

บทที่ 3

วิธีการวิจัย

3.1 วัสดุ

3.1.1 น้ำยางธรรมชาติเข้มข้นชนิดแอมโมเนียต่ำ (Low ammonia concentrated natural latex, LA-TZ type) มีปริมาณเนื้อยางแห้ง (Dry rubber content, DRC) ประมาณ 60.1% ปริมาณของแข็งทั้งหมด (Total solid content, TSC) ในน้ำยาง 61.5% และเก็บรักษาด้วยแอมโมเนีย 0.2 % ผลิตโดยบริษัทปิดตานีอุตสาหกรรม (1971) จำกัด

3.1.2 โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (Potassium hydroxide, KOH) มีลักษณะเป็นก้อนกลมแบนสีขาวขุ่น มีความบริสุทธิ์ 88.5% ใช้ในการเตรียมสบู่โพแทสเซียมโอเลอิก ผลิตโดยบริษัท Carlo Erba ประเทศฝรั่งเศส

3.1.3 กรดโอเลอิก (Oleic acid) มีลักษณะเป็นของเหลวสีเหลืองใส ใช้ในการเตรียมสบู่โพแทสเซียมโอเลอิก ผลิตโดยบริษัท E.Merk Darmstadt Ltd. ประเทศเยอรมัน

3.1.4 สารละลายโพแทสเซียมโอเลอิก (Potassium oleate solution) เตรียมอยู่ในรูปสารละลายเข้มข้น 20 % (w/v) โดยใช้โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ทำปฏิกิริยากับกรดโอเลอิก และใช้น้ำเป็นตัวทำละลาย ได้สารละลายสบู่ที่มีลักษณะใส หนืด

3.1.5 ซิงค์ออกไซด์ (Zinc oxide, ZnO) ลักษณะเป็นผงสีขาวครีมขุ่น ใช้ในรูปของสารแขวนลอยที่มีความเข้มข้น 50 % ทำหน้าที่เป็นสารกระตุ้นปฏิกิริยาการวัลคาไนซ์ยาง ผลิตโดยบริษัท China National Chemical Construction ประเทศจีน

3.1.6 กำมะถัน (Sulphur, S) เป็นเกรดที่ใช้ในอุตสาหกรรมยาง มีลักษณะเป็นผงสีเหลือง ขุ่น ใช้ในรูปของสารแขวนลอยที่มีความเข้มข้น 50 % ทำหน้าที่เป็นสารวัลคาไนซ์ ผลิตโดยบริษัท Ciech S.A. ประเทศโปแลนด์

3.1.7 ซิงค์ไดเอทิลไดไธโอคาร์บาเมต (Zinc - N- diethyl dithiocarbamate, ZDEC) มีลักษณะเป็นผงสีขาวเทา ขุ่น ใช้ในรูปของสารแขวนลอยที่มีความเข้มข้น 50 % ทำหน้าที่เป็นสารตัวเร่ง ผลิตโดยบริษัท China National Chemical Construction ประเทศจีน

3.1.8 ซิงค์เมอร์แคปโตเบนโซไทอาโซล (Zinc - 2 - mercaptobenzothiazole, ZMBT) มีลักษณะเป็นผงสีเหลือง ขุ่น ใช้ในรูปของสารแขวนลอยที่มีความเข้มข้น 50 % ทำหน้าที่เป็นสารตัวเร่ง ผลิตโดยบริษัท AKZO Chemicals B.V. ประเทศเนเธอร์แลนด์

3.1.9 โซเดียมซิลิโคฟลูออไรด์ (Sodium silicofluoride, SSF) มีลักษณะเป็นเม็ดสีขาว ชุ่ม ใช้ในรูปของสารแขวนลอยที่มีความเข้มข้น 20 % ทำหน้าที่เป็นสารก่อเจลหลัก ผลิตโดยบริษัท China National Chemical Construction ประเทศจีน

3.1.10 วัลคาฟอรัอีเอฟเอ (Vulcafor EFA) มีลักษณะเป็นของเหลวสีน้ำตาลเข้ม เตรียมในรูปสารละลายเข้มข้น 50 % (w/v) โดยใช้น้ำเป็นตัวทำละลาย ทำหน้าที่เป็นสารก่อเจลเสริม ในการเตรียมฟองน้ำ ได้รับความอนุเคราะห์จากบริษัทปิโตรเคมีอุตสาหกรรม (1971) จำกัด

3.1.11 แคลเซียมคาร์บอเนต (Calcium carbonate, CaCO₃) ลักษณะเป็นผงสีขาวครีม ชุ่ม ใช้ในรูปของสารแขวนลอยที่มีความเข้มข้น 50 % ทำหน้าที่เป็นสารตัวเติม ผลิตโดยบริษัทสุรินทร์ – ออมซ่า (ประเทศไทย) จำกัด

3.1.12 เคลย์ (Clay) ลักษณะเป็นผงสีขาว ชุ่ม ใช้ในรูปของสารแขวนลอยที่มีความเข้มข้น 50 % ทำหน้าที่เป็นสารตัวเติม ผลิตโดย R.T. Vanderbilt Co., LTD. ประเทศสหรัฐอเมริกา

3.1.13 เตตระเอทิลีนเพนทามีน (Tetraethylene pentamine, TEPA) ลักษณะเป็นของเหลวใส เตรียมอยู่ในรูปสารละลายเข้มข้น 20% (v/v) ทำหน้าที่เป็นสารก่อเจลเสริม ผลิตโดยบริษัท Fluka Chemika ประเทศสวิสเซอร์แลนด์

3.1.14 ไตรเอทิลีนเตตระมีน (Triethylene tetramine, TETA) ลักษณะเป็นของเหลวใส เตรียมอยู่ในรูปสารละลาย 20% (v/v) ทำหน้าที่เป็นสารก่อเจลเสริม ผลิตโดยบริษัท Fluka Chemika ประเทศสวิสเซอร์แลนด์

3.1.15 ไดฟีนิลกวานิดีน (Diphenyl guanidine, DPG) ลักษณะเป็นผงหยาบสีขาว ชุ่ม ใช้ในรูปของสารแขวนลอยที่มีความเข้มข้น 20 % ทำหน้าที่เป็นสารก่อเจลเสริม ผลิตโดยบริษัท China National Chemical Construction ประเทศจีน

3.1.16 เบนโทไนท์เคลย์ (Bentonite clay) เป็นชนิดที่ใช้ในอุตสาหกรรมยาง มีลักษณะเป็นผงสีเทา ใช้เป็นสารป้องกันการตกตะกอนของสารเคมีที่บดเมื่อเตรียมให้อยู่ในรูปของสารแขวนลอย ผลิตโดยบริษัท Shiraishi Calcium Kaisha Ltd. ประเทศญี่ปุ่น

3.1.17 วัลทามอล (Vultamol) เป็นเกลือของ Alkylated naphthalene sulphonic acid มีลักษณะเป็นผงสีน้ำตาลอ่อน ใช้เป็นสารที่ช่วยให้สารเคมีที่บดให้เกิดการกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอในรูปสารแขวนลอย ผลิตโดยบริษัท BASF ประเทศเยอรมัน

3.2 อุปกรณ์

3.2.1 ชุดตีฟอง มีลักษณะเหมือนเครื่องทำขนมเค้ก ซึ่งมีหม้อกวนและชุดตีปั่นเป็นซี่ลวด ความเร็วในการตีปั่นสามารถปรับได้ตั้งแต่ 60 - 360 รอบต่อนาที ผลิตโดย บริษัท Kitchen Aid Inc. ประเทศสหรัฐอเมริกา ลักษณะของเครื่องแสดงดังในรูปที่ 3.1

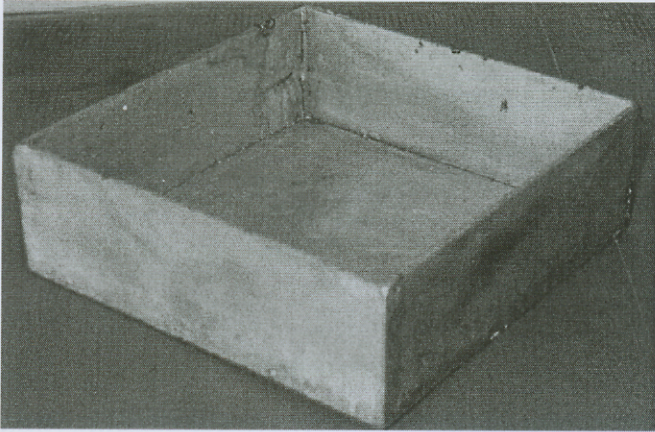


รูปที่ 3.1 ชุดตีฟองใช้ในการผลิตฟองน้ำยางธรรมชาติ

3.2.2 ตู้อบ (Universal oven) รุ่น ULM 500 มีขนาดภายนอก 70 x 54 x 70 ซม. และ ขนาดช่องอบภายใน 58 x 40 x 50 ซม. มีระบบพัดลมเพื่อควบคุมความสม่ำเสมอของอุณหภูมิ สามารถปรับอุณหภูมิสูงถึง 250 องศาเซลเซียส ตั้งเวลาเปิดปิดได้นาน 24 ชั่วโมง ผลิตโดยบริษัท Memmert GmbH ประเทศเยอรมัน

3.2.3 เครื่องชั่ง 2 ตำแหน่ง รุ่น Vibra สามารถชั่งได้ถูกต้องถึง 0.01 กรัม และสามารถรับน้ำหนักได้สูงถึง 5,000 กรัม ผลิตโดยบริษัท Merit Tech Co., LTD. ประเทศญี่ปุ่น

3.2.4 เบ้า (Mould) ลักษณะเป็นรูปทรงสี่เหลี่ยมจตุรัสมีขนาด 6 x 6 x 2 นิ้ว ทำจาก อลูมิเนียมมีลักษณะดังแสดงในรูปที่ 3.2

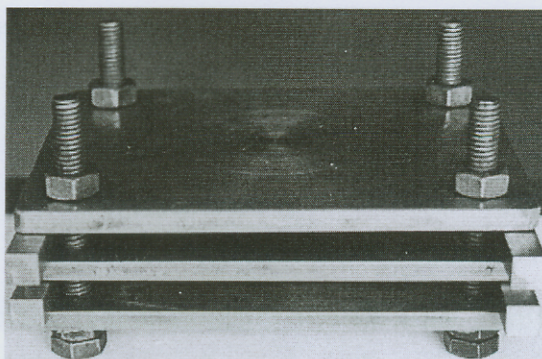


รูปที่ 3.2 เบ้าที่ใช้ในการเตรียมฟองน้ำจากยางธรรมชาติ

3.2.5 หม้ออบไอน้ำ ลักษณะเป็นหม้อหนึ่งมีฝาปิด ตรงฐานล่างแบนเพื่อวางบนเตาหรือชุดให้ความร้อน มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 44 ซม. ผลิตโดยบริษัท Chud Chin Hua ประเทศจีน

3.2.6 กล้องจุลทรรศน์ชนิดสเตอริโอไมโครสโคป พร้อมอุปกรณ์ถ่ายรูปรูปยี่ห้อ Nikon Model HFX-DX ประเทศญี่ปุ่น

3.2.7 ชุดทดสอบความสามารถในการคืนรูป (Compression set test apparatus) ลักษณะเป็นเหล็กแบนสี่เหลี่ยมมาประกบกันโดยประกอบด้วยแผ่นเหล็กแบน 3 แผ่น ขนาดแผ่นเหล็กแต่ละชั้นมีขนาด 200x150x10 มม. แผ่นเหล็กทั้งหมดยึดด้วยน็อต 4 ตัว มีแท่งเหล็กกั้นระยะ (Spacer) ลักษณะเป็นแท่งสี่เหลี่ยมขนาด 9.5 x 150 x 9.5 มม. มีลักษณะแสดงดังรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 ชุดทดสอบความสามารถในการคืนรูป

3.3 การเตรียมสารเคมีและเทคนิคการเตรียมฟองน้ำ

3.3.1 การเตรียมสารเคมี

3.3.1.1 สบู่โพแทสเซียมโอเลอेट เจ้มข้น 20 % เตรียมโดยใช้สูตรดังนี้

	ชนิดของสารเคมี	ปริมาณที่ใช้ (กรัม)
ส่วนที่ 1	กรดโอเลอิก	100.00
	น้ำกลั่น	370.00
ส่วนที่ 2	โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์	19.86
	น้ำกลั่น	84.00

นำส่วนที่ 1 ไปอุ่นที่อุณหภูมิ 75°C แล้วเทลงในส่วนที่ 2 กวนด้วยความเร็วสูง อุ่นต่อไปอีกประมาณ 1 ชั่วโมงพร้อมกับกวนตลอดเวลา

3.3.1.2 สารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ เข้มข้น 20 % เตรียมโดยใช้สูตรดังนี้

ชนิดของสารเคมี	ปริมาณที่ใช้ (กรัม)
โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์	20.0
น้ำกลั่น	100.0

ชั่งโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ตามน้ำหนักที่กำหนด เติมน้ำกลั่นลงไปแล้วกวนด้วยแท่งแก้วจนละลายเข้ากันได้ดี ในขณะที่กวนก็จะนำบีกเกอร์ไปหล่อน้ำเย็นตลอดเพื่อลดอุณหภูมิ

3.3.1.3 สารวัลคาไนซ์ผสม เตรียมอยู่ในรูปของสารแขวนลอยเข้มข้น 50 % โดยใช้สูตรดังนี้

ชนิดของสารเคมี	ปริมาณที่ใช้ (กรัม)
กำมะถัน	250.0
ZDEC	100.0
ZMBT	100.0
วัลทามอล	10.0
น้ำกลั่น	440.0

นำสารเคมีที่ชั่งแล้วบดรวมกันด้วยเครื่องบดสารเคมี (Ball mill) เป็นเวลา 48 ชั่วโมง

3.3.1.4 ซิงค์ออกไซด์ เตรียมอยู่ในรูปของสารแขวนลอยเข้มข้น 50 % โดยใช้สูตรดังนี้

ชนิดของสารเคมี	ปริมาณที่ใช้ (กรัม)
ซิงค์ออกไซด์	50.0
เบนโทไนซ์ เคลย์	1.0
วัลทามอล	1.0
น้ำกลั่น	48.0

นำสารเคมีที่ชั่งแล้วบดรวมกันด้วยเครื่องบดสารเคมี (Ball mill) เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

3.3.1.5 โซเดียมซิลิโคฟลูออไรด์ เตรียมอยู่ในรูปของสารแขวนลอยเข้มข้น 50 % แต่เมื่อเวลาจะใช้ให้เติมน้ำลงไปปรับเป็น 20% dispersion โดยใช้สูตรดังนี้

ชนิดของสารเคมี	ปริมาณที่ใช้ (กรัม)
โซเดียมซิติโคฟลูออไรด์	50.0
เบนโทไนซ์ เคลย์	2.0
น้ำกลั่น	48.0

นำสารเคมีที่ซั่งแล้วบดรวมกันด้วยเครื่องบดสารเคมี (Ball mill) เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

3.3.1.6 แคลเซียมคาร์บอเนต เตรียมอยู่ในรูปของสารแขวนลอยเข้มข้น 50 % โดยใช้สูตรดังนี้

ชนิดของสารเคมี	ปริมาณที่ใช้ (กรัม)
แคลเซียมคาร์บอเนต	50.0
เบนโทไนซ์ เคลย์	1.0
วัลทามอล	1.0
น้ำกลั่น	48.0

นำสารเคมีที่ซั่งแล้วบดรวมกันด้วยเครื่องบดสารเคมี (Ball mill) เป็นเวลา 48 ชั่วโมง

3.3.1.7 เคลย์ เตรียมอยู่ในรูปของสารแขวนลอยเข้มข้น 50 % โดยใช้สูตรดังนี้

ชนิดของสารเคมี	ปริมาณที่ใช้ (กรัม)
เคลย์	50.0
เบนโทไนซ์ เคลย์	1.0
วัลทามอล	1.0
น้ำกลั่น	48.0

นำสารเคมีที่ซั่งแล้วบดรวมกันด้วยเครื่องบดสารเคมี (Ball mill) เป็นเวลา 48 ชั่วโมง

3.3.1.8 ไคฟิซิลกัวนิดีน เตรียมอยู่ในรูปของสารแขวนลอยเข้มข้น 20 % โดยใช้สูตร

ดังนี้

ชนิดของสารเคมี	ปริมาณที่ใช้ (กรัม)
โคฟีนิล กัวนิดีน	20.0
เบนโทไนซ์ เคลย์	1.0
วัลทามอล	1.0
น้ำกลั่น	78.0

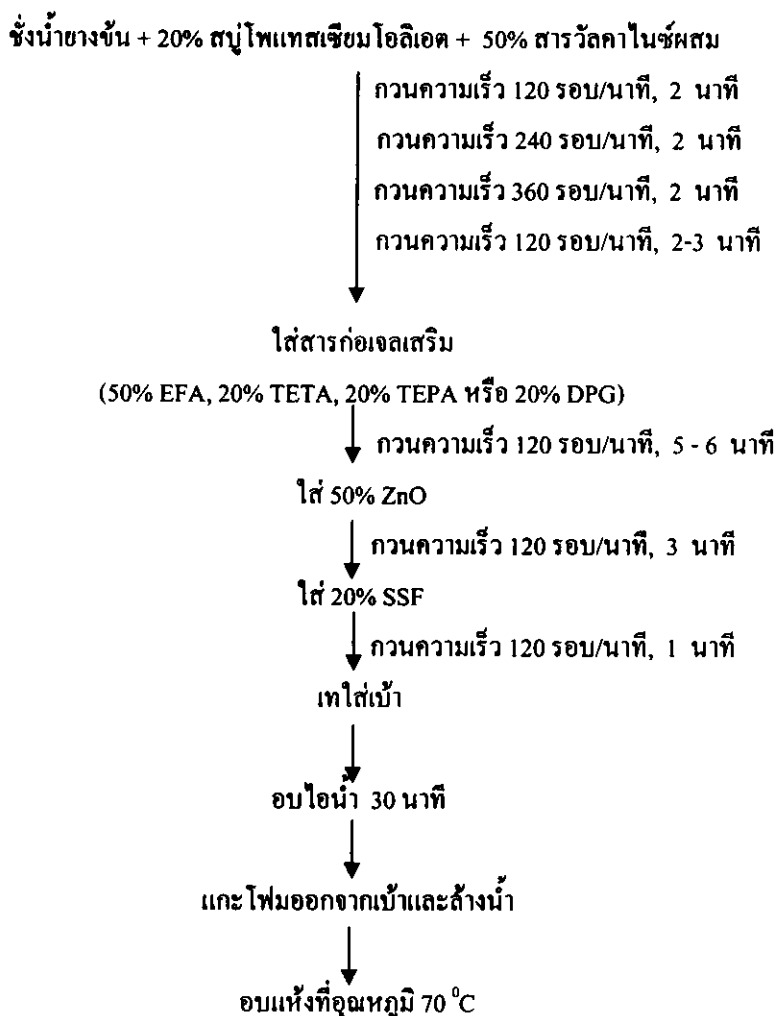
นำสารเคมีที่ชั่งแล้วบดรวมกันด้วยเครื่องบดสารเคมี (Ball mill) เป็นเวลา 48 ชั่วโมง

3.3.2 ขั้นตอนการเตรียมฟองน้ำ

กระบวนการเตรียมฟองน้ำได้มีการประยุกต์จากวิธีดัดล้อป โดยในการทดลองครั้งนี้จะมีวิธีในการเตรียมฟองน้ำด้วยกัน 2 วิธีคือ

3.3.2.1 กระบวนการเตรียมฟองน้ำแบบไม่บ่มแรง

กระบวนการเตรียมฟองน้ำแบบไม่บ่มแรง สามารถเตรียมได้โดยการผสมน้ำยางธรรมชาติ กับสบู่โพแทสเซียมโอเลอเตต และสารวัลคาไนซ์ผสมรวมกันในขั้นต้น แล้วนำมาตีฟองน้ำทันที จากนั้นจึงใส่สารก่อเจลเสริม สารกระตุ้น และสารก่อเจลหลักตามลำดับ รายละเอียดของขั้นตอนการเตรียมฟองน้ำได้แสดงดังรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 ขั้นตอนในการเตรียมฟองน้ำแบบไม่บ่มเร่ง

3.3.2.2 กระบวนการเตรียมฟองน้ำแบบบ่มเร่ง

กระบวนการเตรียมฟองน้ำแบบบ่มเร่ง สามารถเตรียมได้โดยจะแบ่งปริมาณสบู่โพแทสเซียมโอเลอิก และสารวัลคาไนซ์ผสม ครึ่งหนึ่งจากสูตรที่ใช้มาผสมน้ำยางธรรมชาติ กวนด้วยความเร็ว 50 รอบ/นาที ที่อุณหภูมิห้อง บ่มตามเวลาที่ต้องการศึกษา หลังจากนั้นจึงนำน้ำยางผสมสารเคมีที่ได้มาใส่สบู่โพแทสเซียมโอเลอิก และสารวัลคาไนซ์ ส่วนที่เหลือตามสูตร และนำมาตีฟอง หลังจากนั้นใส่สารก่อเจลเสริม สารกระตุ้น และสารก่อเจลหลักตามลำดับ รายละเอียดของขั้นตอนการเตรียมฟองน้ำแสดงดังรูปที่ 3.5

ซังน้ำยางข้น + 20% สบู่โพแทสเซียมโอเลต (1/2 ของทั้งหมด) + 50% สารวัลคาไนซ์ผสม (1/2 ของทั้งหมด)

↓
 กวนความเร็ว 50 รอบ/นาที ที่อุณหภูมิห้อง
 แปรเวลาที่ใช้ในการบ่ม (3, 6, 12, 16, 24, 30, 48 ชม.)

↓
 20% สบู่โพแทสเซียมโอเลต (ส่วนที่เหลือ) + 50% สารวัลคาไนซ์ผสม (ส่วนที่เหลือ)

↓
 กวนความเร็ว 120 รอบ/นาที, 2 นาที
 กวนความเร็ว 240 รอบ/นาที, 2 นาที
 กวนความเร็ว 360 รอบ/นาที, 2 นาที
 กวนความเร็ว 120 รอบ/นาที, 2-3 นาที

↓
 ใส่สารก่อเจลเสริม

(50% EFA, 20% TETA, 20% TEPA หรือ 20% DPG)

↓ กวนความเร็ว 120 รอบ/นาที, 5 - 6 นาที

↓ ใส่ 50% ZnO

↓ กวนความเร็ว 120 รอบ/นาที, 3 นาที

↓ ใส่ 20% SSF

↓ กวนความเร็ว 120 รอบ/นาที, 1 นาที

↓ เทใส่เบ้า

↓ อบไอน้ำ 30 นาที

↓ แกะโฟมออกจากเบ้าและล้างน้ำ

↓ อบแห้งที่อุณหภูมิ 70 °C

รูปที่ 3.5 ขั้นตอนในการเตรียมฟองน้ำแบบบ่มเร่ง

3.4 วิธีดำเนินการ

3.4.1 อิทธิพลของปริมาณสบู่ต่อสมบัติของฟองน้ำ

เตรียมฟองน้ำอย่างธรรมชาติตามหัวข้อที่ 3.3.2.1 โดยศึกษาอิทธิพลของปริมาณสบู่ โพลีแทสเซียม โอลิเอตที่ปริมาณ 1, 2, 3, 4, 5, 6 และ 7 กรัม ตามสูตรที่แสดงในตารางที่ 3.1 แล้วสังเกตพฤติกรรมการเกิดฟอง ลักษณะการจับตัวหลังจากเติมสารก่อเจลหลัก ลักษณะของฟองน้ำ หลังจากการวัลคาไนซ์ และนำฟองน้ำที่ได้มาทดสอบสมบัติทางฟิสิกส์ตามหัวข้อที่ 3.5

ตารางที่ 3.1 สูตรที่ใช้ในการศึกษาอิทธิพลของปริมาณสบู่โพลีแทสเซียม โอลิเอตระดับต่าง ๆ

สูตรที่	น้ำหนักเปียก (กรัม)						
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
สารเคมี							
60% นำยางชั้น LA-TZ	167	167	167	167	167	167	167
20% สบู่โพลีแทสเซียม โอลิเอต	1	2	3	4	5	6	7
50% สารวัลคาไนซ์ผสม	9	9	9	9	9	9	9
50% ซิงค์ออกไซด์	10	10	10	10	10	10	10
50% Vulcafor EFA	5	5	5	5	5	5	5
20% SSF	7	7	7	7	7	7	7

3.4.2 อิทธิพลของปริมาณน้ำต่อสมบัติของฟองน้ำ

เตรียมฟองน้ำอย่างธรรมชาติตามหัวข้อที่ 3.3.2.1 โดยศึกษาอิทธิพลของปริมาณน้ำที่ปริมาณ 0, 10, 20, 30, 40 และ 60 กรัม ตามสูตรที่แสดงในตารางที่ 3.2 แล้วสังเกตพฤติกรรมการเกิดฟอง ลักษณะการจับตัวหลังจากเติมสารก่อเจลหลัก ลักษณะของฟองน้ำ หลังจากการวัลคาไนซ์ และนำฟองน้ำที่ได้มาทดสอบสมบัติทางฟิสิกส์ตามหัวข้อที่ 3.5

ตารางที่ 3.2 สูตรที่ใช้ในการศึกษาอิทธิพลของน้ำระดับต่าง ๆ

สารเคมี	สูตรที่					
	น้ำหนักเปียก (กรัม)					
	B1	B2	B3	B4	B5	B6
60% น้ำยางชั้น LA-TZ	167	167	167	167	167	167
20% สบู่โพแทสเซียม โอลิเอต	5	5	5	5	5	5
น้ำ	0	10	20	30	40	60
50% สารวัลคาไนซ์ผสม	9	9	9	9	9	9
50% ซิงค์ออกไซด์	10	10	10	10	10	10
50% Vulcafor EFA	5	5	5	5	5	5
20% SSF	7	7	7	7	7	7
ปริมาณของแข็งทั้งหมด (%)	56.4	53.4	51.3	49.1	47.1	43.5

3.4.3 อิทธิพลของชนิดและปริมาณสารก่อเจลเสริมต่อสมบัติของฟองน้ำ

เตรียมฟองน้ำอย่างธรรมชาติตามหัวข้อที่ 3.3.2.1 โดยศึกษาอิทธิพลของไตรเอทิลีนเตตระมีน และวัลคาฟอรัอีเอฟเอทีปริมาณ 1, 2, 3, 4, 5, 6 และ 7 กรัม และอิทธิพลของเตตระเอทิลีนเพนทามีนที่ปริมาณ 1, 2, 2.5, 3, 3.5, 4 และ 5 กรัม อิทธิพลของไดฟีนิลกัวนิดีนที่ปริมาณ 1, 1.5, 2, 2.5, 3 และ 5 กรัม ตามสูตรที่แสดงในตารางที่ 3.3 แล้วสังเกตพฤติกรรมการเกิดฟอง ลักษณะการจับตัวหลังจากเติมสารก่อเจลหลัก ลักษณะของฟองน้ำหลังจากการวัลคาไนซ์ และนำฟองน้ำที่ได้มาทดสอบสมบัติทางฟิสิกส์ตามหัวข้อที่ 3.5

ตารางที่ 3.3 สูตรที่ใช้ในการศึกษาชนิดและปริมาณสารก่อเจลที่ระดับต่าง ๆ

	น้ำหนักเปียก (กรัม)							EFA (กรัม)							TETA (กรัม)							TEPA (กรัม)							DPG (กรัม)						
	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	2.5	3	3.5	4	5	1	1.5	2	2.5	3	5	
สารเคมี	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	2.5	3	3.5	4	5	1	1.5	2	2.5	3	5	
60% น้ำยางข้น LA-TZ	167	167	167	167	167	167	167	167	167	167	167	167	167	167	167	167	167	167	167	167	167	167	167	167	167	167	167	167	167	167	167	167	167	167	
20% สบู่โพแทสเซียมไฮลีโอต	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	
50% สารวัลคาไนซ์ผสม	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	
50% ซิงก์ออกไซด์	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	
50% Vulcanfor EFA	1	2	3	4	5	6	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
20% TETA	-	-	-	-	-	-	-	1	2	3	4	5	6	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
20% TEPA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	2	2.5	3	3.5	4	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
20% DPG	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1.5	2	2.5	3	5	
20% SSF	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	6	6	6	6	6	6	

3.4.4 อิทธิพลของปริมาณสารตัวเติมต่อสมบัติของฟองน้ำ

เตรียมฟองน้ำยางธรรมชาติตามหัวข้อที่ 3.3.2.1 โดยศึกษาอิทธิพลของแคลเซียมคาร์บอเนต และเคลย์ ที่ปริมาณ 20, 40, 80, 120 และ 180 กรัมโดยเลือกใช้สูตรที่ดีที่สุดที่ใช้สารก่อเจลเสริม เป็นวัลคาฟอรัอีเอฟเอจากหัวข้อ 3.4.3 ตามสูตรที่แสดงในตารางที่ 3.3 โดยจะมีการใส่สารตัวเติมลงไป ในน้ำยางชั้นพร้อมกันกับสบู่ และสารวัลคาไนซ์ผสม ในตอนเริ่มต้น แล้วสังเกตพฤติกรรม การเกิดฟอง ลักษณะการจับตัวหลังจากเติมสารก่อเจลหลัก ลักษณะของฟองน้ำหลังจากการวัลคาไนซ์ และนำฟองน้ำที่ได้มาทดสอบสมบัติทางฟิสิกส์ตามหัวข้อที่ 3.5

ตารางที่ 3.4 สารเคมีที่ใช้ในการศึกษาถึงชนิดและปริมาณของสารตัวเติม ต่อสมบัติของฟองน้ำ

สารเคมี	สูตรที่	น้ำหนักเปียก (กรัม)									
		แคลเซียมคาร์บอเนต					เคลย์				
		K1	K2	K3	K4	K5	L1	L2	L3	L4	L5
60% น้ำยางชั้น LA-TZ		167	167	167	167	167	167	167	167	167	167
20% สบู่โพแทสเซียมโอเลอเตด		5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
50% แคลเซียมคาร์บอเนต		20	40	80	120	180	-	-	-	-	-
50% เคลย์		-	-	-	-	-	20	40	80	120	180
50% สารวัลคาไนซ์ผสม		9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
50% ซิงค์ออกไซด์		10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
50% Vulcafor EFA		5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
20% SSF		7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
TSC (%)		55.8	55.3	54.6	54.0	53.4	55.8	55.3	54.6	54.0	53.4

3.4.5 อิทธิพลของเวลาในการบ่มน้ำยางผสมสารเคมีต่อสมบัติของฟองน้ำ

โดยจะเลือกใช้สูตรที่ให้สมบัติของฟองน้ำดีที่สุดจากหัวข้อที่ 3.4.3 ของแต่ละชนิดของสารก่อเจลเสริม (วัลคาฟอรัอีเอฟเอ ไตรเอทิลีนเตตระมีน เตตระเอทิลีนเพนตามีน และไดฟีนิลกวินิดีน) และใช้วิธีการเตรียมฟองน้ำยางธรรมชาติตามหัวข้อที่ 3.3.2.2 โดยศึกษาอิทธิพลของเวลาบ่มน้ำยางผสมสารเคมีที่อุณหภูมิห้องที่เวลา 3, 6, 12, 16, 24, 30 และ 48 ชั่วโมง ตามสูตรที่แสดงในตารางที่ 3.5 แล้วสังเกตพฤติกรรม การเกิดฟอง ลักษณะการจับตัวหลังจากเติมสารก่อเจลหลัก ลักษณะของฟองน้ำหลังจากการวัลคาไนซ์ และนำฟองน้ำที่ได้มาทดสอบสมบัติทางฟิสิกส์ตามหัวข้อที่ 3.5

ตารางที่ 3.5 สูตรที่ใช้ในการศึกษาเวลาในการบ่มน้ำยางผสมสารเคมีที่ระดับต่างๆ

สารเคมี	น้ำหนักเปียก (กรัม)			
	50% EFA	20% TETA	20% TEPA	20% DPG
สารเคมีที่ใช้บ่มเร่ง				
60% น้ำยางชั้น LA-TZ	167	167	167	167
20% สบู่โพแทสเซียมโอเลียด	5*	5*	5*	5*
50% สารวัลคาไนซ์ผสม	9*	9*	9*	9*
สารเคมีที่เติมหลังบ่มเร่ง				
50% ซิงค์ออกไซด์	10	10	10	10
50% Vulcafor EFA	5	-	-	-
20% TETA	-	3	-	-
20% TEPA	-	-	2.5	-
20% DPG	-	-	-	2.5
20% SSF	7	7	7	6
เวลาบ่ม (ชั่วโมง)	3, 6, 12, 16, 24, 30 และ 48			

หมายเหตุ * จะมีการแบ่งใส่ปริมาณสารครึ่งหนึ่งในการบ่ม และอีกครึ่งหนึ่งจะใส่หลังบ่ม

3.5 การทดสอบสมบัติของฟองน้ำ

3.5.1 ลักษณะพฤติกรรมการเกิดฟองยาง

พฤติกรรมการเกิดฟองยาง เป็นการสังเกตจากปริมาณความสูงของฟองเทียบกับความสูงตั้งต้น ความยากง่ายในการเกิดฟอง ความละเอียดและขนาดของฟองที่ได้ และเวลาในการเจลของฟองน้ำ

3.5.2 การทดสอบสมบัติทางฟิสิกส์ของฟองน้ำ

3.5.2.1 การทดสอบความหนาแน่น (Density)

ทดสอบคัดแปลงมาจากมาตรฐาน ASTM D 3574-95 โดยตัดชิ้นฟองน้ำที่ใช้ในการทดสอบเป็นรูปสี่เหลี่ยมขนาด 3.0x3.0x3.0 เซนติเมตร ชั่งน้ำหนักของชิ้นตัวอย่างด้วยเครื่องชั่งละเอียด 4 ตำแหน่ง และมีสูตรในการคำนวณผลดังนี้

$$D = M/V \quad (\text{g/cm}^3) \quad (1)$$

D = ความหนาแน่นของชั้นทดสอบ (g/cm^3)

M = น้ำหนักชั้นทดสอบ (g)

V = ปริมาตรของชั้นทดสอบ (cm^3)

3.5.2.2 การทดสอบค่าความสามารถในการคืนรูปภายหลังการกด (Compression set)

ทดสอบตามมาตรฐาน ASTM D 1055-90 โดยตัดชั้นทดสอบเป็นรูปวงกลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 29 มิลลิเมตร สูง 19 มิลลิเมตร แล้ววางชั้นทดสอบในแผ่นเหล็กอัด (ชุดทดสอบ) กดให้ยุบตัว 50% ของความสูงเดิม ตั้งไว้ประมาณ 15 นาที นำเข้าอบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 22 ชั่วโมง นำออกจากเตาอบ ตั้งไว้ 30 นาที วัดความสูงของชั้นทดสอบ มีสูตรในการคำนวณผลดังนี้

$$\text{Compression set (\%)} = (t_0 - t) \times 100 / t_0 \quad (2)$$

t = ความหนาหลังการทดสอบ (mm)

t_0 = ความหนาเดิม (mm)

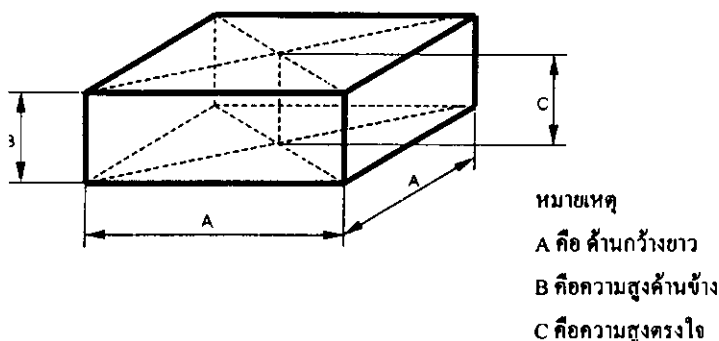
3.5.2.3 เปอร์เซนต์การหดตัวของฟองน้ำ (Shrinkage)

ทดสอบโดยการวัดรูปร่างด้านกว้าง - ยาว (A) ความสูงด้านข้าง (B) และความสูงตรงกลางของชั้นตัวอย่าง (C) ดังแสดงในรูปที่ 3.6 โดยเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงขนาดของฟองน้ำหลังจากวัลคาไนซ์ เทียบกับขนาดด้านต่าง ๆ ของเบ้าที่ใช้เตรียมในการเตรียมฟองน้ำ มีสูตรในการคำนวณดังนี้

$$\% \text{ การหดตัว} = \frac{X1 - X2}{X1} \times 100 \quad (3)$$

X1 = ขนาดของด้านต่าง ๆ ของเบ้า (cm)

X2 = ขนาดของฟองน้ำด้านต่าง ๆ หลังวัลคาไนซ์ (cm)



รูปที่ 3.6 แสดงการวัดขนาดของฟองน้ำแต่ละด้าน

3.5.2.4 การทดสอบหาค่าลักษณะโครงสร้างของเซลล์

3.5.2.4.1 การนับจำนวนเซลล์

ทดสอบตามมาตรฐาน BS 4443 : Part 1 : 1979 (Method 4) ซึ่งมีวิธีการทดสอบดังนี้ คือ ตัดชิ้นฟองน้ำที่ใช้ทดสอบให้บางเป็นแถบยาว 25 มิลลิเมตร นำมาวางลงบนแผ่นกระจกใสที่แสงสามารถลอดผ่านได้ บนแท่นของเครื่องจุลทรรศน์ และหมุนปรับภาพให้ชัดเจน ทำการนับจำนวนเซลล์ในแนวระนาบเดียวกันในระยะความยาว 25 มิลลิเมตร จากจำนวนตัวอย่างจำนวน 3 ชิ้น ในแต่ละชิ้นจะวัดตามแนวตั้งและแนวนอน จำนวน 2 ครั้ง นำค่าที่ได้ทั้งหมดมาเฉลี่ยเป็นค่าจำนวนเซลล์ต่อระยะความยาว 25 มิลลิเมตร

3.5.2.4.2 การวัดขนาดเซลล์

ตัดชิ้นโฟมที่ใช้ทดสอบให้บางเป็นแถบยาว 25 มิลลิเมตร นำมาวางลงบนแผ่นกระจกใสที่แสงสามารถลอดผ่านได้ บนแท่นของเครื่องจุลทรรศน์ และหมุนปรับภาพให้ชัดเจน ทำการถ่ายภาพเซลล์จากกล้องจุลทรรศน์ ทำการวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางในระนาบเดียวกันจากภาพถ่ายขยายของเซลล์โดยวัดประมาณ 30 เซลล์ โดยวัดตามแนวตั้งและแนวนอน จำนวน 2 ครั้งแล้วนำค่าที่ได้มาเฉลี่ย จากระยะความยาว 25 มิลลิเมตร