บอเนตในน้ำยาง มีผลทำให้ฟองน้ำมีความแข็งแรงเพิ่มขึ้น



รูปที่ 5 ผลของ CaCO₃ และ CMC ต่อการบวมและหดตัว



รูปที่ 9 ผลของ CaCO₃ และ CMC ต่อความแข็งแรงของฟองน้ำ

รูปที่ 5 จะเห็นว่า การใส่แคลเซียมคาร์บอเนต และ CMC ปริมาณเพิ่มขึ้นในน้ำยาง มีผลทำให้ฟองน้ำมีการบวมและหดตัวลดลง โดย CMC มีผลทำให้ความหนืดของน้ำยางเพิ่มขึ้น ทำให้ค่าความแข็งแรงของฟองน้ำเพิ่มขึ้นตามปริมาณของ CMC ที่เพิ่มขึ้น ส่งผลให้การบวมและหดตัวของฟองน้ำลดลง ส่วนรูปที่ 6 การเพิ่มแคลเซียมคาร์บอเนตทำให้ความแข็งแรงเพิ่มขึ้น เนื่องจากฟองน้ำแคลเซียมคาร์บอเนตจะไม่แตกหักง่ายกว่าฟองน้ำของยางธรรมชาติ ทำให้ความแข็งแรงของฟองน้ำเพิ่มขึ้น

4. สรุป

60% น้ำยางข้นแอมโมเนียต่ำ มีปริมาณของแข็งทั้งหมด 62 % ความหนืด 89 cps และความตึงผิว 38 dyne/cm ความหนืดของน้ำยางมีค่าเพิ่มขึ้นตามปริมาณของแคลเซียมคาร์บอเนต และ CMC ที่ใส่น้ำยาง มีผลทำให้ฟองน้ำมีการบวมและหดตัวลดลงเมื่อเพิ่มปริมาณของแคลเซียมคาร์บอเนตและ CMC แต่ความทนทานและความแข็งแรงของฟองน้ำมีค่าเพิ่มขึ้น

5. เอกสารอ้างอิง

ASTM D 3574-95, 1997. Standard Methods of Testing Flexible Cellular Materials-Slab Bonded and Moulded Urethane Foam. มอก. 173-2519 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมยางฟองน้ำ กระดาษอัดสานกรรม 2519