

บทที่ 3 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

3.1 สารเคมี

- 3.1.1 น้ำยางธรรมชาติเข้มข้นแอมโมเนียสูง (High Ammonia Natural Rubber, NR)
- 3.1.2 โปรตีโอไลติกเอนไซม์ (Proteolytic enzyme)
- 3.1.3 ยูเรีย (Urea)
- 3.1.4 โซเดียมโดเดซิลซัลเฟต (Sodium dodecyl sulfate, SDS)
- 3.1.5 ซิงค์ออกไซด์ (Zinc oxide, ZnO)
- 3.1.6 โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (Potassium hydroxide, KOH)
- 3.1.7 ซิงค์ไดเอทิลไดไทโอคาร์บามเต (Zinc diethyl dithiocarbamate)
- 3.1.8 ซิงค์เมอร์แคปโทเบนโซไทอาโซล (Zinc 2-mercaptobensothiazole)
- 3.1.9 โพแตสเซียมคาพริเลต (Potassium caprylate)
- 3.1.10 กำมะถัน (Sulfur)
- 3.1.11 ไททาเนียม (Titanium)
- 3.1.12 ริงสเตย์แอล (Wingstay-L)
- 3.1.13 ไดฟีนิลกัวนิดีน (Diphenyl guanidine, DPG)
- 3.1.14 โซเดียมซิลิโคนฟลูออไรด์ (Sodiumsiliconfluoride, SSF)

3.2 ขั้นตอนการดำเนินงาน

3.2.1 การเตรียมยางธรรมชาติโปรตีนต่ำด้วยการบ่มด้วยยูเรีย (*Urea deproteinized natural rubber, DPNR-Urea*) [1, 5-6]

1. นำน้ำยางธรรมชาติเข้มข้นแอมโมเนียสูงมาปรับให้มีความเข้มข้นของยางแห้ง (dry rubber content, DRC) เป็น 30% DRC และเติมด้วยสารละลาย SDS 1 wt%.
2. เติมน้ำยูเรียลงไป 0.1 wt%. และบ่มด้วยการปั่นที่อุณหภูมิห้องนาน 1 ชั่วโมง
3. นำน้ำยางมาเข้าเครื่องแยกโปรตีนโดยใช้เครื่องหมุนเหวี่ยง (Centrifugation) ด้วยความเร็ว 10000 rpm จำนวน ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที และนำมาส่วนเนื้อเยื่อที่แยกได้มาละลายในสารละลาย SDS 1 wt% ปั่นจนกระทั่งน้ำยางละลายเป็นเนื้อเดียวกันประมาณ 1.5 ชม.

และนำมาเข้าเครื่องหมุนเหวี่ยง ปั่นด้วยความเร็วรอบ 10000 rpm ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที และสุดท้ายนำมาทำเป็นน้ำยางข้น

4. นำยางธรรมชาติโปรตีนต่ำที่ได้ไปหาปริมาณไนโตรเจนและปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้

5. นำยางโปรตีนต่ำ (U-DPNR) ไปทดสอบ FT-IR spectroscopy เพื่อยืนยันการลดลงของปริมาณไนโตรเจน

6. ทดสอบสมบัติของน้ำยางข้นที่ได้ ได้แก่ Total solids content (ISO 124), Dry rubber content (ISO 126), Mechanical stability (ISO35), Volatile fatty acid number (ISO 506)

3.2.2 การเตรียมยางธรรมชาติโปรตีนต่ำด้วยการบ่มด้วยเอนไซม์ (Enzymatic deproteinized natural rubber, DPNR-Enzyme)

1. นำน้ำยางธรรมชาติเข้มข้นแอมโนเนียสูงมาปรับให้มีความเข้มข้นเนื้อยาง (dry rubber content, DRC) เป็น 30% DRC และเติมด้วยสารละลาย SDS 1 wt%.

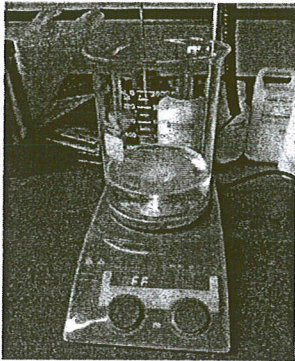
2. เติมเอนไซม์ลงไป 0.04 wt%. และบ่มด้วยการปั่นที่อุณหภูมิ 38°C นาน 24 ชั่วโมง

3. นำน้ำยางมาเข้าเครื่องแยกโปรตีนโดยใช้เครื่องหมุนเหวี่ยง (Centrifugation) ด้วยความเร็ว 10000 rpm จำนวน ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที และนำมาส่วนเนื้อยางที่แยกได้มาละลายในสารละลาย SDS 1 wt% ปั่นจนกระทั่งน้ำยางละลายเป็นเนื้อเดียวกันประมาณ 1.5 ชม. และนำมาเข้าเครื่องหมุนเหวี่ยง ปั่นด้วยความเร็วรอบ 10000 rpm ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที และสุดท้ายนำมาทำเป็นน้ำยางข้น

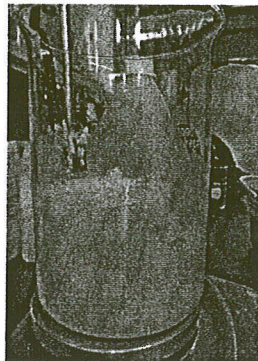
4. นำยางธรรมชาติโปรตีนต่ำที่ได้ไปหาปริมาณไนโตรเจนและปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้

5. นำยางโปรตีนต่ำ (DPNR-Enzyme) ไปทดสอบ FT-IR spectroscopy เพื่อยืนยันการลดลงของปริมาณไนโตรเจน

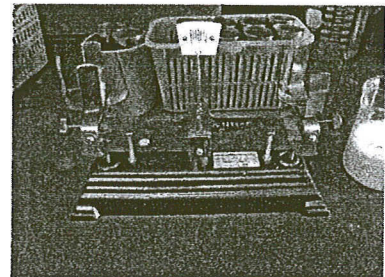
6. ทดสอบสมบัติของน้ำยางข้นที่ได้ ได้แก่ Total solids content (ISO 124), Dry rubber content (ISO 126), Mechanical stability (ISO35), Volatile fatty acid number (ISO 506)



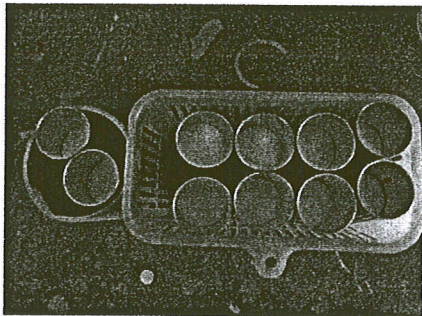
(ก) ละลาย SDS



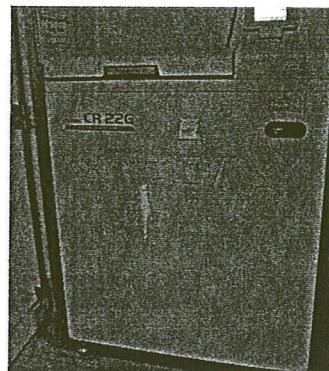
(ข) นํ้ายางบ่มด้วยยูเรียหรือเอนไซม์



(ค) ชั่งนํ้ายางเพื่อนํ้าไปปั่น



(ง) นํ้ายางที่ชั่งแล้ว



(จ) ปั่นด้วยเครื่อง Centrifugal

รูปที่ 3.1 แสดงขั้นตอนการเตรียมนํ้ายางโปรตีนต่ำ (ก) ละลาย SDS (ข) นํ้ายางบ่มด้วยยูเรียหรือเอนไซม์ (ค) ชั่งนํ้ายางเพื่อนํ้าไปปั่น (ง) นํ้ายางที่ชั่งแล้ว และ (จ) ปั่นด้วยเครื่อง Centrifugal

3.2.3 การเตรียมยางธรรมชาติโปรตีนต่ำคอมเปาวด์

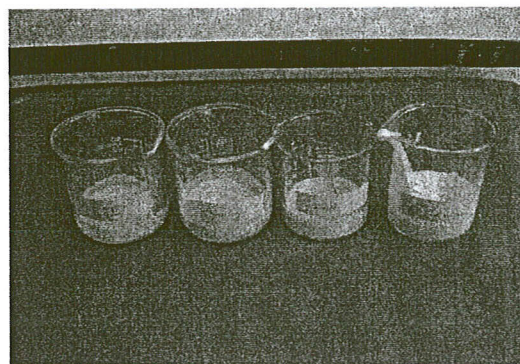
นํ้ายางธรรมชาติโปรตีนต่ำจากข้อ 3.2.1 และ 3.2.2 มาเตรียมเป็นนํ้ายางคอมเปาวด์สูตรสูงมือ [2-3] เทียบกับนํ้ายางธรรมชาติเข้มข้นแอมโมเนียสูง โดยในการทดลองประกอบด้วย นํ้ายางธรรมชาติ สารวัลคาไนซ์ สารกระตุ้น สารตัวเติม และสารตัวเร่ง ดังแสดงอัตราส่วนการผสมของนํ้ายางในตารางที่

ตารางที่ 3.1 แสดงอัตราส่วนของการผสมน้ำยางคอมปาวด์

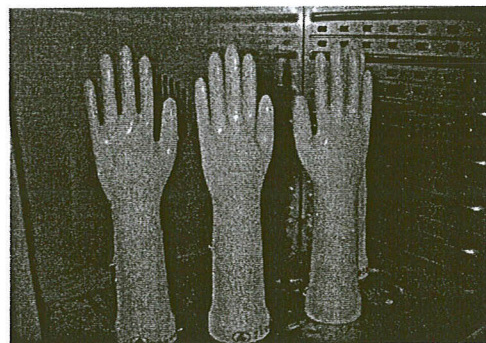
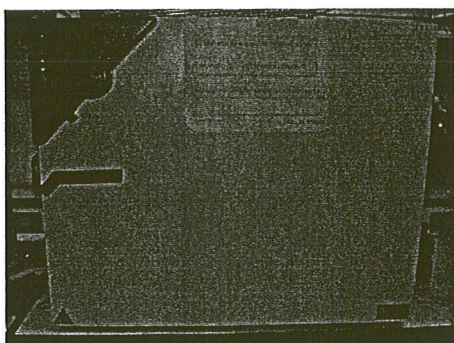
วัตถุดิบ	น้ำหนัก (กรัม)
น้ำยางข้น (60% DRC)	167
สารละลายโปแตสเซียมคาพริเลต ,20%	0.8
สารละลายโปแตสเซียมไฮดรอกไซด์ ,10%	2
ดิสเพิซชั่นกำมะถัน ,50%	1.6
ดิสเพิซชั่น Zinc diethyl dithiocarbamate (ZDEC) ,50%	0.8
ดิสเพิซชั่น Zinc 2-mercaptobensothiazole (ZMBT) ,50%	0.8
ดิสเพิซชั่นซิงค์ออกไซด์ ,50%	2
ดิสเพิซชั่นไทเทเนียม, 50%	2.0
ดิสเพิซชั่นวิงสเตย์แอล, 50%	2.0
น้ำ	ส่วนที่เหลือปรับเป็น 180 กรัม

ขั้นตอนการทำ Coagulant dipping

1. เตรียมน้ำยางข้น 167 กรัม กวนไล่แอมโมเนียประมาณครึ่งชั่วโมง
2. เมื่อไล่แอมโมเนียเรียบร้อยแล้วค่อยเติมสารเคมีที่เตรียมไว้ตามลำดับดังตารางที่ 1 ปั่นอย่างช้าๆ บ่มทิ้งไว้นาน 6 ชม.
3. เตรียมแม่พิมพ์เซรามิกโดยการล้างให้สะอาด นำมาอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ประมาณ 2-3 นาที
4. นำแม่พิมพ์มาจุ่มในน้ำยางที่เตรียมไว้ จุ่มทิ้งไว้ 5 วินาที ยกแม่พิมพ์ขึ้นนาน 2 วินาที และจุ่มครั้งที่ 2 และ 3 ใช้ระยะเวลาเท่าๆกัน ทิ้งไว้แล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส 30 นาที
5. เมื่ออบเสร็จนำออกมาจากเตาอบ ตั้งไว้ให้เย็น
6. ถอดออกจากแม่พิมพ์ด้วยแปรงเพื่อไม่ให้ถุงมือติดกัน
7. นำไปทดสอบสมบัติทางกล



(ก) สารเคมีที่ใช้ คือสารละลายโปแตสเซียมคาพริเลต, สารละลายโปแตสเซียมไฮดรอกไซด์, ดิสเพสชันกำมะถัน, ดิสเพสชัน ZDEC, ดิสเพสชัน ZMBT, ดิสเพสชันซิงค์ออกไซด์, ดิสเพสชันไทเทเนียม และดิสเพสชันวินสเคย์แอล ตามลำดับ



(ข) ตู้อบที่ใช้ในการทำถุงมือ

(ค) ถุงมือยางหลังอบเสร็จ

รูปที่ 3.2 แสดงขั้นตอนการเตรียมน้ำยางโปรตีนต่ำคอมเปาวด์ (ก) สารเคมีที่ใช้ คือสารละลายโปแตสเซียมคาพริเลต, สารละลายโปแตสเซียมไฮดรอกไซด์, ดิสเพสชันกำมะถัน, ดิสเพสชัน ZDEC, ดิสเพสชัน ZMBT, ดิสเพสชันซิงค์ออกไซด์, ดิสเพสชันไทเทเนียม และดิสเพสชันวินสเคย์แอล ตามลำดับ (ข) ตู้อบที่ใช้ในการทำถุงมือ และ (ค) ถุงมือยางหลังอบเสร็จ

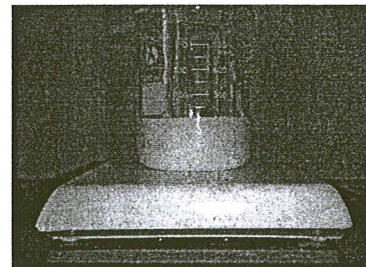
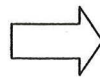
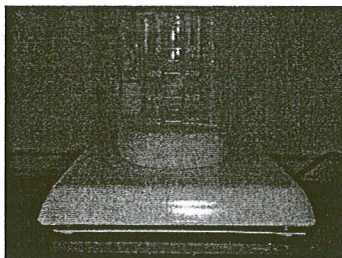
3.2.4 การเตรียมยางฟองน้ำ

1. นำน้ำยางและโปแตสเซียมโพลิเอตไธในบีกเกอร์ ปั่นไล่แอมโมเนีย



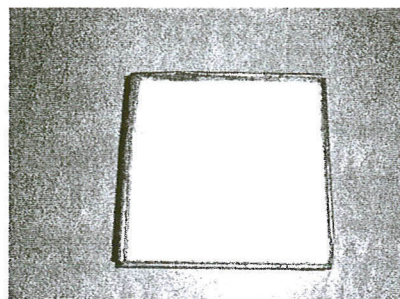
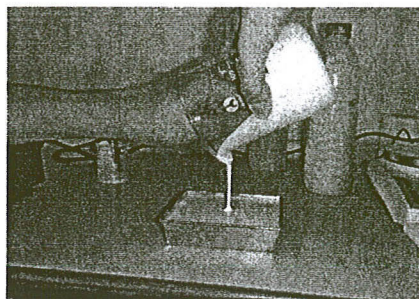
รูปที่ 3.3 การปั่นไล่แอมโมเนีย

2. ปั่นให้ได้ฟองสูงจากระดับเดิมประมาณ 2 เท่า



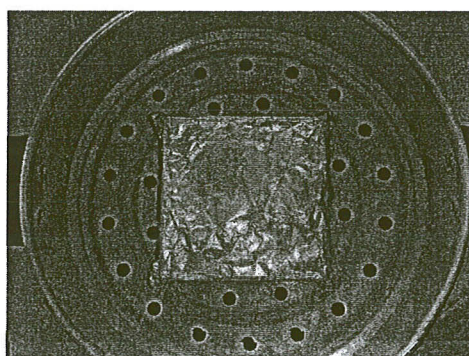
รูปที่ 3.4 ปั่นฟองยางให้ได้ 2 เท่า

3. เติมน้ำมะถัน แซคคิอัส แซคเคอเบบิที และวีสเตย์แอล ใช้เวลาปั่น 5 นาที
4. เติมนิฟตีและซิงออกไซด์ ใช้เวลาปั่น 1 นาที
5. เติมนิสเอสเอสเอฟ ใช้เวลาปั่น 1 นาที
6. รีบนํ้าฟองยางที่ปั่นได้เทลงในแม่พิมพ์ เพราะยางจะจับตัวกันเร็วมากมาก จากนั้นทิ้งไว้ 1 ชั่วโมง



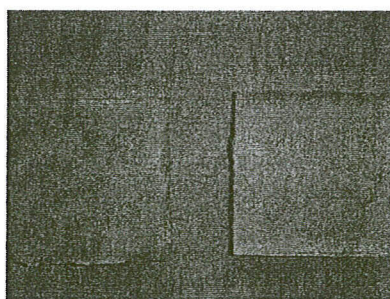
รูปที่ 3.5 เทฟองยางลงในแม่พิมพ์

7. นำไปนึ่งเป็นเวลา 1.30 ชั่วโมง



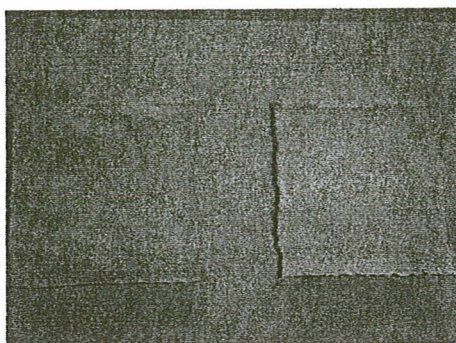
รูปที่ 3.6 นำฟองยางที่ได้ไปนึ่ง

8. นำยางฟองน้ำที่ได้ออกจากแม่พิมพ์ และล้างด้วยน้ำร้อน 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที เพื่อชะล้างสารเคมีที่ยังตกค้างอยู่ออก



รูปที่ 3.7 ยางฟองน้ำที่ได้จากการนึ่ง

9. นำไปอบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส จนแห้ง (ประมาณ 5 – 6 ชั่วโมง)



รูปที่ 3.8 ยางฟองน้ำที่ผ่านการอบจนแห้งแล้ว

ตารางที่ 3.2 ปริมาณสารเคมีที่ใช้เตรียมยางฟองน้ำจากน้ำยาง

น้ำยางและสารเคมี (DPNR)	ปริมาณ (phr*)		
	A1(60%)	A2(45%)	A3(30%)
60 % น้ำยางข้นแอมโมเนียสูง (HANR latex) หรือ น้ำยางธรรมชาติโปรตีนต่ำ	100	75	50
น้ำ (water)	0	25	50
10% โพแทสเซียมลิเอต (Potassium oleate)	9.0	9.0	9.0
50% กำมะถัน (Sulfur)	2.4	2.4	2.4
50% แซดดีอีซี (ZDEC)	1.2	1.2	1.2
50% แซดเอ็มบีที (ZMBT)	1.2	1.2	1.2
50% วิงสเตย์แอล (Wingstay L)	1.2	1.2	1.2
50% ซิงค์ออกไซด์ (ZnO)	6.0	6.0	6.0
33% ดีพีจี (DPG)	1.2	1.2	1.2
12.5% เอสเอสเอฟ (SSF)	4.8	4.8	4.8

3.2.5 การวิเคราะห์ผล

- 1.ทดสอบหาปริมาณไนโตรเจน (% Nitrogen content) และโปรตีนละลายน้ำได้ในน้ำยางหลังการบ่มด้วยยูเรียและเปรียบเทียบกับยางธรรมชาติก่อนการกำจัดโปรตีน และกำจัดโปรตีนด้วยเอนไซม์
- 2.ทดสอบการตกค้างของยูเรีย ด้วยเครื่อง FTIR เพื่อวิเคราะห์หาโครงสร้างของน้ำยางก่อนและหลังการกำจัดโปรตีน
3. ทดสอบคุณภาพน้ำยางข้นของน้ำยางธรรมชาติหลังบ่มด้วยยูเรีย และเทียบกับการกำจัดโปรตีนด้วยเอนไซม์ ได้แก่ Total solids content (ISO 124), Dry rubber content (ISO 126), Mechanical stability (ISO35), Volatile fatty acid number (ISO 506)
4. ทดสอบสมบัติทางกลของน้ำยางธรรมชาติบ่มด้วยยูเรียสำหรับเตรียมชิ้นรูปด้วยสูตรการจุ่มเพื่อทำถุงมือทางการแพทย์
5. ทดสอบความต้านทานต่อการเสื่อมสภาพอันเนื่องมาจากเชื้อรา
6. ทดสอบยางพองน้ำตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

3.3 การทดสอบ [15-16]

3.3.1 การทดสอบหาปริมาณไนโตรเจน

ปริมาณไนโตรเจนวิเคราะห์โดยใช้เครื่อง Nitrogen analyzer (model FP 528) ที่มีค่าความว่องไว 0.001% การคำนวณหาปริมาณไนโตรเจนจะใช้ซอฟต์แวร์ในเครื่อง การเตรียมตัวอย่างใช้เป็นของแข็ง โดยการตกตะกอนน้ำยางด้วยเมทานอล นำไปอบให้แห้งและนำไปวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Nitrogen analyzer

3.3.2 การทดสอบหาปริมาณโปรตีนละลายได้ในน้ำ

ปริมาณโปรตีนละลายที่ละลายน้ำได้โดยเตรียมฟิล์มยางแห้งทดสอบจากน้ำยางข้น โดยใช้วิธี Modified Lowry Method ค่าเฉลี่ยของปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้ คัดจากการทดสอบ 4 ซ้ำ ตาม ASTM D5712 - 05e1 ชื่อ “Standard Test Method for Analysis of Aqueous Extractable Protein in Natural Rubber and Its Products Using the Modified Lowry Method”

3.3.3 การทดสอบปริมาณของแข็งทั้งหมด (Determination of total solids content, %TSC)

เตรียมน้ำยางประมาณ 2.0 กรัม ใส่ในจานแก้ว นำไปอบในตู้อบโดยให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 70°C เป็นเวลา 16 ชั่วโมง จนแผ่นฟิล์มยางใส นำออกจากตู้อบทำให้เย็นในโถแก้วดูดความชื้น ชั่งและบันทึกน้ำหนัก การทดสอบอ้างอิงตามมาตรฐาน ISO 124:Latex-rubber-determination of total solids

content เพื่อหาปริมาณของส่วนที่เป็นเนื้อยางทั้งหมดในน้ำยางรวมกับสารอื่นๆที่เป็นของแข็งและไม่ใช่น้ำยาง

3.3.4 การทดสอบปริมาณเนื้อยางแห้ง (*Determination of dry rubber content, %DRC*)

เตรียมน้ำยางประมาณ 2.0 กรัม ใส่ในจานแก้วแล้วเติมน้ำดีไอโอนิซ (Deionized water, DI) 10 มล. หยดกรดอะซิติก 2%wt ในน้ำยางให้ตกตะกอนล้างกรดอะซิติก ออกด้วยน้ำ DI หลายๆ ครั้ง นำไปอบในตู้อบโดยให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 70°C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จนแผ่นฟิล์มยางใส นำออกจากตู้อบทำให้เย็นในโถแก้วดูความชื้น ชั่งและบันทึกน้ำหนัก

3.3.5 การทดสอบความคงตัวเชิงกล (*Determination of Mechanical stability*)

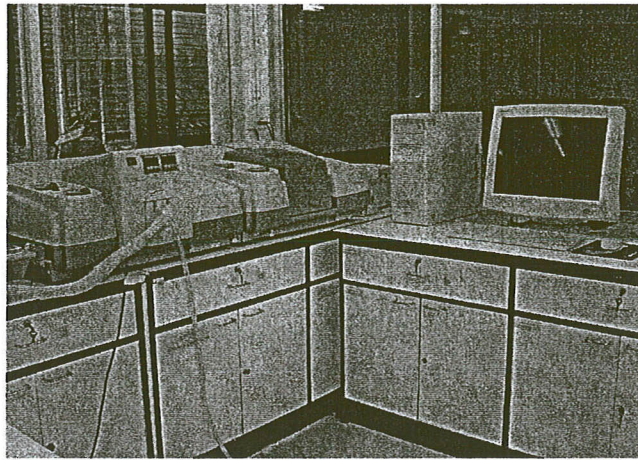
เจือจางตัวอย่างทดสอบให้มีปริมาณของแข็งทั้งหมดประมาณร้อยละ 55 ใช้เครื่องกวนความเร็วสูง บันทึกเวลาเมื่อตัวอย่างทดสอบเริ่มจับตัวเป็นเม็ด ตามมาตรฐาน ISO35: 1995 Latex rubber, natural, concentrate-determination of mechanical stability

3.3.6 การทดสอบจำนวนกรดไขมันระเหยได้ (*Determination of Volatile fatty acid number, VFA number*)

ชั่งตัวอย่างน้ำยางประมาณ 50 กรัม และเติมด้วยสารละลายแอมโมเนียมซัลเฟตเข้มข้น 30 % v/v ปริมาตร 50 มล. และกวนน้ำยางที่อุณหภูมิ 70°C จนเกิดการจับตัว และแยกส่วนไขมันนำไปปรับเป็นกรดด้วยซัลฟูริกเข้มข้น 50 % v/v จากนั้นนำไขมันนี้ไปกลั่นไอน้ำและกรดไขมันที่มีอยู่จะถูกคำนวณได้จากนำไปไตเตรตด้วยสารละลายมาตรฐานเบเรียมไฮดรอกไซด์

3.3.7 การทดสอบโครงสร้างด้วยเครื่องฟูเรียร์ทรานส์ฟอร์มอินฟราเรดสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (*Fourier Transform Infrared Spectrophotometer, FT-IR*)

การศึกษาโครงสร้างของยางธรรมชาติหลังบ่มด้วยยูเรียนทำได้โดยใช้เทคนิคอินฟราเรด (FTIR-470) ยี่ห้อ Nicolet ประเทศสหรัฐอเมริกา ดังแสดงในรูป 3.9 โดยนำตัวอย่างยางมาละลายด้วยคลอโรฟอร์ม และหยดเป็นฟิล์มบางๆ บนแผ่น KBr จากนั้นรอให้สารเคมีระเหย ก็ทำการทดสอบโดยให้คลื่นอินฟราเรดผ่านและประมวลผล



รูปที่ 3.9 เครื่อง Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR)

3.3.8 วิธีการทดสอบสมบัติทางกล

ตัดชิ้นงานทดสอบเป็นรูป Dumbbell เพื่อทดสอบความทนต่อแรงดึงตามมาตรฐานการทดสอบ ASTM D 412 โดยให้แรงขนาด 2.5 kN ใช้ความเร็วในการดึง 500mm/min จนชิ้นงานทดสอบขาด ทดสอบชิ้นงานจำนวน 5 ชิ้นและนำมาหาค่าเฉลี่ย จะได้ค่า tensile strength, elongation at break และ tensile stress ดังสมการ

$$\text{Tensile strength} = \frac{\text{force at break (N)}}{\text{Original area (mm}^2\text{)}}$$

$$\text{Elongation} = \frac{(\text{length at break} - \text{original length})}{\text{Original length}} \times 100$$

3.3.9 วิธีการทดสอบความต้านทานต่อการเสื่อมสภาพอันเนื่องมาจากเชื้อรา

ปัจจุบันยังไม่ได้มีการกำหนดมาตรฐานสากลสำหรับการทดสอบความต้านทานต่อการเสื่อมสภาพอันเนื่องมาจากเชื้อราและแบคทีเรียของยาง แต่มีมาตรฐานที่เกี่ยวข้องคือ ISO 846 ซึ่งเป็นมาตรฐานที่ใช้ทดสอบความต้านทานต่อการเสื่อมสภาพของพลาสติกอันเนื่องมาจากเชื้อราและแบคทีเรีย

การทดสอบการเสื่อมสภาพของพลาสติกอันเนื่องมาจากเชื้อราและแบคทีเรียสามารถทำได้โดยการสังเกตด้วยตาเปล่าหรือด้วยการทดสอบด้วยสมบัติทางกายภาพต่าง ๆ เช่น ความทนทานต่อแรงดึง การยืดตัว ณ จุดขาด ความเป็นฉนวน หรือน้ำหนักที่ลดลงเนื่องจากถูกย่อยสลาย

วิธีการทดสอบจะใช้การเก็บผลิตภัณฑ์ยางฟองน้ำที่ได้ไว้ในพื้นที่ที่กำหนดไว้ โดยจะโรยเชื้อราใส่ไว้ด้านบนและจะทำการสังเกตการณ์เกิดขึ้นของเชื้อราทุก ๆ 7 วัน จนครบ 30 วัน ซึ่งจะใช้ยางฟองน้ำที่ทำจากยางธรรมชาติโปรตีนต่ำและจากยางธรรมชาติแอมโมเนียสูงในการทดสอบ ซึ่งปริมาณเชื้อราหรือแบคทีเรียที่เกิดขึ้นจะใช้การสังเกตการเพิ่มขึ้นของเชื้อราบริเวณของผลิตภัณฑ์ยางฟองน้ำ

3.3.10 วิธีการทดสอบยางฟองน้ำตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม [20]

ขอบข่าย

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ กำหนด ประเภท ชนิด และชั้นคุณภาพ คุณลักษณะที่ต้องการ การกำหนดเครื่องหมายและฉลาก การชักตัวอย่าง การทดสอบและเกณฑ์ตัดสินยางฟองน้ำ

บทนิยาม

ความหมายของคำที่ใช้ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ มีดังต่อไปนี้

ยางฟองน้ำ หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ทำจากยางธรรมชาติ หรือวัสดุสังเคราะห์ หรือทั้งสองชนิดผสมกัน มีลักษณะเป็นรูพรุน ยืดหยุ่น ได้คล้ายฟองน้ำ

วัสดุสังเคราะห์ หมายถึง ยางสังเคราะห์ ยางปรับสภาพใหม่ (Reclaimed rubber) และวัสดุคล้ายยาง ซึ่งไม่รวมพลาสติก

ประเภท ชนิด และชั้นคุณภาพ

- ยางฟองน้ำแบ่งออกเป็น 3 ประเภท คือ

- ยางฟองน้ำจากยางธรรมชาติ
- ยางฟองน้ำจากวัสดุสังเคราะห์
- ยางฟองน้ำจากยางธรรมชาติผสมวัสดุสังเคราะห์

ยางฟองน้ำแต่ละประเภท แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ

- ชนิดกลวง (Cored from rubber) ได้แก่ง่ายฟองน้ำที่หล่อด้วยแบบที่มีแกน เมื่อแกะออกจะมีลักษณะเป็นหลุม ล้น หรือขอบตามลักษณะของแบบที่ใช้ในการหล่อ

- ชนิดตัน (Uncored from rubbers) ได้แก่ง่ายฟองน้ำที่หล่อจนเต็ม แบบไม่มีแกน เมื่อแกะออกจากแบบจะมีลักษณะตันและเรียบ

ยางฟองน้ำ จำแนกออกเป็นชั้นคุณภาพต่างๆ ตามแรงกดที่ทำให้ความหนาของยางฟองน้ำลดลงร้อยละ 25 ของความหนาเดิม ชื่อชั้นคุณภาพให้เป็นไปตามตารางที่ 3.3

คุณลักษณะที่ต้องการ

- ยางพองน้ำ ต้องไม่มีการเปลี่ยนแปลงหรือเปลี่ยนสภาพไปจากเดิมหลังจากอบด้วยความร้อนที่อุณหภูมิ 100 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 22 ชั่วโมง
- ยางพองน้ำ ให้มีคุณลักษณะทางกายภาพเป็นตามตารางที่ 3.3

การบรรจุ

- ต้องห่อยางพองน้ำให้เรียบร้อย
- วัสดุสำหรับห่อต้องไม่เป็นอันตรายต่อผู้ใช้
- ชนิดของวัสดุที่ใช้ในการห่อให้เป็นไปตามข้อตกลงระหว่างผู้ซื้อกับผู้ขาย

การทำเครื่องหมายและฉลาก

อย่างน้อยต้องมีเลข อักษร หรือเครื่องหมายแสดงข้อความต่อไปนี้ให้เห็นอย่างชัดเจนที่ห่อยางพองน้ำทุกหน่วย

- (1) ชื่อประเภท ชนิด และชั้นคุณภาพ
- (2) ขนาด หรือน้ำหนัก ในหน่วย เอส ไอ
- (3) ชื่อโรงงานที่ทำ หรือ เครื่องหมายการค้าที่จดทะเบียนแล้ว หรือชื่อผู้บรรจุ หรือผู้จัดจำหน่าย
- (4) วัน เดือน ปี ที่ทำ

ในกรณีที่ใช้ภาษาต่างประเทศ ต้องมีความหมายตรงกับภาษาไทยที่กำหนดไว้

ผู้ทำผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมที่เป็นไปตามมาตรฐานนี้ จะแสดงเครื่องหมายมาตรฐานกับผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนั้นได้ต่อเมื่อได้รับใบอนุญาตจากคณะกรรมการมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแล้ว

ตารางที่ 3.3 คุณลักษณะที่ต้องการของยางพองน้ำ [20]

ชนิด	ชื่อชั้น	แรงกดที่ทำให้ความหนาของยางพองน้ำ ลดลง 25 % (ก่อนอบด้วยความร้อน)		ค่ากดที่เปลี่ยนไป หลังจากอบด้วยความ ร้อนคิดเป็น ร้อยละไม่เกิน	ค่า C _h สูงสุด ร้อยละ	ค่า C _d สูงสุด ร้อยละ
	คุณภาพ	กิโลปาสกาล (ปอนด์ต่อ 50 ตารางนิ้ว)				
กลวง	RC 5	0.7 ± 0.4	(5 ± 3)	± 20	10	20
	RC 10	1.4 ± 0.4	(10 ± 3)	± 20	10	20
	RC 15	2.1 ± 0.5	(15 ± 4)	± 20	10	20
	RC 20	2.8 ± 0.6	(20 ± 4)	± 20	10	20
	RC 25	3.5 ± 0.7	(25 ± 5)	± 20	10	20
	RC 30	4.2 ± 0.8	(30 ± 6)	± 20	10	20
	RC 40	5.6 ± 1.0	(40 ± 7)	± 20	10	20
	RC 50	6.9 ± 1.1	(50 ± 8)	± 20	10	20
	RC 60	8.3 ± 1.3	(60 ± 9)	± 20	10	20
	RC 70	9.7 ± 1.5	(70 ± 12)	± 20	10	20
	RC 90	12.5 ± 1.8	(90 ± 14)	± 20	10	20
ตัน	RU 11	1.5 ± 0.6	(11 ± 4)	± 20	10	20
	RU 20	2.8 ± 0.6	(20 ± 5)	± 20	10	20
	RU 35	4.9 ± 1.4	(35 ± 10)	± 20	10	20
	RU 55	7.7 ± 1.4	(55 ± 10)	± 20	10	20
	RU 80	11.1 ± 2.1	(80 ± 15)	± 20	10	20
	RU 150	20.8 ± 7.7	(150 ± 55)	± 20	10	20

การชักตัวอย่าง

ให้ชักตัวอย่างโดยวิธีสุ่ม จำนวนตัวอย่างให้ใช้ 1 ตัวอย่าง ต่อผลิตภัณฑ์ทุกๆ 50 ชิ้น

การทดสอบ และเกณฑ์ตัดสิน

- ให้ทดสอบคุณลักษณะที่ต้องการของตัวอย่างทุกรายการตามที่กำหนด
- วิธีทดสอบคุณลักษณะทางกายภาพให้เป็นไปตามวิธีที่กำหนด
- เกณฑ์ตัดสิน ผลการทดสอบตัวอย่าง (ชิ้นทดสอบ) ต้องเป็นไปตามที่กำหนดในตารางที่ 3.3

ทุกประการ จึงจะถือว่าผลิตภัณฑ์นั้นเป็นไปตามมาตรฐาน

การวัดความหนา

- เครื่องมือ

- 1) ยางฟองน้ำที่มีความหนาน้อยกว่า 30 มิลลิเมตร ใช้เครื่องวัดความหนาที่อ่านค่าได้ละเอียดถึง 0.02 มิลลิเมตร
 - 2) ยางฟองน้ำที่มีความหนาดั้งแต่ 30 มิลลิเมตรขึ้นไปแต่ไม่ถึง 100 มิลลิเมตร ใช้เวอร์เนียคาลิเปอร์ที่อ่านค่าได้ละเอียดถึง 0.25 มิลลิเมตร
 - 3) ยางฟองน้ำที่มีความหนาดั้งแต่ 100 มิลลิเมตรขึ้นไป ใช้ไม้บรรทัด หรือสายวัดที่อ่านค่าได้ละเอียดถึง 1 มิลลิเมตร
- วิธีทำ วัดความหนา 3 ตำแหน่งในแนวที่ตั้งฉากกับระนาบทั้งสองของชั้นทดสอบโดยไม่ให้มีแรงกด แล้วบันทึกค่ามัธยฐาน (median) ของค่าที่อ่านได้เป็นความหนาของชั้นทดสอบ

การทดสอบแรงกดที่ทำให้ความหนาของยางฟองน้ำลดลงร้อยละ 25 (indentation test)

- ภาวะทดสอบ

ถ้ามิได้กำหนดไว้เป็นอย่างอื่นให้ทดสอบที่อุณหภูมิ 27 ± 2 องศาเซลเซียส

- ลักษณะของชิ้นงานทดสอบ

- 1) ถ้าผลิตภัณฑ์มีขนาดเล็ก ให้ใช้ผลิตภัณฑ์ทั้งชิ้นเป็นชิ้นทดสอบ
- 2) ถ้าใช้ส่วนใดส่วนหนึ่งของผลิตภัณฑ์ เป็นชิ้นทดสอบต้องมีขนาดไม่น้อยกว่า 300 มิลลิเมตร x 300 มิลลิเมตรและมีความหนา 25 ± 1 มิลลิเมตร

- เครื่องมือ

เครื่องมือทดสอบหาแรงกดประกอบด้วยแผ่นกด (indenter foot) มีลักษณะกลมแบน มีพื้นที่ 0.03 ตารางเมตร (50 ตารางนิ้ว) ต่อกับเครื่องวัดแรงกด และสามารถกดชิ้นงานทดสอบให้ยุบตัวลงได้ในอัตรา 0.2 ถึง 10 มิลลิเมตรต่อวินาที ฐานที่รองรับชิ้นทดสอบต้องใหญ่กว่าชิ้นทดสอบ และเจาะรูขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 มิลลิเมตร ให้เส้นผ่านศูนย์กลางของแต่ละรูห่างกัน 20 มิลลิเมตรโดยตลอดเพื่อให้อากาศออกระหว่างการทดสอบ

- วิธีทดสอบ

- 1) วางชิ้นทดสอบไว้กลางฐานรองรับ ในกรณีที่ชิ้นทดสอบเป็นชนิดกลวง ให้คว่ำด้านกลวงไว้บนฐานรองรับ
- 2) เลื่อนแผ่นกดมาแตะไว้กับชิ้นทดสอบ แล้วใช้แรง (preload) 4.5 นิวตัน กดลงบนชิ้นทดสอบ วัดความหนาของชิ้นทดสอบ ให้ถือว่าความหนาที่วัดได้เป็นความหนาเดิม เพิ่มแรงกดต่อไปจนความหนาลดลงจากความหนาเดิมร้อยละ 25 (ซึ่งรวมทั้งแรงกดเดิม 4.5 นิวตันนั้นด้วย)

การทดสอบหาแรงกดภายหลังการอบด้วยความร้อน (accelerated aging test)

- ภาวะทดสอบ

ถ้ามิได้กำหนดไว้เป็นอย่างอื่น ก่อนการทดสอบให้เก็บชิ้นทดสอบไว้ในที่อุณหภูมิ 27 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 16 ชั่วโมง

- ลักษณะของชิ้นทดสอบ

- 1) ถ้าผลิตภัณฑ์มีขนาดเล็ก ให้ใช้ผลิตภัณฑ์ทั้งชิ้นเป็นชิ้นทดสอบ
- 2) ถ้าใช้ส่วนใดส่วนหนึ่งของผลิตภัณฑ์ เป็นชิ้นทดสอบต้องมีขนาดไม่น้อยกว่า 300

มิลลิเมตร x 300 มิลลิเมตรและมีความหนา 25 ± 1 มิลลิเมตร

- เครื่องมือ

- 1) ตู้อบที่อากาศถ่ายเทได้ และสามารถปรับอุณหภูมิได้ที่ 100 ± 1 องศาเซลเซียส
- 2) ใช้เครื่องมือกับการทดสอบแรงกด

- วิธีทดสอบ

นำชิ้นงานทดสอบออกจากภาวะทดสอบเข้าตู้อบทันทีที่อุณหภูมิ 100 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลาต่อเนื่องกัน 22 ชั่วโมง นำออกจากตู้อบ ทิ้งไว้ให้เย็นแล้วนำไปทดสอบ

การทดสอบหาการยุบตัวเนื่องจากแรงอัด (compression set)

- ลักษณะของชิ้นทดสอบ

ชิ้นทดสอบต้องมีความหนาสม่ำเสมอ ยาว 50 ± 1 มิลลิเมตร กว้าง 50 ± 1 มิลลิเมตร และหนา 25 ± 1 มิลลิเมตร

- เครื่องมือ

1) เครื่องคอมเพรสชัน (compression) ซึ่งประกอบด้วยแผ่นระนาบ ทำด้วยเหล็กกล้า 2 แผ่น (หรือมากกว่า) ขนานกัน และสามารถ ปรับระยะห่างระหว่างแผ่นระนาบทั้งสองได้ตามความหนาของชิ้นทดสอบ

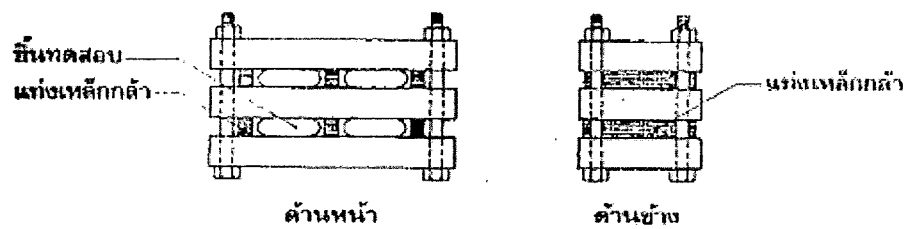
2) แท่งเหล็กกล้า (steel spacer bar) ที่มีความสูงร้อยละ 50 ของความหนาเดิมของชิ้นทดสอบเพื่อควบคุมให้ชิ้นทดสอบมีความหนาคงที่ขณะที่ได้รับแรงอัด

- 3) ตู้อบที่สามารถปรับอุณหภูมิได้ที่ 70 ± 1 องศาเซลเซียส

- วิธีทดสอบ

- 1) วัดความหนาของชิ้นทดสอบ (t_0)

2) ถ้าใช้ชิ้นทดสอบชิ้นเดียว ให้วางชิ้นทดสอบไว้ตรงกลางระหว่างแผ่นระนาบของเครื่องคอมเพรสชัน โดยมีแท่งเหล็กกล้า 2 แท่ง วางขนานไว้ทั้งสองข้าง แต่ถ้าใช้ชิ้นทดสอบ 2 ชิ้น ให้ใช้แท่งเหล็กกล้า 3 แท่ง วางห่างกันพอสมควร เพื่อให้ชิ้นทดสอบมีเนื้อที่พอที่จะขยายตัวเมื่อได้รับแรงอัด ดังแสดงในรูปที่ 3.10



รูปที่ 3.10 ลักษณะของเครื่องคอมเพรสชัน [20]

3) เลื่อนแผ่นระนาบทั้งสองเข้ามาหากันจนกระทั่งสัมผัสแท่งเหล็กกล้าขณะนี้ชิ้นทดสอบมีความหนาลดลงร้อยละ 50 ของความหนาเดิมนำเข้าตู้อบที่อุณหภูมิ 70 ± 1 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 22 ชั่วโมง แล้วนำออกจากตู้อบ และชิ้นทดสอบออกจากเครื่องคอมเพรสชัน วางบนพื้นไม้เป็นเวลา 30 นาที แล้วจึงวัดความหนาของชิ้นทดสอบ (t_1)

- วิธีคำนวณ

1) คำนวณหาการยุบตัวคิดเป็นร้อยละของความหนาเดิมดังนี้

$$C_h = \frac{(t_0 - t_1)}{t_0} \times 100$$

เมื่อ C_h คือ ความหนาที่ลดลงจากความหนาเดิมหลังจากผ่านแรงอัดแล้วคิดเป็นร้อยละ

t_0 คือ ความหนาเดิมของชิ้นทดสอบตามข้อ ง.3.1

t_1 คือ ความหนาของชิ้นทดสอบตามข้อ ง.3.3

2) คำนวณหาการยุบตัวคิดเป็นร้อยละของระยะยุบตัวเดิมดังนี้

$$C_d = \frac{(t_0 - t_1)}{(t_0 - t_s)} \times 100$$

เมื่อ C_d คือ ระยะยุบตัวที่เปลี่ยนไปจากระยะยุบตัวเดิม (ครึ่งหนึ่งของความหนาเดิม) หลังจากผ่านแรงอัดแล้วคิดเป็นร้อยละ

t_0 คือ ความหนาเดิมของชิ้นทดสอบตามข้อ 1)

t_1 คือ ความหนาของชิ้นทดสอบตามข้อ 3)

t_s คือ ความสูงของแท่งเหล็กกล้าตามข้อ 2)