



## รายงานการวิจัย

การหล่อเข้าพิมพ์จากน้ำยางชั้นจากการครีมมิ่งสำหรับผลิตสบู่ก้อน  
Creamed Concentrated Natural Rubber Latex Casting for  
Bar Soaps Production

เอกวิทย์ เพียรอนุรักษ์

Ekkawit Pianhanuruk

ขวัญฤทัย บุญส่ง

Kwanruethai Boonsong

อนุชิต วิเชียรชม

Anuchit Wichianchom

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี  
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย  
งบประมาณแผ่นดินประจำปี พ.ศ. 2560

## บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อเตรียมเบ้าพิมพ์สบู่จากน้ำยางข้นจากการครีมนึ่งสำหรับผลิตสบู่ก้อน พบว่าไม่เพียงแต่สมบัติทางฟิสิกส์ของเบ้าพิมพ์จากยางธรรมชาติจะดีกว่าเบ้าพิมพ์ยางซิลิโคนเท่านั้นแต่ยังมีราคาต้นทุนที่ถูกกว่ามาก สำหรับสูตรน้ำยางธรรมชาติ น้ำยางข้นทางการค้า (60% concentrated latex-HA) จะให้สมบัติที่ดีกว่าน้ำยางข้นจากการครีมนึ่ง (Creamed concentrated latex) สูตรน้ำยางคอมพาวด์ที่ไม่ใส่แคลเซียมคาร์บอเนตจะให้สมบัติทางฟิสิกส์ ความหนาฟิล์มยาง และการขึ้นรูปเป็นเบ้าพิมพ์สบู่ที่ดีกว่าสูตรที่ใส่แคลเซียมคาร์บอเนต ในขณะที่กรณีของ ระบบวัลคาไนซ์ ระบบวัลคาไนซ์แบบ E.V. จะเหมาะสมที่สุดสำหรับการทำเบ้าพิมพ์สบู่ เนื่องจากให้สมบัติทางฟิสิกส์หลังบ่มแรงที่ดีกว่าระบบ Semi-E.V. และ C.V. ตามลำดับ

คำสำคัญ : ยางธรรมชาติ, น้ำยางข้นจากการครีมนึ่ง, สารก่อครีมนึ่ง, การหล่อเบ้าพิมพ์จากน้ำยาง, สบู่ก้อน

## ABSTRACT

The purpose of this research was to study the preparation of the creamed concentrated natural rubber latex casting for bar soaps production. It was found that the natural latex casting has not only better physical properties but also much lower cost than the silicone casting. For natural latex, 60% concentrated latex provides slightly better properties than creamed concentrated latex. The non-calcium carbonate natural latex compound provides physical properties. that its film thickness and its casting are better than the latex compound that has calcium carbonate. In the case of vulcanized system, the E.V. system is best suited for natural rubber latex casting for bar soap production because it provides better physical properties after aging those of The Semi-E.V. system and The C.V. system respectively.

**keywords** : Natural rubber, Creamed Concentrated Latex, Creaming agent, Latex casting, Bar soaps

## กิตติกรรมประกาศ

รายงานวิจัยฉบับนี้ สามารถบรรลุผลสำเร็จได้ด้วยความช่วยเหลือสนับสนุนทุนการวิจัยนี้ จากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติขอขอบคุณสาขาเทคโนโลยียางและพอลิเมอร์ ที่สนับสนุนเครื่องมือและอุปกรณ์ต่างๆ ตลอดงานวิจัย และขอขอบคุณคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตนครศรีธรรมราช ที่สนับสนุนปัจจัยพื้นฐานการวิจัย ทำให้การดำเนินการวิจัยครั้งนี้บรรลุตามวัตถุประสงค์



# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย

ในปัจจุบันมีมีกลุ่มเกษตรกรและกลุ่มแม่บ้านในชุมชนต่างๆ จำนวนมากมีการผลิตสบู่ก้อนเป็นสินค้าชุมชนโดยมีการผลิตสบู่ร่วมกับภูมิปัญญาท้องถิ่นเข้าด้วยกัน เช่น กลุ่มชุมชนแม่บ้านนาโหนด ที่อำเภอสีทิงพระ จังหวัดสงขลา จุดเริ่มต้นของการผลิตสบู่ตาลโหนดเริ่มจากการเป็นคนซึ่งสังเกตของ นางพูนทรัพย์ ศรีชู ซึ่งพบว่าหลังจากการขยี้ลูกตาลโหนดสุกเพื่อเป็นอาหารหมูทุกครั้งจะรู้สึกว่ามีมือที่ขยี้ลูกตาลสุกมือจะขาวและนุ่มมาก จึงเป็นจุดเริ่มต้นของความคิดที่นำไปสู่การผลิตสบู่บำรุงผิวในปัจจุบันโดยมีการรวมกลุ่มสมาชิกชมรมท่องเที่ยวตามวิถีโหนดนาเล ซึ่งมีสมาชิกมากกว่า 50 คน โดยแบ่งเป็นสมาชิกกลุ่มผลิตสบู่ประมาณ 15 คน เพื่อมุ่งเน้นผลิตสบู่บำรุงผิวเชิงพาณิชย์ โดยทางกลุ่มได้รับการสนับสนุนจากหลายภาคส่วนเช่น สมาคมวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและนวัตกรรมแห่งประเทศไทย(สวทท.) ได้ส่งผู้เชี่ยวชาญมาให้ความรู้เพื่อพัฒนาออกแบบรูปทรงก้อนสบู่ทำให้น้ำใช้และที่สำคัญสร้างมูลค่าในการจำหน่าย สำหรับการผลิตสบู่ตาลโหนดจะมุ่งเน้นวัตถุดิบจากธรรมชาติที่มีในท้องถิ่นโดยใช้ส่วนผสมสำคัญสามส่วนคือตาลโหนดที่หาได้ง่ายในท้องถิ่น น้ำผึ้งเพื่อบำรุงผิว และกลีเซอรินซึ่งเป็นสารทำสบู่โดยทำการผลิตในสองรูปแบบคือแบบก้อนเรียบที่ใช้เข้าพิมพ์สบู่สำเร็จรูปที่สั่งซื้อมา กับแบบก้อนที่เป็นรูปผลตาลโหนดซึ่งจำเป็นต้องใช้เข้าพิมพ์ที่ทางกลุ่มหล่อขึ้นเองโดยใช้ยางซิลิโคนเหลว โดยทางกลุ่มยังมีปัญหาเกี่ยวกับการทำเข้าพิมพ์สบู่เนื่องจากขาดความรู้เรื่องการทำเข้าพิมพ์จากยางซิลิโคนเหลวและราคาต้นทุนที่สูงและจำเป็นต้องสั่งซื้อจากต่างประเทศของวัตถุดิบคือยางซิลิโคนเหลว ทางกลุ่มแม่บ้านนาโหนดจึงขอความช่วยเหลือมาทางมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัยเพื่อถามถึงความเป็นไปได้ในการทำเข้าพิมพ์สบู่จากยางธรรมชาติ แทนการใช้ยางซิลิโคน ในเบื้องต้นทางสาขาเทคโนโลยียางและพอลิเมอร์จึงได้ทดลองทำเข้าพิมพ์ตัวอย่างโดยใช้วิธีการหล่อเข้าจากน้ำยางชั้น 60% (น้ำยางชั้นชนิดแอมโมเนียสูง) โดยใช้สูตรน้ำยางคอมเปาเวต์พื้นฐานมาหล่อเข้ากับเข้าปูนพลาสติก พบว่าสามารถทำเข้าพิมพ์สบู่ได้แต่ยังไม่มีการทดลองการใช้งานอย่างจริงจังรวมทั้งยังไม่มีการทดสอบคุณสมบัติทางฟิสิกส์ต่างๆของเข้าพิมพ์ที่ได้ นอกจากนี้ทางคณะผู้วิจัย ได้คิดถึงความเป็นไปได้ที่จะใช้น้ำยางชั้นที่ได้จากการทำครีมมิงมาใช้ในการทำเข้าพิมพ์สบู่ เนื่องจากการทำน้ำยางชั้นจากกระบวนการทำครีมสามารถทำได้ง่ายและไม่จำเป็นต้องใช้เครื่องจักรที่มี ราคาสูงและไม่จำเป็นต้องใช้องค์ความรู้หรือเทคโนโลยีขั้นสูงทำให้กลุ่มเกษตรกรในชุมชนสามารถผลิตน้ำยางชั้นชนิดนี้มาใช้ในการทำผลิตภัณฑ์ได้เองโดยไม่ยุ่งยาก

ดังนั้นทางคณะผู้วิจัยจึงเล็งเห็นถึงความสำคัญในการทำวิจัย เพื่อประเมินถึงความเป็นไปได้ในการใช้ยางธรรมชาติ (น้ำยางชั้นที่ได้จากทางการค้าและจากการทำครีม) ในการทำเข้าพิมพ์สบู่ โดยในการศึกษาครั้งนี้จะทำการศึกษาการเตรียมน้ำยางชั้นจากการทำครีมจากนั้นนำไปออกสูตรน้ำยางคอมเปาเวต์โดยเปรียบเทียบกับน้ำยางชั้นทางการค้าซึ่งได้จากการปั่นเหวี่ยงเพื่อให้ได้คุณสมบัติทางฟิสิกส์ที่เหมาะสมกับการทำเข้าพิมพ์สบู่ จากนั้นจึงนำสูตรน้ำยางที่ได้มาทดลองหาวิธีการขึ้นรูปเพื่อทำเข้า

พืชมัสปูมาทดลองการใช้งานจริง เปรียบเทียบกับเบ้าพืชมัสปูเดิมที่ทำจากยางซิลิโคนที่กลุ่มเกษตรกรใช้อยู่ก่อน

## 1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1. เพื่อศึกษาสมบัติทางฟิสิกส์ของยางซิลิโคนที่ใช้ทำเบ้าพืชมัสปู
2. เพื่อศึกษาการเตรียมน้ำยางชั้นจากสารก่อคริม
3. เพื่อศึกษาตัวแปรต่างๆ ในการออกสูตรน้ำยางคอมเปาต์ต่อสมบัติทางฟิสิกส์โดยเปรียบเทียบการใช้น้ำยางชั้นทางการค้ากับน้ำยางชั้นที่เตรียมจากการทำคริม
4. เพื่อศึกษาวิธีการขึ้นรูปเบ้าพืชมัสปูที่ทำจากน้ำยางธรรมชาติ

## 1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย

1. ศึกษาศึกษาสมบัติทางฟิสิกส์ของยางซิลิโคนที่ใช้ทำเบ้าพืชมัสปูได้แก่ความต้านทานต่อแรงดึง, ความสามารถในการยืดสูงสุด, 300%โมดูลัส, ความต้านทานต่อการฉีกขาด และสมบัติด้านการบ่มเร่ง
2. ศึกษาการเตรียมน้ำยางชั้นจากการคริมมิ่งโดยแปรชนิด คือ ไฮดรอกซีเอทิลเซลลูโลส และคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส แปรปริมาณสารก่อคริมโดยแปรปริมาณ 0.1, 0.25, 0.5, 1 2 และ 3 phrและแปรระยะเวลาของการก่อคริมที่ 1, 2, 4, 6, 8 และ 10 วัน
3. ศึกษาตัวแปรต่างๆในการออกสูตรน้ำยางคอมเปาต์ได้แก่ ระบบวัลคาไนซ์ (CV , Semi-EV , EV) ปริมาณสารเติมแต่ง ( $\text{CaCO}_3$ ) ต่อสมบัติทางฟิสิกส์ได้แก่ ความต้านทานต่อแรงดึง, ความสามารถในการยืดสูงสุด, 300%โมดูลัส, ความต้านทานต่อการฉีกขาด และสมบัติด้านการบ่มเร่ง โดยเปรียบเทียบระหว่างน้ำยางชั้นทางการค้า กับน้ำยางชั้นจากการก่อคริม
4. ศึกษารูปแบบการขึ้นรูปเบ้าพืชมัสปูด้วยวิธีการต่างๆ ได้แก่การหล่อเบ้าน้ำยางคอมเปาต์ด้วยเบ้าปูนพาสเตอร์โดยตรง (straight dipping), การหล่อเบ้าน้ำยางคอมเปาต์ด้วยเบ้าปูนพาสเตอร์ที่เคลือบด้วยสารช่วยในการจับตัวน้ำยาง (coagulation dipping) จำนวนครั้งของการเคลือบน้ำยางคอมเปาต์ลงบนเบ้าพืชมัสปู โดยศึกษา ตัวแปรเหล่านี้ ต่อ ความหนา , รูปร่างลักษณะภายนอก และคุณสมบัติการใช้งานของเบ้าพืชมัสปูที่ได้

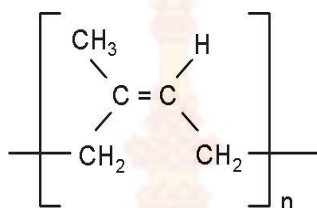
## 1.4 การตรวจเอกสาร

### 1.4.1 ลักษณะทั่วไปของยางพารา

ยางธรรมชาติส่วนมากได้จากต้นยางพารา *Hevea Brasiliensis* ซึ่งนิยมปลูกมากในแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ เป็นไม้ยืนต้นที่มีถิ่นกำเนิดในเขตร้อนฝนตกชุกกลุ่มแม่น้ำอเมซอน ประเทศบราซิลทวีปอเมริกาใต้ ปัจจุบันมีแหล่งผลิตส่วนใหญ่อยู่ในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ โดยประเทศไทยเป็นประเทศที่ผลิตและส่งออกยางธรรมชาติมากที่สุดในโลก ปลูกได้ดีในดินร่วนเหนียวปนทราย ไม่ควรปลูกในพื้นที่สูงกว่าระดับน้ำทะเลเกิน 600เมตร (สถาบันวิจัยยาง, 2553) การให้ผลผลิตยางพาราขึ้นกับสรีรวิทยาของต้นยาง สภาพแวดล้อม และการใช้สารเคมีกระตุ้นการไหลของน้ำยาง (กุมุท และธเนศ, 2545)

### 1.4.2 สูตรโครงสร้างยางธรรมชาติ

ยางธรรมชาติมีชื่อทางเคมีคือ ซิส 1,4-พอลิไอโซพรีน (*cis*-1,4-polyisoprene) กล่าวคือในโมเลกุลยาง 1 โมเลกุลจะประกอบด้วยหน่วยของไอโซพรีน (C<sub>5</sub>H<sub>8</sub>) มาต่อเส้นตรง โดยทั่วไปน้ำหนักโมเลกุลเฉลี่ยอยู่ในช่วง 200,000 ถึง 400,000 และมีสูตรโครงสร้างดังแสดงในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 แสดงสูตรโครงสร้างยางธรรมชาติ  
ที่มา : บุญธรรม (2530)

### 1.4.3 สมบัติทั่วไปของยางธรรมชาติ

ยางธรรมชาติที่คงรูปแล้วจะมีความยืดหยุ่นสูงเมื่อแรงภายนอกที่มากระทำกับยางหมดไปยางจะกลับคืนสู่รูปร่างและขนาดเดิมได้อย่างรวดเร็ว ด้านความเหนียวติด (Tack) มีคุณสมบัติที่ดีเยี่ยมในการเหนียวติดกัน ความทนทานต่อแรงดึง (Tensile strength) ยางธรรมชาติสามารถแตกผลึกได้เมื่อถูกยืดทำให้มีความทนต่อแรงดึงสูงแม้จะไม่มีสารตัวเติม มีความต้านทานต่อของเหลวและสารเคมี (Liquid and chemical resistance) เนื่องจากองค์ประกอบของยางธรรมชาติเป็นไฮโดรคาร์บอนที่ไม่มีขั้ว ดังนั้นยางธรรมชาติจึงละลายได้ดีในตัวทำละลายที่ไม่มีขั้ว เช่น เบนซิน เฮกเซน และโทลูอีน เป็นต้น การเสื่อมสภาพเนื่องจากความร้อน โอโซน และแสงแดด (Aging properties) เนื่องจากโมเลกุลของยางธรรมชาติมีพันธะคู่อยู่มากทำให้ยางว่องไวต่อการทำปฏิกิริยากับออกซิเจน (บุญธรรม, 2530)

#### ตารางที่ 1.1 ส่วนประกอบของน้ำยางสด

ส่วนประกอบ	สัดส่วน (ร้อยละโดยน้ำหนัก)
ปริมาณของแข็งทั้งหมด (ส่วนที่เป็นเนื้อยางและไม่ใช่น้ำยาง)	36
สารจำพวกโพรตีน	1-1.5

สารจำพวกเรซิน	1-2.5
ซีเมนต์	สูงถึง 1
น้ำตาล	1
น้ำ (ปริมาณที่รวมกับสารอื่นแล้วเป็น 100)	

ที่มา : วิชาวี (2554)

#### 1.4.4 ส่วนประกอบของน้ำยาง

ส่วนของเนื้อยาง มีส่วนประกอบหลักๆ ดังนี้ คือ

1. อนุภาคของยาง (Rubber particles) จะถูกห่อหุ้มด้วยสารจำพวกไขมัน และโปรตีน โดยโปรตีนจะอยู่ชั้นนอกและอาจจะมีโลหะบางชนิด เช่น แมกนีเซียม (Mg), โพแทสเซียม (K) และทองแดง (Cu) ปะปนอยู่เล็กน้อยประมาณ 0.5 เปอร์เซ็นต์ อนุภาคของยางจะแขวนลอยในน้ำ ประกอบด้วยสารประกอบไฮโดรคาร์บอน มีชื่อทางการค้าว่า ไอโซพรีน (Cis-1,4 polyisoprene) มีความหนาแน่น 0.92 กรัมต่อมิลลิลิตร มีน้ำหนักโมเลกุลเฉลี่ยในช่วง 200,000 –400,000 กรัมต่อโมล ลักษณะอนุภาคของเป็นทรงกลม คล้ายลูกแพร์ มีขนาดอนุภาคแตกต่างกันมากอยู่ระหว่าง 0.04–4.00 ไมครอน ขนาดอนุภาคเฉลี่ยประมาณ 1 ไมครอน เมื่อนำน้ำยางสดมาปั่นด้วยความเร็วสูงพบว่าอนุภาคยางที่มีขนาดใหญ่ จะแตกตัวออกจากชั้นน้ำขึ้นมาอยู่ด้านบนซึ่งสามารถแยกออกได้จากน้ำยางชั้น ส่วนอนุภาคยางที่มีขนาดเล็กปะปนอยู่กับหางน้ำยาง (Skim latex)

2. โปรตีน (Protein) โปรตีนที่ห่อหุ้มอยู่ตรงผิวรอบนอกของอนุภาคยางที่มีอยู่ประมาณ 25% ของโปรตีนที่มีทั้งหมดในน้ำยาง โปรตีนที่อยู่ในน้ำยาง ส่วนใหญ่เป็นชนิดแอลฟาไกลูบูลินและฮีวินส่วนชั้นนอกสุดของอนุภาคยาง มีโปรตีนห่อหุ้มอยู่ประมาณ 1% ส่วนใหญ่เป็นพวกแอลฟาไกลูบูลิน (X-Globulin) ซึ่งไม่สามารถละลายได้ในน้ำกลั่นแต่ละลายได้ในกรด-ด่าง หรือเกลือ มีค่า Isoelectric point ที่ pH เท่ากับ 4.5 จะป้องกันอนุภาคยางมารวมตัวกัน ส่วนประกอบของฮีวินมีกัมมะถันอยู่ประมาณ 5% และเป็นประเภท crystalline disulphide linkage ดังนั้นขณะที่น้ำยางเกิดการสูญเสียสภาพ จะเกิดการบูดเน่า โดยโปรตีนส่วนนี้จะสลายตัวให้สารประกอบไฮโดรซัลไฟด์ และสารเมอร์แคปแทนทำให้มีกลิ่นเหม็น

3. ไขมัน (Lipid) ไขมันจะอยู่ระหว่างผิวของอนุภาคยางและโปรตีน ส่วนใหญ่จะเป็นสารพวกฟอสโฟไลปิด ชนิด d-Lecihinทำหน้าที่ยึดโปรตีนให้เกาะอยู่บนผิวของอนุภาคยางน้ำยางที่อยู่ในสถานะที่เป็นต่าง เช่น มีแอมโมเนียอยู่ประมาณ 0.6% ขึ้นไปฟอสโฟไลปิดจะถูกไฮโดรไลซ์เป็นกรดไขมันที่มีโมเลกุลยาว (long chain fatty acid) และจะรวมตัวกับแอมโมเนียกลายเป็นสบู่ในน้ำยางมีผลทำให้น้ำยางเสถียรยิ่งขึ้น แต่กรณีที่มีปริมาณแอมโมเนียน้อย ประมาณ 0.2% ในน้ำยาง การไฮโดรไลซ์จะเกิดขึ้นน้อยการเพิ่มความเสถียรจึงจำเป็นต้องมีการเติมสบู่หรือสารอื่นๆที่ช่วยเก็บรักษา น้ำยางเพิ่มลงไป

#### ตารางที่ 1.2 ส่วนประกอบของเนื้อยางแห้ง

ส่วนประกอบ	เปอร์เซ็นต์ (%)
------------	-----------------

เนื้อเยื่อไฮโดรคาร์บอน	86
น้ำกระจายในเนื้อเยื่อแห้ง	10
สารโปรตีน	1
สารพวกไขมัน	3

ที่มา : วิชาวี (2554)

#### 1.4.5 ส่วนที่ไม่ใช่ยาง มีส่วนประกอบหลักดังนี้

1. ส่วนที่เป็นน้ำ หรือเซรัม (Serum) คือ ส่วนที่เป็นน้ำที่อยู่ในน้ำยาง จะมีความหนาแน่น 1.02 กรัมต่อมิลลิเมตร จะประกอบด้วยสารชนิดต่างๆเช่น คาร์โบไฮเดรต จะเป็นสารพวกแป้งและน้ำตาลจะมีอยู่ในน้ำยางประมาณ 1% น้ำตาลส่วนใหญ่เป็นพวก คิวบาซิทอล (Quebrachitol) และน้ำตาลตาลชนิดกลูโคส, ซูโครส, ฟรุคโตส ปะปนอยู่เล็กน้อยน้ำตาลเหล่านี้จะถูกแบคทีเรียใช้เป็นอาหาร เกิดการย่อยสลายให้กรดที่มีโมเลกุลขนาดเล็กและรวมตัวกันเป็นก้อน ทำให้น้ำยางเกิดการสูญเสียสภาพ กรดเหล่านี้เป็นกรดระเหยได้ง่าย เรียกว่า VFA (Volatile Fatty Acid) ประกอบด้วยกรดฟอร์มิก กรดอะซิติก และกรดโพลีอีนิก ค่า VFA จะบอกการรักษาสภาพของน้ำยาง โดยมาตรฐานสากลของน้ำยางเข้มข้น กำหนด VFA ไม่เกิน 0.2 หน่วย

2. โปรตีนและกรดอะมิโน (protein and amino acid) เป็นส่วนที่อยู่ในเซรัมของน้ำยางโปรตีนที่มีค่า Isoelectric point สูง จะสามารถสลายตัวให้ประจุบวกได้เป็นสาเหตุทำให้น้ำยางสูญเสียสภาพได้

3. ส่วนของลูทอยด์และสารอื่นๆลูทอยด์ (Lutoids) จะมีอนุภาคค่อนข้างกลม มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5-3 ไมครอน ห่อหุ้มด้วยเยื่อบางๆ ภายในเยื่อบางๆนี้มีทั้งสารละลายและสารแขวนลอย มีค่า pH เท่ากับ 5.5 ส่วนใหญ่ประกอบด้วยโปรตีนโดยที่ละลายน้ำอยู่ประมาณ 3% และมีส่วนของโปรตีนที่ไม่ละลายน้ำอยู่ประมาณ 2% นอกจากนี้ยังมีส่วนของพวกฟอสโฟไลปิดแขวนลอยอยู่ประมาณ 0.5% และมีสารโพลีฟีนอลออกซิเดสซึ่งเป็นส่วนสำคัญที่ทำให้น้ำยางมีสีเหลืองหรือสีคล้ำ เมื่อสัมผัสกับออกซิเจนในอากาศให้ลูทอยด์ห่อหุ้มด้วยเนื้อเยื่อชั้นเดียวเกิดการออสโมซิสได้ง่าย ดังนั้นการเติมน้ำลงไปใต้น้ำยางสด จะทำให้ลูทอยด์และพวกโลหะแมกนีเซียมจะรวมตัวกับแอมโมเนียเกิดการตกตะกอนเป็นตมสีน้ำตาลและสีม่วงแยกตัวออกจากเนื้อเยื่อ เกาะรวมกันอยู่ด้านล่างสามารถแยกออกได้ สารอื่นๆโดยมากเป็นอนุภาคเฟรย์-วิสลิง (Frey wysling) เป็นสารไม่ใช่น้ำยางมีขนาดอนุภาคใหญ่กว่ายาง แต่ความหนาแน่นน้อยกว่า มีรูปร่างค่อนข้างกลม มีผนังล้อมรอบสองชั้น มีปริมาณไม่มากนัก ประกอบด้วยสารเม็ดสีพวกคาโรทีนอยด์ ซึ่งทำให้น้ำยางมีสีเหลืองเข้ม สามารถรวมตัวกับแอมโมเนียและแยกตัวออกจากยางมาอยู่ในส่วนของเซรัมหากนำน้ำยางสดมาปั่นด้วยความเร็วสูง ประมาณ 20,000 รอบต่อนาทีจะสามารถแยกน้ำยางออกได้ 4 ส่วน เรียงจากด้านบน ถึงด้านล่างของภาชนะ ดังนี้

1. ส่วนของเนื้อเยื่อ
2. อนุภาคเฟรย์ วิสลิ่ง
3. เซรัม
4. ตะกอนสีเหลืองหรือขาว ซึ่งส่วนใหญ่เป็นสารพวกลูทอยด์



## 1.5 น้ำยางข้น

น้ำยางข้น (Concentrated latex) หมายถึง น้ำยางธรรมชาติที่ผ่านกระบวนการเพิ่มความเข้มข้น โดยน้ำยางธรรมชาติที่ผ่านกระบวนการเพิ่มความเข้มข้นแล้วจะมีปริมาณเนื้อยางประมาณร้อยละ 55-65 ซึ่งสูงกว่าน้ำยางสดที่มีปริมาณเนื้อยางประมาณร้อยละ 25-30 ทำให้สามารถทำการขนส่งได้ง่ายขึ้นเป็นอย่างมาก น้ำยางประกอบด้วยอนุภาคของยาง ซึ่งมีขนาดประมาณ 1.2 ไมครอน ทำให้เกิดลักษณะที่เรียกว่า คอลลอยด์ (Colloid)

### 1.5.1 ชนิดของน้ำยางข้นแบ่งออกเป็น 5 ชนิด

1. ชนิดแอมโมเนียสูง (High Ammonia, HA) เป็นน้ำยางข้นจากการหมუნเหวียง ซึ่งรักษาสภาพด้วยแอมโมเนียเพียงอย่างเดียว และมีค่าความเป็นด่างไม่น้อยกว่าร้อยละ 0.60 โดยน้ำหนัก
2. ชนิดแอมโมเนียปานกลาง (Medium Ammonia, MA) เป็นน้ำยางข้นจากการหมუნเหวียง ซึ่งรักษาสภาพด้วยแอมโมเนียร่วมกับสารเก็บรักษาสภาพน้ำยางข้นชนิดอื่นๆ และมีค่าความเป็นด่างร้อยละ 0.30 ถึงร้อยละ 0.59 โดยน้ำหนักของน้ำยางข้น
3. ชนิดแอมโมเนียต่ำ (Low Ammonia, LA) เป็นน้ำยางข้นจากการหมუნเหวียง ซึ่งรักษาด้วยแอมโมเนียร่วมกับสารรักษาสภาพน้ำยางข้นชนิดอื่น และมีค่าความเป็นด่างไม่เกินร้อยละ 0.29 โดยน้ำหนักน้ำยางข้น
4. ชนิด HA ครีม เป็นน้ำยางข้นจากการแยกครีม ซึ่งรักษาสภาพด้วยแอมโมเนียเพียงอย่างเดียว และมีค่าความเป็นด่างไม่น้อยกว่าร้อยละ 0.55 โดยน้ำหนัก
5. ชนิด LA ครีม เป็นน้ำยางข้นจากการแยกครีม ซึ่งรักษาสภาพด้วยแอมโมเนียร่วมกับสารเก็บรักษาสภาพน้ำยางข้นชนิดอื่น และมีค่าความเป็นด่างไม่เกินร้อยละ 0.35 โดยน้ำหนักของน้ำยางข้น (มาตรฐานผลิตภัณฑ์น้ำยางข้น, 2552)

### 1.5.2 วิธีการทำน้ำยางข้น

น้ำยางข้นเป็นวัตถุดิบที่สำคัญในการผลิตผลิตภัณฑ์ประเภทกุ่มการหล่ออย่างพองน้ำ ฯลฯ ซึ่งมีวิธีการเตรียมได้ 4 วิธี ดังนี้

1. วิธีใช้เครื่องปั่นแยก (Centrifuging machine) เป็นวิธีที่นิยมกันมากในปัจจุบัน เนื่องจากน้ำยางข้น ที่ผลิตได้จากวิธีการนี้สามารถนำไปใช้ทำผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป ได้แทบทุกชนิด การทำน้ำยางข้นวิธีนี้จะประสบความสำเร็จมากหรือน้อยขึ้นกับการออกแบบของเครื่องปั่นแยก

โดยทั่วไปเครื่องปั่นแยกโดยทั่วไปด้วยปั่นแยกที่หมุนด้วยความเร็วประมาณ 7,000-8,000 รอบ/นาที อย่างไรก็ตามการเตรียมน้ำยางข้นวิธีนี้ต้องใช้เงินลงทุนค่อนข้างสูง

2. วิธีทำให้ระเหยน้ำ (Evaporation) วิธีการระเหยน้ำออกจากยางสด จะได้น้ำยางข้นแบบใช้เครื่องปั่นแยก วิธีการทำน้ำยางข้นวิธีนี้เป็นเพียงการระเหยเอาน้ำออกไปจากน้ำยางสดเพียงอย่างเดียวเท่านั้น ดังนั้นจะต้องเติมสารที่ทำให้น้ำยางมีการคงตัวไม่ให้เกิดได้ลงไป หลังจากนั้นทำให้น้ำยางเกิดการระเหยด้วยความร้อนผ่านน้ำร้อนเข้าไปในถัง 2 ชั้น ที่มีน้ำยางอยู่ข้างใน ในขณะที่ถังบรรจุน้ำยางหมุนไปรอบๆ นั้นอากาศภายในถังก็จะถูกดูดออกไปพร้อมกับเอาน้ำที่ระเหยออกจากน้ำยางออกไปให้เร็วที่สุด วิธีการนี้จะได้น้ำยางข้นที่มีจะจำนวนของแข็งทั้งหมด (%TSC) 70-75% น้ำยางข้นที่ได้จากวิธีการนี้จะมีค่าคงตัวสูง

3. วิธีการแยกด้วยไฟฟ้า (Electrodecantation) เนื่องจากน้ำยางสดจากต้นยางเป็นของเหลวประเภทคอลลอยด์ ประกอบด้วยสารแขวนลอยหรืออิมัลชัน (Suspension หรือ Emulsion) ของอนุภาคยางลอยตัวอยู่ในของเหลวที่เป็นตัวกลาง (Medium) การเคลื่อนไหวของอนุภาคเหล่านี้เกิดขึ้นตามประจุไฟฟ้าที่มีอยู่ตามอนุภาคของยาง และการเคลื่อนไหวนี้อาจเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง เนื่องจากอนุภาคยางมีประจุไฟฟ้าลบ จึงวิ่งเข้าหาขั้วบวกตลอดเวลา น้ำยางข้นวิธีการแยกน้ำยางด้วยไฟฟ้านั้นกระทำโดยผ่านกระแสไฟฟ้าลงไปในน้ำยาง จะทำให้เกิดความต่างศักย์ขึ้นภายในเซลล์ อนุภาคของยางซึ่งมีประจุไฟฟ้าลบจะเคลื่อนเข้าหาขั้วบวกที่เป็นขั้วบวกที่อยู่ใกล้ที่สุด ทำให้อนุภาคของยางซึ่งมีประจุไฟฟ้าลบจะเคลื่อนเข้าหาขั้วบวกที่เป็นขั้วบวกที่อยู่ใกล้ที่สุดทำให้อนุภาคของยางรวมกันอย่างหนาแน่นจนเกิดเป็นน้ำยางข้นขึ้น นอกจากนี้วิธีนี้จะได้น้ำยางข้นที่มีเปอร์เซ็นต์เนื้อยางแห้ง 60% และมีจำนวนของแข็งทั้งหมด (% TSC) ประมาณ 62-63%

4. วิธีการทำครีม (creaming) การเตรียมน้ำยางข้นชนิดครีม ทำได้โดยการนำสารก่อครีม เช่น โซเดียมอัลจิเนต ไฮดรอกซีโพรพิลเมทิลเซลลูโลส คาร์บอกซิลเมทิลเซลลูโลส ไฮดรอกซีเอทิลเซลลูโลส เป็นต้น เติมน้ำลงในน้ำยางสดในปริมาณ 0.3 % โดยน้ำหนัก หลังจากนั้นกวนให้สารก่อครีมให้ละลาย แล้วปล่อยให้เกิดการแยกชั้น เป็นระยะเวลา 2 วัน จนกระทั่งได้ความเข้มข้นของเนื้อยางในน้ำยางตามที่ต้องการ แล้วจึงปรับความเข้มข้นของแอมโมเนียและเนื้อยางภายหลัง (ธานินทร์, 2529) วิธีผลิตน้ำยางข้นแบบครีมอาศัยหลักการที่อนุภาคของยางเบากว่าน้ำ ถ้าตั้งทิ้งไว้ อนุภาคของยางจะลอยแยกออกมา เป็นไปตามกฎของ Stokes แต่การที่จะให้อนุภาคของยางแยกออกมาเองค่อนข้างใช้เวลานาน จึงจำเป็นต้องใช้สารก่อครีม (creaming agent) ช่วย ได้แก่ gum bragacarth, sodium aginate, tragon seed gum, ammonium aginate, locust bean gum และ pectin สารก่อครีมเหล่านี้ จะไปเคลือบผิวอนุภาคยาง ทำให้การแยกตัวของอนุภาคยางเกิดเป็นครีมอยู่ผิวหน้าน้ำยางได้เร็วขึ้น ขั้นตอนการทำน้ำยางข้นชนิดครีม มีดังนี้

1. หาความเข้มข้นของน้ำยางสด
2. นำน้ำยางสด (แมกนีเซียมต่ำ) มาใส่สารครีมมิ่ง ปริมาณ 0.3% ในส่วนของน้ำ
3. กวนให้สารครีมมิ่งละลาย ตั้งทิ้งไว้ 24-40 ชั่วโมง
4. กรองหรือไซซ์น้ำทิ้ง เหลือเฉพาะชั้นน้ำยาง ก็จะได้น้ำยางข้นชนิดครีม
5. ปรับปริมาณเนื้อยางและความเข้มข้นของแอมโมเนียภายหลัง

ความเข้มข้นของเนื้อยางจะสูงประมาณร้อยละ 55 ในช่วงระยะเวลา 18 ชั่วโมง ในการทำน้ำยางข้น โดยวิธีการทำครีม หากต้องการเนื้อยางสูงถึงร้อยละ 60 ต้องตั้งทิ้งไว้อย่างน้อย 4-5 วัน

### 1.5.3 การเตรียมน้ำยางข้นโดยวิธีการทำครีม (Blackley, 1997)

วิธีการเตรียมน้ำยางข้นแบบครีม อาศัยหลักการที่อนุภาคน้ำยางเบากว่าน้ำ ถ้าตั้งทิ้งไว้นานๆ อนุภาคเหล่านี้จะค่อยๆ ลอยขึ้นมาที่ผิวหน้าของน้ำยาง การแยกตัวของอนุภาคน้ำยางเป็นไปตามกฎของ Stokes ดังนี้

$$V = \frac{2g(D_s - D_r)r^2}{9\eta}$$

โดยที่

$V$  = ความเร็วที่อนุภาคน้ำยางลอยขึ้นแยกออกจากน้ำ

$g$  = แรงโน้มถ่วงของโลก

$D_s$  = ความหนาแน่นของเซรัม

$D_r$  = ความหนาแน่นของอนุภาคน้ำยาง

$r$  = รัศมีของอนุภาคน้ำยาง

$\eta$  = ความหนืดของเซรัม

จากสมการ จะเห็นว่า อัตราเร็วในการแยกอนุภาคของน้ำยางแยกออกจากเซรัม ขึ้นกับการเพิ่มขนาดของอนุภาคน้ำยาง สามารถทำได้โดยการผสมสารก่อครีม (creaming agent) ลงไปในน้ำยาง ซึ่งสารก่อครีมจะทำหน้าที่รวมอนุภาคน้ำยางอย่างหลวมๆ ทำให้รัศมีของอนุภาคน้ำยาง ( $r$ ) เพิ่มขึ้น ส่งผลให้อัตราการแยกอนุภาคออกจากเซรัมได้เร็วขึ้น

การผสมสารก่อครีมจะทำให้อนุภาคน้ำยางเกิดการแยกตัวออกจากเซรัมภายใน 24-40 ชั่วโมง กล่าวคือ ในเวลาประมาณ 18 ชั่วโมงแรก จะได้ความเข้มข้นของเนื้อยางสูงถึง 55 เปอร์เซ็นต์ แต่ถ้าจะให้ความเข้มข้นสูงถึงขั้น 70 เปอร์เซ็นต์ จะปล่อยให้แยกตัวต่อไปอีก 4-5 วัน เวลาที่ใช้ในการทำครีมขึ้นอยู่กับปริมาณสารก่อครีม คุณภาพน้ำยางสด และสภาวะของการทำครีม

### 1.5.4 ปัจจัยที่มีผลต่อการแยกอนุภาคยางโดยการทำครีม (บุญธรรม และคณะ, 2538)

1. อายุของน้ำยาง ถ้าเป็นน้ำยางที่เก็บไว้แล้ว 2-3 วัน แล้วใส่สารก่อครีม จะเกิดการแยกชั้นได้เร็วกว่าน้ำยางสดที่กรี๊ดใหม่ เนื่องจากการเพิ่มระยะเวลาในการเก็บน้ำยางสดมากขึ้น ทำให้ปริมาณอออนแมกนีเซียมในน้ำยางลดลง ซึ่งอออนแมกนีเซียมในน้ำยางมีประจุบวกสามารถทำให้ปฏิกิริยากับสบู่ในน้ำยางได้สบู่คาร์บอกซิเลท (Carboxylate group) ทำให้สบู่ที่ใส่ลงไป ในน้ำยางสด เพื่อสารช่วยในการเกิดครีมมีประสิทธิภาพลดลง

2. อุณหภูมิของน้ำยางสูงขึ้น จะทำให้การแยกอนุภาคน้ำยางเป็นไปได้รวดเร็วขึ้น

3. ความเป็นกรด-ด่าง พบว่าการแยกอนุภาคน้ำยางจะเร็วที่สุดเมื่อค่า pH ของน้ำยางอยู่ในช่วง 10.8-11.8

4. การกวน หากกวนสารก่อคริมที่นานพอให้ผสมกันทั่วถึง จะทำให้การแยกชั้นเป็นไปอย่างรวดเร็วขึ้น

### 1.5.5 สมบัติของน้ำยางชั้น

1. ปริมาณของแข็งทั้งหมด (TSC, Total Solid Content) ปริมาณของแข็งทั้งหมด หมายถึง เปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่เป็นของแข็งทั้งหมด (ยางและสารอื่นๆ ที่ไม่ใช่ยางซึ่งมีอยู่ในน้ำยาง) ทดสอบโดยการอบแห้งน้ำยางที่ทราบน้ำหนักแน่นอนที่อุณหภูมิและเงื่อนไขตามกำหนดแล้วชั่งน้ำหนักฟิล์มยางแห้ง คำนวณเปอร์เซ็นต์

2. ปริมาณเนื้อยางแห้ง (DRC, Dry Rubber Content) ปริมาณเนื้อยางแห้งคือ เปอร์เซ็นต์ของเนื้อยาง (สารไฮโดรคาร์บอน พวกลีโพลิไอโซพรีน) ในน้ำยาง ทดสอบโดยทำให้น้ำยางที่ทราบน้ำหนักแน่นอนจับตัว (Coagulate) ด้วยกรดอะซิติกเจือจาง รีดแผ่นยางให้บาง อบแห้งที่อุณหภูมิกำหนด แล้วหาเปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแผ่นยางที่อบแห้งต่อน้ำหนักยาง ผลแตกต่างระหว่าง TSC กับ DRC คือ ปริมาณสารที่ไม่ใช่ยาง (Non-Rubber Solids) ซึ่งส่วนใหญ่เป็นสารพวกโปรตีนสบู่อะและเกลือแร่ต่างๆ ซึ่งจะมีผลกระทบต่อสีของยาง คือ ถ้ามีมากยางจะมีคล้ำ สารพวกนี้ส่วนใหญ่เป็นสารที่มีสมบัติชอบตูดน้ำ (Hydrphilic) ผลิตภัณฑ์ยางที่ทำจากน้ำยางที่ได้ผสมสารเคมีต่างๆ ผลของสารไม่ใช่ยางมักจะทำให้มีน้ำ โดยสารเคมีพวกชอบน้ำที่เติมระหว่างการผสมน้ำยาง

3. ความเป็นด่าง (Alkalinity) ความเป็นด่างของน้ำยาง หมายถึง เปอร์เซ็นต์น้ำหนักของด่างที่ทดสอบโดยการไตเตรตกับสารละลายกรดไฮโดรคลอริกมาตรฐาน น้ำยางส่วนใหญ่จะรักษาสภาพด้วยแอมโมเนีย ดังนั้นความเป็นด่างจึงระบุเป็นเปอร์เซ็นต์ของแอมโมเนียที่อยู่ในน้ำยาง (ถ้าน้ำยางถูกรักษาสภาพด้วยโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ KOH ความเป็นด่างระบุเป็นโมเดลของ KOH ต่อ 100 กรัมของน้ำ)

4. จำนวนกรดไขมันระเหยได้ (VFA No., Volatile Fatty Acid Number) จำนวนกรดไขมันระเหยได้ คือ จำนวนกรัมของโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ ที่ทำปฏิกิริยาพอดีกับกรดไขมันซึ่งกลั่นด้วยไอน้ำได้ และมีอยู่ในน้ำยางที่มีเนื้อสารของแข็ง 100 กรัม พบว่ากรดระเหยได้เหล่านี้ ส่วนใหญ่ที่ได้จากทดสอบ VFA เป็นกรดพวกอะซิติก ที่มาจากผลพลอยได้จากปฏิกิริยาจากแบคทีเรียในน้ำยาง ด้วยเหตุนี้ VFA No. จึงเป็นค่าที่ใช้วัดสถานการณ์รักษาสภาพน้ำยาง นั่นคือ ค่าที่ต่ำมีความหมายว่าสถานการณ์รักษาสภาพน้ำยางยิ่งดี

5. จำนวนโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH No., Potassium Hydroxide Number) จำนวนโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ คือ จำนวนกรัมของโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ที่ทำปฏิกิริยาพอดีกับอนุมูลของกรดที่เชื่อมกับแอมโมเนีย ซึ่งอยู่ในน้ำยางที่มีสารของแข็ง 100 กรัม

6. เวลาความคงตัวของแรงกล (MST, Mechanical Stability Time) วัดเป็นนาที โดยการปั่นน้ำยางด้วยความเร็วสูง แล้วจับเวลาที่น้ำยางเริ่มจับตัวเป็นเม็ดสภาวะการปั่น (ขนาดและรูปร่างของ rotor ที่ใช้ปั่น ความเร็วของการปั่น ขนาดถ้วยบรรจุน้ำยางปริมาณของแข็งในน้ำยาง และอุณหภูมิ) จะต้องกำหนดอย่างถูกต้อง หรือตามข้อกำหนดมาตรฐานของการทดสอบ

7. ปริมาณตม (Sludge Content) ปริมาณตม คือ ปริมาณของสารเจือปนวัดเป็นเปอร์เซ็นต์ของน้ำยางซึ่งสามารถจะแยกจากน้ำยาง ออกได้โดยการปั่น ตามข้อกำหนดที่ระบุ ปริมาณสารเหล่านี้มีน้อยมาก ปกติในน้ำยางชั้นจะมีปริมาณ 0.01% และผู้ใช้น้ำยางส่วนใหญ่จะไม่ทดสอบกัน ตมส่วนใหญ่เป็นสารพวกไม่ละลายน้ำ มีความหนาแน่นมากกว่าซีรัม ซึ่งมักพบว่าเป็นพวกแมกนีเซียมแอมโมเนียมฟอสเฟต

8. ปริมาณยางจับตัวเป็นก้อน (Coagulum Content) ปริมาณยางจับตัว คือ ปริมาณสารที่ตกค้างอยู่บนตัวกรองสแตนเลสที่ทดสอบ สารประกอบเหล่านี้ประกอบด้วยเศษยางจับตัวและสารอื่นๆที่ปะปนในน้ำยาง การทดสอบหาค่าปริมาณยางจับตัวเป็นก้อนนี้ มีความสำคัญต่อกระบวนการนำน้ำยางไปผลิตผลิตภัณฑ์ที่อาศัยเทคโนโลยีการผลิต ที่เข้มงวดและละเอียดมาก

9. ทองแดงและแมงกานีส ข้อกำหนดเกี่ยวกับปริมาณธาตุบางตัวในน้ำยาง โดยเฉพาะธาตุทองแดงและแมงกานีส (8 ppm ต่อน้ำหนักสารของแข็งในน้ำยาง) เนื่องจากธาตุทั้งสองชนิดเป็นตัวเร่งการเสื่อมสภาพของน้ำยาง อันเนื่องมาจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน อย่างไรก็ตามน้ำยางธรรมชาติโดยปกติจะมีธาตุทั้งสองอยู่น้อยมาก (1-2 ppm) ดังนั้นผู้ใช้น้ำยางจึงมักไม่ค่อยทดสอบธาตุทั้งสอง

10. สีของน้ำยาง มักถูกระบุในมาตรฐานของน้ำยาง ใดๆที่ไม่มีวิธีการที่ทดสอบแน่นอน ข้อกำหนดจะระบุเพียงว่า น้ำยางต้องมีสีขาว และไม่มีลักษณะเป็นสีฟ้า หรือ สีเทา

## บทที่ 2

### วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ

#### 2.1 วัสดุอุปกรณ์

##### 2.1.1 วัสดุ

1. น้ำยางสด
2. น้ำยางชั้น
3. แอมโมเนีย
4. ไดแอมโมเนียมฟอสเฟต
5. สารก่อคริม ไฮดรอกซีเอทิลเซลลูโลสและคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส
6. สบู่แอมโมเนียมลอเรท
7. กรดอะซิติก
8. กรดไฮโดรคลอริก
9. กรดซัลฟิวริก
10. ฟีนอลทาร์ริน
11. แบเรียมไฮดรอกไซด์
12. เมทธีวเรด

13. แอมโมเนียซัลเฟต
14. กำมะถัน
15. ซิงค์ออกไซด์
16. ซิงค์เมอร์เอทิลไดไฮโอคาร์บาเมท
17. โพลีเทสเซียมไฮดรอกไซด์
18. โพลีเทสเซียมโอเลเอต
19. แคลเซียมคาร์บอเนต
20. ซิงค์เมอร์แคปโทเบนซโทอะโซล
21. โซเดียมซิลิโคฟลูออไรด์
22. ไดฟีนิลกัวนิติน

### 2.1.2 อุปกรณ์

1. ตู้อบแห้ง (Hot air oven)
2. เครื่องทดสอบสมบัติการดึง (Tensile tester)
3. เครื่องชั่ง (Electronic balance)
4. เครื่องกวนสาร
5. ชุดกลั่นมาร์คฮาม
6. เครื่องวัดความหนา
7. เร็องรีตยาง
8. อ่างควบคุมอุณหภูมิ
9. เครื่องทดสอบความเสถียรเชิงกล (MST)
10. เครื่องวัดความเป็นกรด-ด่าง (pH meter)
11. เครื่องวัดความหนืดน้ำยาง (Brookfield viscometer)

## 2.2 วิธีการดำเนินการ

### 2.2.1 ศึกษาการเตรียมน้ำยางชั้นจากการครีมนิ่ง

1. นำน้ำยางสดจากสวนที่เก็บรักษาสภาพด้วยสารละลายแอมโมเนีย 1% โดยน้ำหนักน้ำยาง และลดปริมาณแมกนีเซียมออกไซด์โดยการเติมสารละลาย Diammonium Hydrogen Phosphate (DAP) ในปริมาณ 0.4 % โดยน้ำหนัก

2. นำน้ำยางสดที่ผ่านการลดแมกนีเซียม มาปรับปริมาณเนื้อยางแห้งให้ได้ 30% จากนั้นเติมสารก่อครีมน้ำยาง 1% และแอมโมเนียลอแรท 20% ตามสูตรตารางที่ 2.1 ปริมาณแปรปรมาณ 1 phr กวนเป็นเวลา 1 ชั่วโมง แล้วเก็บภายในภาชนะที่มีฝาปิด ทิ้งให้เกิดการแยกชั้นเป็นระยะเวลา 0, 1, 2, 4, 6, 8 และ 10 วัน ทดสอบสมบัติน้ำยางชั้น จากนั้นได้แปรชนิดและปริมาณก่อครีมน้ำยาง HEC และ CMC 0.1, 0.25, 0.5, 1, 2 และ 3 phr ระยะเวลา 8 วัน

3. นำน้ำยางชั้นที่ครีมที่ได้ เตรียมน้ำยางคอมพาวด์ ตามสูตร ตารางที่ 2.2 โดยบ่มน้ำยางเป็นเวลา 16 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิห้อง เปรียบเทียบระบบกาววัลคาไนซ์ (CV, Semi-EV , EV) และปริมาณสารเติมแต่ง ( $\text{CaCO}_3$ ) ชั่งน้ำยางปริมาณ 36 กรัม โดยนำน้ำยางผสมสารเคมีแต่ละสูตรไปเคลือบบนแผ่นกระจกเรียบขนาด 25 x 30 เซนติเมตร ทิ้งไว้เป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมงแล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 8 ชั่วโมง เปรียบเทียบน้ำยางชั้นจากการทำครีมและทางการค้า

4.ทดสอบสมบัติการดึง (300% modulus, Tensile strength และ Elongation at break) ตามมาตรฐาน; ASTM D412 (2000) และสมบัติด้านการบ่มเร่ง ตามมาตรฐาน (ASTM D573)

ตารางที่ 2.1 สูตรการเตรียมน้ำยางชั้นครีม

ยางและสารเคมี	น้ำหนักแห้ง(phr)
30% น้ำยางสด	100
1% HEC,CMC	0.1 0.25 0.5 1 2 4
20% แอมโมเนียมลอเรท	0.3

ตารางที่ 2.2 สูตรน้ำยางผสมสารเคมี

น้ำยางและสารเคมี	ปริมาตรที่ใช้ (phr)
60%น้ำยางชั้น	100
10%KOH	1.5
20%Potassium oleate	0.2
50% $\text{CaCO}_3$	0-30
50%ZnO	1
50%Sulphur	0.5-2
50%ZDEC	0.5-4

### 2.2.2 การทดสอบสมบัติของน้ำยางชั้น

1.การทดสอบปริมาณของแข็งทั้งหมด (Determination of Total Solids Content) การทดสอบเป็นไปตามมาตรฐาน ISO 124: 1997Latex,rubber – Determination of solid content ซึ่งมีวิธีทดสอบดังนี้ ชั่งน้ำหนักน้ำยางประมาณ  $2\pm 0.5$  กรัม ลงในจานแก้วที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 60 มิลลิเมตร และบันทึกน้ำหนักที่แน่นอน หลังจากนั้นเอียงจานแก้วหมุนซ้ำๆ เพื่อให้น้ำยางแผ่กระจายทั่วจานแก้ว นำจานแก้วไปอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส $\pm 5$  องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง นำจานแก้วออกจากตู้อบทำให้เย็นในโถดูดความชื้น ชั่งและบันทึกน้ำหนัก นำไปอบต่ออีก 15 นาทีและทำให้เย็นในโถดูดความชื้นและบันทึกน้ำหนัก โดยน้ำหนักที่บันทึกทั้งสองครั้งหลังแตกต่างไม่เกิน 0.5 มิลลิกรัม

### การคำนวณ

ปริมาณของแข็งทั้งหมด, ร้อยละ =  $(m_1/m_0) \times 100$

เมื่อ  $m_0$  = น้ำหนักตัวอย่างทดสอบก่อนอบ หน่วยเป็นกรัม

$m_1$  = น้ำหนักตัวอย่างทดสอบหลังอบ หน่วยเป็นกรัม

### 2. การทดสอบปริมาณเนื้อยางแห้ง (Determination of Dry Rubber Content)

การทดสอบเป็นไปตามมาตรฐาน ISO126 :1995 ซึ่งมีวิธีทดสอบดังนี้ เทตัวอย่างทดสอบลงในจานแก้วให้ได้น้ำหนัก 10 กรัม  $\pm$  1 กรัม บันทึกน้ำหนัก เติมน้ำจางตัวอย่างทดสอบด้วยน้ำให้ได้ปริมาณของแข็งทั้งหมดประมาณร้อยละ 20  $\pm$  ร้อยละ 1 (m/m) โดยเทน้ำด้านในขอบจาน หมุนจานช้าๆ เพื่อให้ น้ำกับตัวอย่างทดสอบเป็นเนื้อเดียวกัน เติมน้ำจางละลายกรดอะซิติกในปริมาณ 75 ลูกบาศก์เซนติเมตร  $\pm$  5 ลูกบาศก์เซนติเมตรในจานขอบจาน เอียงจานและหมุนอย่างช้าๆ ใช้แท่งแก้วจัดแผ่นยางที่จับตัวได้ ผิวหน้าของกรดเบาๆ วางจานแก้วบนอ่างไอน้ำเป็นเลข 15-30 นาทีจนได้เซรัม เมื่อได้เซรัมให้รวบรวมยางที่จับตัวทั้งหมดเข้าด้วยกันล้างด้วยน้ำจนกระทั่งแน่ใจว่าไม่มีกรดหลงเหลืออยู่แล้ว รีดแผ่นยางให้มีความหนาสม่ำเสมอไม่เกิน 2 มิลลิเมตร นำแผ่นยางไปอบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส  $\pm$  2 องศาเซลเซียส จนกระทั่งไม่มีจุดขาว ทำให้เย็นในโถดูดความชื้น ชั่งและบันทึกน้ำหนัก หลังจากนั้นนำแผ่นยางไปอบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส  $\pm$  2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที ทำให้เย็นในโถดูดความชื้น ชั่งและบันทึกน้ำหนัก โดยน้ำหนักที่บันทึกทั้งสองครั้งหลังแตกต่างกันไม่เกิน 1 มิลลิกรัม

### การคำนวณ

ปริมาณเนื้อยางแห้ง, ร้อยละ =  $(m_1/m_0) \times 100$

เมื่อ  $m_0$  = น้ำหนักตัวอย่างทดสอบ หน่วยเป็นกรัม

$m_1$  = น้ำหนักของแผ่นยางแห้ง หน่วยเป็นกรัม

3. การทดสอบจำนวนกรดไขมันระเหยได้ (VFA No., Volatile Fatty Acid Number) การทดสอบเป็นไปตามมาตรฐาน ISO 506 :1992 ซึ่งมีวิธีทดสอบดังนี้ ชั่งน้ำหนักตัวอย่างทดสอบประมาณ 50 กรัมและบันทึกน้ำหนัก กวนตัวอย่างทดสอบขณะเติมน้ำจางละลายแอมโมเนียมซัลเฟต จำนวน 50 ลูกบาศก์เซนติเมตรโดยใช้ปิเปต วางบีกเกอร์บนอ่างไอน้ำและกวนตัวอย่างทดสอบจนยางจับตัว ปิดบีกเกอร์ด้วยกระดาษฟิวส์เป็นเวลา 15 นาที รินเซรัมผ่านกระดาษกรองลงในขวดรูปชมพู่ ปิเปตเซรัมจำนวน 25 ลูกบาศก์เซนติเมตร ทำให้เป็นกรดโดยการเติมน้ำจางละลายกรดกำมะถันจำนวน 5 ลูกบาศก์เซนติเมตรผ่านไอน้ำเข้าเครื่องกลั่นเป็นเวลาไม่น้อยกว่า 15 นาที ตรวจสอบให้ไอน้ำผ่านทั้งระบบ ปิเปตเซรัมจำนวน 10 ลูกบาศก์เซนติเมตร ใส่ในชุดกลั่น ถ้ามีฟองเกิดขึ้นให้เติมน้ำจางป้องกันการเกิดฟอง 1 หยด กลั่นให้ได้ของเหลว 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร กำจัด



คาร์บอนไดออกไซด์ในของเหลวที่กลั่นได้ โดยผ่านอากาศที่ไม่มีคาร์บอนไดออกไซด์ในอัตรา 200 ลูกบาศก์เซนติเมตร/นาที – 300 ลูกบาศก์เซนติเมตร/นาที เป็นเวลา 3 นาที ไตเตรทกับสารละลายแบบเตรียมไฮดรอกไซด์ โดยใช้ฟีนอล์ฟทาลีนเป็นสารแสดงจุดยุติ หลังจากนั้นทดสอบปริมาณของแข็งทั้งหมดและปริมาณเนื้อเยื่อแห้งทั้งหมดของตัวอย่างทดสอบ

#### การคำนวณ

$$\text{จำนวนกรดไขมันระเหย} \left[ \frac{134.64 \text{ cV}}{m \text{ TSC}} \right] \times \left[ \frac{m (100 - \text{DRC})}{100 p} \right]$$

เมื่อ  $m$  = น้ำหนักน้ำยาล้างที่ทดสอบหน่วยเป็นกรัม

TSC = เปอร์เซ็นต์ของของแข็งทั้งหมดที่มีอยู่ในเนื้อเยื่อหน่วยเป็นร้อยละ

DRC = เปอร์เซ็นต์เนื้อเยื่อแห้งในน้ำยาล้างหน่วยเป็นร้อยละ

$p$  = ความหนาแน่นในเซรัมของน้ำ ยาล้าง

$c$  = ความเข้มข้นที่แน่นอนของแบเรียมไฮดรอกไซด์

$V$  = ปริมาณของสารละลายแบเรียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ในการไตเตรต

#### 4. การทดสอบความคงตัวเชิงกล (Determination of Mechanical Stability)

การทดสอบเป็นไปตามมาตรฐาน ISO 35: 1995 ซึ่งมีวิธีทดสอบดังนี้ ชั่งน้ำหนักตัวอย่างทดสอบประมาณ 100 กรัมลงในปิเกอร์ เจือจางให้มีปริมาณของแข็งทั้งหมด  $55 \pm 0.2\%$  อุณหภูมิตัวอย่างที่อุณหภูมิ 36-37 องศาเซลเซียส บนอ่างไอน้ำพร้อมกวนช้าๆ กรองด้วยตะแกรงขนาด 180 ไมครอนพร้อมชั่งน้ำหนักตัวอย่างทดสอบให้ได้  $80 \pm 5$  กรัม ตรวจสอบอุณหภูมิตัวอย่างน้ำยาล้างให้ได้ 35 องศาเซลเซียส ก่อนวางภาชนะที่มีตัวอย่างทดสอบในเครื่องทดสอบความเสถียรของน้ำยาล้างโดยปลายของก้าน สแตนเลสต้องห่างจากก้นผิวของภาชนะ 13 มิลลิเมตร เปิดสวิตซ์เครื่องกวนพร้อมจับเวลาให้เครื่องกวนทำงานด้วยความเร็ว  $14,000 \pm 200$  รอบ/นาที ตรวจสอบจุดยุติทุกๆ 15 วินาที เมื่อเริ่มเห็นการจับตัวเป็นเม็ดของน้ำยาล้างครั้งแรก ยืนยันโดยการจุ่มซ้ำ ภายใน 15 วินาที ปริมาณการจับตัวของเม็ดยางจะเพิ่มขึ้น

#### 5. ปริมาณความเป็นด่าง (Determination of Alkalinity) การทดสอบเป็นไปตาม

มาตรฐาน ISO 125 -1990 ซึ่งมีวิธีทดสอบดังนี้ นำปิเกอร์ขนาด 500 ลูกบาศก์เซนติเมตร เติมน้ำกลั่นลงไป 200 ลูกบาศก์เซนติเมตร แล้วเติมสารรักษาความเสถียรลงไป 10 ลูกบาศก์เซนติเมตร คนให้เข้ากัน นำน้ำยาล้างชั้นทดลองไปในขวดซึ่งมีฝาปิดแล้วชั่งน้ำยาล้าง จำนวน 5 – 10 กรัม โดยวิธีหาผลต่างของน้ำหนักก่อนและหลังการชั่งขวดซึ่ง ให้รับเหน้ำยาล้างที่ชั่งในปิเกอร์ที่เตรียมไว้ เพื่อป้องกันไม่ให้แอมโมเนียระเหย ให้หยดสารละลายเมทิลเรด ลงไป 6 หยด แล้วทำการไตเตรดสารละลายที่ได้ด้วยกรดไฮโดรคลอริก ความเข้มข้น 0.1 N หลังจากนั้นหาค่าปริมาณของแข็งทั้งหมด (TSC) เพื่อนำมาคำนวณค่าความเป็นด่างในน้ำยาล้างของตัวอย่างน้ำยาล้างทั้งหมด

#### การคำนวณ

$$\text{ความเป็นด่าง, ร้อยละ} = 1.7 \times N \times V / M$$

เมื่อ  $N$  = ความเข้มข้นของกรดมาตรฐาน

$V$  = ปริมาตรของกรดที่ใช้ หน่วยเป็นลูกบาศก์เซนติเมตร

$M$  = น้ำหนักของน้ำยารุ่นที่ใช้ หน่วยเป็นกรัม

### 2.2.3 ศึกษาสมบัติของยางซิลิโคนที่ใช้ทำเบ้าพิมพ์สบู่

1. เตรียมยางซิลิโคนเหลวในอัตราส่วน 50 กรัม ต่อ สารวัลคาไนซ์ 1.4, 1.8 และ 2 phr
2. นำยางซิลิโคนมาเคลือบ บนแผ่นกระจกเรียบขนาด 25 x 30 เซนติเมตรตั้งทิ้งไว้ให้แห้งแล้วดึงลอกยางซิลิโคนออกจากแผ่นกระจก
3. ทดสอบสมบัติการดึง (300% modulus, Tensile strength และ Elongation at break) ตามมาตรฐาน; ASTM D412 (2000) และสมบัติด้านการบ่มเร่ง ตามมาตรฐาน (ASTM D573)

### 2.2.4 ศึกษาการเตรียมน้ำยางผสมสารเคมีเพื่อทำเบ้าพิมพ์สบู่

1. เตรียมน้ำยางคอมปาวด์ตามสูตร ตารางที่ 2.2 เปรียบเทียบน้ำยางชั้นทางการค้าและน้ำยางชั้นจากการทำครีม โดยบ่มน้ำยางเป็นเวลา 16 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิห้อง เปรียบเทียบระบบการวัลคาไนซ์ (CV, Semi-EV , EV) และปริมาณสารเติมแต่ง ( $\text{CaCO}_3$ )
2. นำน้ำยางคอมปาวด์แต่ละสูตรมาเคลือบบนแผ่นกระจกเรียบขนาด 25 x 30 เซนติเมตร ปริมาณ 35 กรัม ทิ้งไว้เป็นเวลา 24 ชั่วโมงแล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 8 ชั่วโมง
3. ทดสอบสมบัติการดึง (300% modulus, Tensile strength และ Elongation at break) ตามมาตรฐาน; ASTM D412 (2000) และสมบัติด้านการบ่มเร่ง ตามมาตรฐาน (ASTM D573)
4. ทำเบ้าพิมพ์สบู่ที่ได้จากการหล่อแต่ละแบบมา ทดสอบการขึ้นรูปสบู่ก้อน

### 2.2.5 ศึกษาการเตรียมน้ำเบ้าพิมพ์สบู่จากยางธรรมชาติ

นำสูตรยางที่ได้จากข้อ มาทำการศึกษการหล่อเบ้าพิมพ์สบู่โดยศึกษารูปแบบการหล่อเบ้าพิมพ์สบู่ด้วยวิธีการต่างๆ

1. การหล่อเบ้าน้ำยางคอมปาวด์ด้วยเบ้าปูนพาสเตอร์ ด้วยการจุ่มน้ำยางโดยตรง โดยนำน้ำยางคอมปาวด์สูตรที่เหมาะสม จากข้อ 2.2.4 โดยศึกษาอิทธิพลของเวลาต่อความหนาและรูป ลักษณะของเบ้าพิมพ์สบู่ที่ได้
2. การหล่อเบ้าน้ำยางคอมปาวด์ด้วยเบ้าปูนพาสเตอร์ ที่เคลือบด้วยสารช่วยในการจับตัวน้ำยาง โดยแปรความเข้มข้นของสาร  $\text{CaCl}_2$  ที่ความเข้มข้น 5%, 10%, 20% และ 30%
3. การหล่อเบ้าน้ำยางคอมปาวด์โดยตรงร่วมกับยางฟองน้ำ โดยเริ่มจากการหล่อเบ้าด้วยน้ำยางผสมสารเคมีบนเบ้าปูนพาสเตอร์โดยตรงก่อน เมื่อฟิล์มยางแห้งพอหมาดๆ จึงนำยางฟองน้ำที่เตรียมไว้มาเททับลงไปบนฟิล์มเพื่อช่วยให้เบ้าพิมพ์สบู่ที่ได้สามารถรักษารูปทรงได้ดีขึ้น

## บทที่ 3

### ผลการวิจัยและวิจารณ์ผลการทดลอง

#### 3.1 การเตรียมน้ำยางชั้นจากการครีมนิ่ง

##### 3.1.1 ผลของระยะเวลาในการก่อครีมนิ่ง

นำน้ำยางสดจากสวนที่เก็บรักษาสภาพด้วยสารละลายแอมโมเนียมาปรับปริมาณเนื้อยางแห้งให้ได้ 30% เติมปริมาณสารก่อครีมนิ่งความเข้มข้น 1% กวนเป็นเวลา 1 ชั่วโมง โดยใช้สารก่อครีมนิ่ง HEC ที่ปริมาณ 1 phr ร่วมกับแอมโมเนียมลอเรท ความเข้มข้น 20% ที่ปริมาณ 0.3 phr จากนั้นทิ้งให้เกิดการแยกชั้นครีมนิ่งเป็นระยะเวลา 1, 2, 4, 6, 8 และ 10 วัน ทดสอบสมบัติ TSC DRC และ VFA โดยมีสูตรในการเตรียมน้ำยางชั้นที่ได้ ตามภาพที่ 3.1 ผลการทดลองแยกชั้นของน้ำยางชั้นที่ระยะเวลาการก่อครีมนิ่งต่างๆ แสดงดังภาพที่ 3.1 สมบัติของน้ำยางชั้นที่ได้แสงในตารางที่ 3.2 และภาพ 3.2-3.4

ตารางที่ 3.1 สูตรการเตรียมน้ำยางชั้นครีมนิ่ง

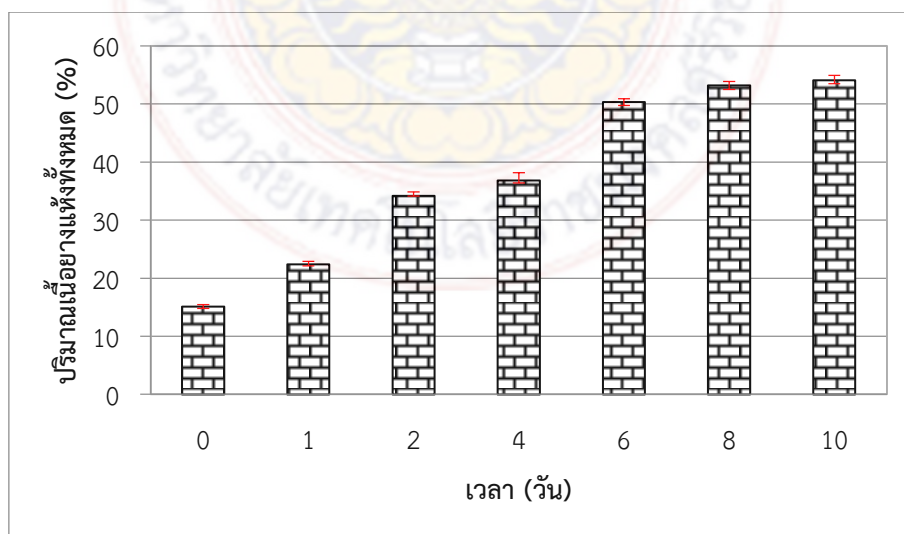
น้ำยางและสารเคมี	น้ำหนักแห้ง	น้ำหนักเปียก
30% Latex	100	333.3
1% HEC	1	100
20% Ammonium laurate	0.3	1.5
H <sub>2</sub> O	-	ปรับปริมาณเนื้อยางแห้งเท่ากับ 15%



ภาพที่ 3.1 การแยกชั้นของน้ำยางชั้นครีมจากสารก่อครีม HEC ปริมาณ 1 phr ที่ระยะเวลาการก่อครีม

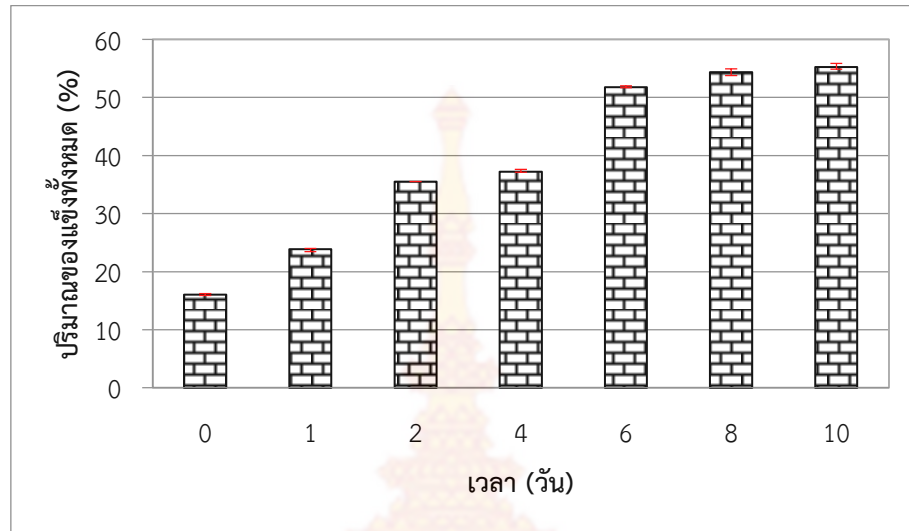
ตาราง 3.2 ผลของสมบัติน้ำยางชั้นครีมแปรระยะเวลา 1-10 วัน

เวลาการก่อครีม(วัน)	สมบัติของน้ำยางชั้น		
	DRC (%)	TSC (%)	VFA No.
0	15.12±0.34	16.04±0.17	0.02±0.002
1	22.3±0.54	23.9±0.11	0.03±0.004
2	34.1±0.65	35.5±0.02	0.025±0.004
4	36.8±1.29	37.2±0.42	0.04±0.004
6	50.3±0.55	51.8±0.22	0.04±0.004
8	53.2±0.66	54.3±0.53	0.058±0.004
10	54.1±0.82	55.2±0.65	0.07±0.004

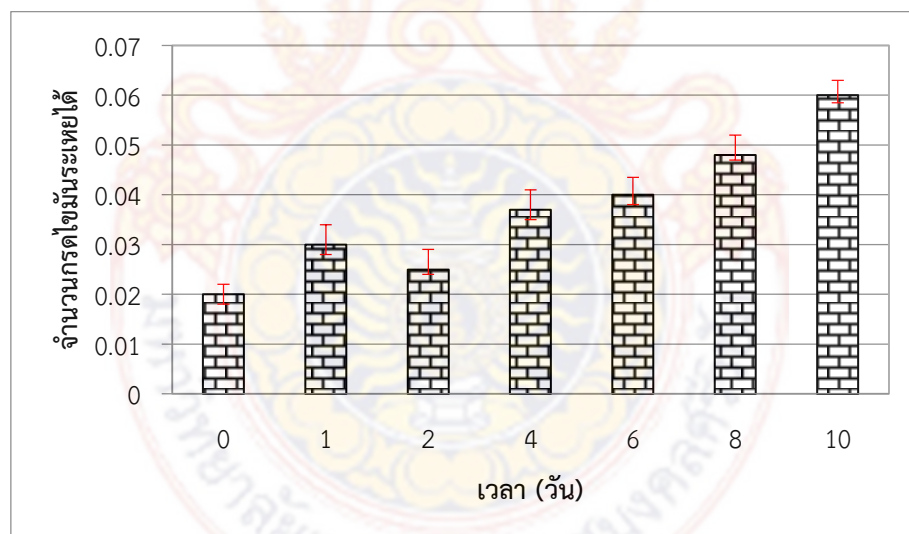


ภาพที่ 3.2 ปริมาณเนื้อมากแห้งทั้งหมดน้ำยางชั้นที่ได้จากสารก่อครีม HEC ปริมาณ 1 phr

ที่ระยะเวลาการก่อครีมี 0, 1, 2, 4, 6, 8 และ 10



ภาพที่ 3.3 ปริมาณของแข็งทั้งหมดน้ำยาล้างชั้นที่ได้จากสารก่อครีมี HEC ปริมาณ 1 phr ที่ระยะเวลาการก่อครีมี 0, 1, 2, 4, 6, 8 และ 10



ภาพที่ 3.4 จำนวนกรดไขมันระเหยได้น้ำยาล้างชั้นที่ได้จากสารก่อครีมี HEC ปริมาณ 1 phr ที่ระยะเวลาการก่อครีมี 0, 1, 2, 4, 6, 8 และ 10

จากภาพที่ 3.1 จะเห็นได้ว่าเมื่อระยะเวลาการก่อคริมเพิ่มขึ้นจะเห็นภาพการแยกชั้นของน้ำยาง และเมื่อน้ำยางชั้นที่ได้จากการแปรระยะเวลาในการก่อคริมมาทดสอบสมบัติ ปริมาณเนื้อยางแห้ง (ภาพ 3.2) และปริมาณของแข็งทั้งหมด (ภาพ 3.3) จะเห็นว่าช่วงแรก วันที่ 1, 2, 4, และ 6 วัน จะมีอัตราการเพิ่มขึ้นของปริมาณเนื้อยางแห้งและปริมาณของแข็งทั้งหมดเพิ่มขึ้นมาก

ช่วงหลัง วันที่ 6, 8 และ 10 ปริมาณเนื้อยางแห้ง และปริมาณของแข็งทั้งหมดจะมีอัตราการเพิ่มขึ้นลดลง เนื่องจากช่วงแรกสารก่อคริมจะส่งผลให้ออนุภาคน้ำยางเกิดการรวมตัวกันเป็นกลุ่มอย่างหลวมๆ ทำให้ออนุภาคน้ำยางที่รวมตัวกันมีความหนาแน่นน้อยกว่าน้ำ ส่งผลให้การแยกตัวเกิดขึ้นได้ดีและเร็วในช่วงแรก นอกจากนี้เมื่ออนุภาคน้ำยางรวมตัวกันอย่างหลวมๆ จะส่งผลให้รัศมีของอนุภาคน้ำยางมีขนาดใหญ่ขึ้นทำให้การแยกชั้นเกิดได้เร็วขึ้นตามกฎของ Stokes ช่วงหลังเมื่ออนุภาคน้ำยางที่มีขนาดใหญ่รวมตัวกันหมดและแยกชั้นแล้วส่งผลให้เหลืออนุภาคน้ำยางบางส่วนที่มีขนาดเล็กกว่า (รัศมีของอนุภาคน้ำยางน้อย) ส่งผลให้การแยกชั้นเกิดขึ้นอย่างช้าๆ ในช่วงหลังของการก่อคริม

ผลการทดลองสารก่อคริม ไฮดรอกซีเอทิลเซลลูโลส ที่ปริมาณ 1 phr โดยแปรระยะเวลาการก่อคริม 0, 1, 2, 4, 6, 8 และ 10 วัน พบว่า ปริมาณเนื้อยางแห้ง และปริมาณของแข็งทั้งหมดเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาที่ทิ้งให้เกิดชั้นคริม โดยมีปริมาณเนื้อยางแห้งทั้งหมด 15.12, 23.91, 35.52, 37.2, 51.8 และ 54.37 ตามลำดับ และมีปริมาณของแข็งทั้งหมด 16.04, 23.91, 35.52, 37.2, 51.8 และ 54.37 ตามลำดับ จากผลการทดลองพบว่า การเพิ่มขึ้นของปริมาณเนื้อยางแห้งทั้งหมด ระยะเวลา 1-6 วัน มีเปอร์เซ็นต์การเพิ่มขึ้นสูง จนกระทั่งถึง 8 และ 10 วัน เปอร์เซ็นต์การเพิ่มปริมาณเนื้อยางแห้งทั้งหมดมีอัตราการเพิ่มที่ไม่มาก ปริมาณกรดไขมันระเหยได้แสดงดังภาพที่ 3.4 พบว่า ปริมาณกรดไขมันระเหยได้มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาในการก่อคริม โดยมีค่า 1, 2, 4 และ 6 วัน มีปริมาณจำนวนกรดไขมันระเหยได้อยู่ในช่วง 0.02 – 0.04 และ 8 ถึง 10 วัน จะมีปริมาณจำนวนกรดไขมันระเหยได้เพิ่มขึ้น 0.05 และ 0.07 ตามลำดับ เนื่องจากกรดไขมันที่เหยได้ในน้ำยางจะเกิดจากแบคทีเรียที่มีอยู่ในอากาศกินสารอาหารที่มีอยู่ในน้ำยางแล้วปล่อยกรดไขมันระเหยได้ออกมาโดยกรดไขมันที่ระเหยได้เหล่านี้จะเป็นกรดไขมันอินทรีย์ที่มีโมเลกุลขนาดเล็ก จากผลการทดลองจะเห็นว่าระยะเวลาที่เหมาะสมสำหรับการเตรียมน้ำยางชั้นจากการคริมมี คือ 8 วัน ดังนั้นจะใช้เวลาในการทดลองต่อไป

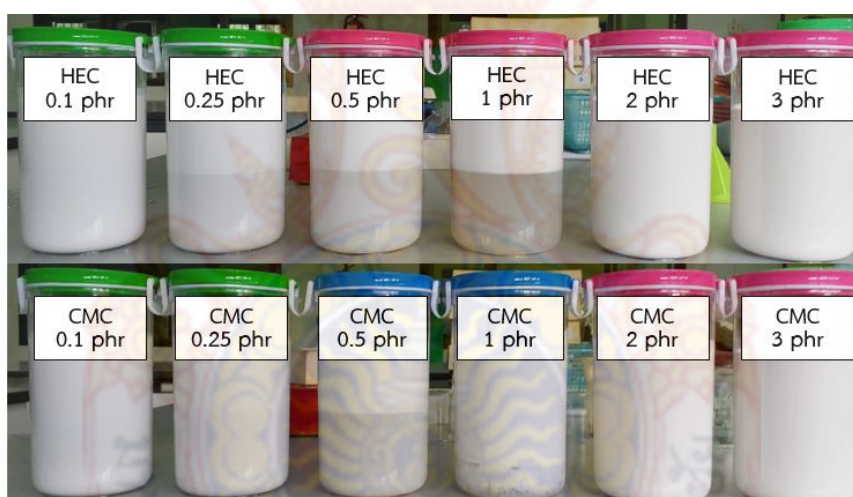
### 3.1.2 ศึกษาผลของชนิดและปริมาณสารก่อคริมเปรียบเทียบการก่อคริม ไฮดรอกซีเอทิลเซลลูโลส และคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสที่ปริมาณ 0.1, 0.25, 0.5, 1, 2 และ 3 phr

นำน้ำยางสดจากสวนที่เก็บรักษาสภาพด้วยสารละลายแอมโมเนียมาปรับปริมาณเนื้อยางแห้งให้ได้ 30 เปอร์เซ็นต์ เติมปริมาณสารก่อคริม ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ กวนเป็นเวลา 1 ชั่วโมง โดยแปรปริมาณสารก่อคริม ไฮดรอกซีเอทิลเซลลูโลส และ คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส ที่ 0.1, 0.25, 0.5, 1, 2 และ 3 phr ร่วมกับแอมโมเนียมลอเรท ความเข้มข้น 20% ที่ปริมาณ 0.3 phr แปร

ปริมาณตามสูตร ตารางที่ 3.3 จากนั้นทิ้งให้เกิดการแยกชั้นครีมเป็นระยะเวลา 8 วัน นำน้ำยางชั้นที่ได้ทดสอบสมบัติ ปริมาณเนื้อยางแห้งทั้งหมด (%DRC) ปริมาณของแข็งทั้งหมด (%TSC) ปริมาณกรดไขมันระเหยได้ (VFA No.) ปริมาณแอมโมเนีย ( $\text{NH}_3$ ) ความเสถียรเชิงกล (MST) และ ความเป็นกรด-เบส (pH) ลักษณะการแยกชั้นของน้ำยางชั้นแสดงดังภาพที่ 3.5 สมบัติของน้ำยางชั้นที่ได้แสดงดังตารางที่ 3.4 และภาพที่ 3.6-3.11

ตารางที่ 3.3 สูตรการเตรียมน้ำยางชั้นครีม

น้ำยางและสารเคมี	น้ำหนักแห้ง	น้ำหนักเปียก
30% Latex	100	333.3
1% HEC	0.1, 0.25, 0.5, 1, 2, 3	10, 25, 50, 100, 200, 300
20% Ammonium laurate	0.3	1.5
$\text{H}_2\text{O}$	-	ปรับปริมาณเนื้อยางแห้งเท่ากับ 15%



ภาพที่ 3.5 การแยกชั้นน้ำยางชั้นเปรียบเทียบสารก่อครีม HEC และ CMC แปรปริมาณสารก่อครีมที่ 0.1, 0.25, 0.5, 1, 2 และ 3 phr 8 วัน

ภาพที่ 3.5 แสดงลักษณะการแยกชั้นของน้ำยางชั้นที่ได้จากการก่อครีม ไฮดรอกซีเอทิลเซลลูโลส (HEC) และ คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส (CMC) ที่ปริมาณสารก่อครีม ปริมาณต่างๆ จากภาพจะเห็นได้ว่า ไฮดรอกซีเอทิลเซลลูโลส (HEC) จะมีประสิทธิภาพการก่อครีมของอนุภาคน้ำยางที่ดีกว่า คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส (CMC) สำหรับไฮดรอกซีเอทิลเซลลูโลส (HEC) การเพิ่มปริมาณจะส่งผลให้การแยกชั้นของน้ำยางเกิดได้ดีขึ้น ปริมาณของไฮดรอกซีเอทิลเซลลูโลส (HEC) ที่ 1 phr จะเกิดการแยกชั้นได้ดีที่สุด จากนั้นเมื่อเพิ่มปริมาณสารก่อครีมมากขึ้น จะส่งผลให้การแยกชั้นลดลง ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากการเพิ่มสารก่อครีมจะส่งผลให้อนุภาคน้ำยางรวมตัวกันได้ดีทำให้อนุภาคน้ำยางเกิดการแยกชั้นได้ดีด้วย แต่เมื่อเพิ่มปริมาณสารก่อครีมมากขึ้นจะส่งผลให้น้ำยางมีความหนืดสูงขึ้น ส่งผลให้ประสิทธิภาพการก่อครีมลดลง ทำให้อนุภาคน้ำยางไม่สามารถลอยตัวแยกออกจากส่วนที่เป็นน้ำได้ ซึ่งผลการทดลองจะสอดคล้องกับสารก่อครีมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส (CMC) แต่คาร์บอกซี

เมทิลเซลลูโลส (CMC) จะเกิดการแยกชั้นที่ดีที่สุด เมื่อใช้ปริมาณสารก่อครีมี 0.5 phr และเมื่อนำน้ำ  
ยางชั้นที่ได้ไปทดสอบสมบัติน้ำยาง ผลการทดลองแสดงตารางที่ 3.4 และ ภาพที่ 3.6-3.11

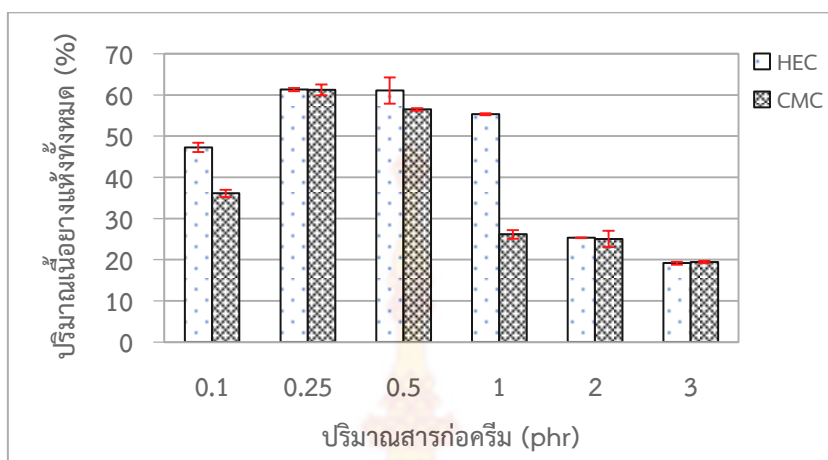




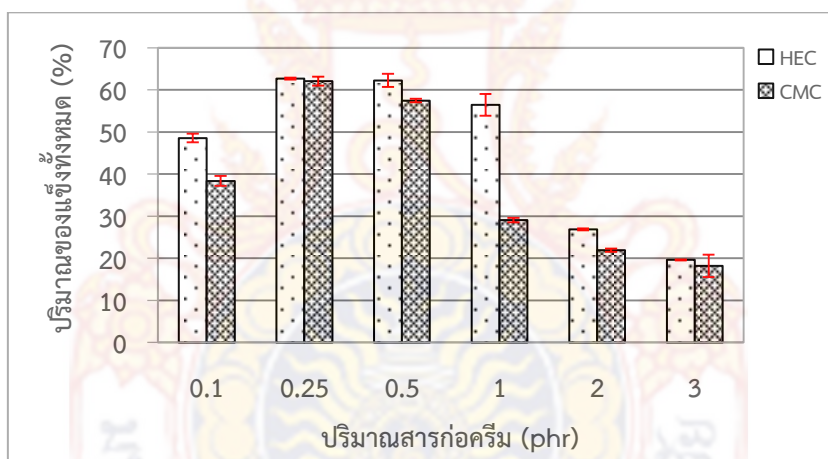
ตาราง 3.4 สมบัติน้ำยางชั้นครีมเปรียบเทียบสารก่อครีม HEC และ CMC ความเข้มข้น 1% ที่ปริมาณ 0.1, 0.25, 0.5, 1, 2 และ 3 phr

สมบัติน้ำยางชั้น	0.1 (phr)		0.25 (phr)		0.5 (phr)		1 (phr)		2 (phr)		3 (phr)	
	HEC	CMC	HEC	CMC	HEC	CMC	HEC	CMC	HEC	CMC	HEC	CMC
ปริมาณเนื้อยางแห้งทั้งหมด (%)	47.24 ±1.1	36.08 ±0.8	61.3 ±0.4	61.22 ±1.3	61.05 ±3.2	56.48 ±0.33	55.33 ±0.25	26.15 ±1.05	25.32 ±0.1	25.02 ±1.97	19.15 ±0.35	19.44 ±0.29
ปริมาณของแข็งทั้งหมด (%)	48.55 ±1.03	38.36 ±1.17	62.65 ±0.24	62.05 ±1.07	62.25 ±1.57	57.44 ±0.41	56.43 ±2.56	29.07 ±0.54	26.85 ±0.24	21.93 ±0.37	19.61 ±0.14	18.21 ±2.63
จำนวนกรดไขมันระเหยได้	0.06 ±0.005	0.08 ±0.008	0.07 ±0.007	0.21 ±0.002	0.07 ±0.007	0.07 ±0.007	0.03 ±0.003	0.48 ±0.023	0.09 ±0.009	0.42 ±0.013	0.09 ±0.009	0.49 ±0.03
ปริมาณแอมโมเนีย (%)	1.58 ±0.23	1.6 ±0.14	1.64 ±0.22	1.39 ±0.16	1.51 ±0.15	1.62 ±0.12	1.83 ±0.18	1.71 ±0.22	1.56 ±0.23	1.81 ±0.18	1.57 ±0.15	1.54 ±0.14
ความเสถียรเชิงกล(วินาที)	380 ±15	145 ±30	540 ±15	540 ±15	630 ±30	600 ±15	*	*	*	*	*	*
กรด-ด่าง	10.18 ±0.08	10.12 ±0.01	10.17 ±0.06	10.14 ±0.03	10.04 ±0.09	10.05 ±0.10	10.04 ±0.10	10.05 ±0.04	10.05 ±0.09	10.06 ±0.12	10.01 ±0.09	10.01 ±0.11

\* หมายถึง ทดสอบเกิน 1,000 วินาที



ภาพที่ 3.6 ปริมาณเนื้อยางแห้งทั้งหมดน้ำยางชั้นที่ได้จากการสารก่อคริม HEC และ CMC แปรปริมาณสารก่อคริม 0.1, 0.25, 0.5, 1, 2 และ 3 phr



ภาพที่ 3.7 ปริมาณของแข็งทั้งหมดของน้ำยางชั้นที่ได้จากการสารก่อคริม HEC และ CMC แปรปริมาณสารก่อคริม 0.1, 0.25, 0.5, 1, 2 และ 3 phr

ภาพที่ 3.6-3.7 แสดงผลของชนิดของสารก่อคริม และปริมาณของสารก่อคริมต่อ ปริมาณเนื้อยางแห้งทั้งหมด (%DRC) และปริมาณของแข็งทั้งหมด (%TSC) พบว่า ไฮดรอกซีเอทิล เซลลูโลส(HEC) จะมีประสิทธิภาพการก่อคริมที่ดีกว่าคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส (CMC) โดยการเพิ่ม ปริมาณสารก่อคริมจะส่งผลให้การแยกชั้นได้ดีขึ้น ทำให้ได้น้ำยางชั้นที่มีปริมาณเนื้อยางแห้งและ ปริมาณของแข็งทั้งหมดเพิ่มขึ้น ปริมาณสารก่อคริมเท่ากับ 0.25 phr จะให้ปริมาณเนื้อยางแห้งและ ปริมาณของแข็งทั้งหมดมากที่สุด สารก่อคริมไฮดรอกซีเอทิลเซลลูโลส(HEC) ให้น้ำยางชั้นที่มีปริมาณ เนื้อยางแห้งและปริมาณของแข็งทั้งหมดสูงที่สุดเท่ากับ 61.3 และ 62.65 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่คาร์ บอกซีเมทิลเซลลูโลส (CMC) ให้น้ำยางชั้นที่มีปริมาณเนื้อยางแห้งและปริมาณของแข็งทั้งหมดเท่ากับ 61.22 และ 62.05 จากนั้นเมื่อเพิ่มปริมาณสารก่อคริมมากกว่า 0.25 phr กลับทำให้ปริมาณเนื้อยาง

แห้งและปริมาณของแข็งทั้งหมดลดลง เนื่องจากการเพิ่มปริมาณสารก่อคริมนอกจากส่งผลให้อนุภาคน้ำยางเกิดการรวมตัวกันเป็นกลุ่มขนาดใหญ่แล้ว ยังทำให้เกิดการแยกชั้นได้ดีขึ้น และยังคงผลให้ความหนืดเพิ่มขึ้น ซึ่งจะส่งผลให้การแยกชั้นยากและช้ามาก เมื่อเพิ่มมากกว่า 2 phr การแยกชั้นเกือบจะไม่เกิดขึ้นเลย เมื่อพิจารณาจากภาพที่ 3.5 จะเห็นได้ว่าที่ปริมาณ 1 phr เกิดการแยกชั้นที่ดีที่สุด แต่จะมีปริมาณเนื้อยางแห้งและปริมาณของแข็งทั้งหมดน้อยกว่าที่ปริมาณ 0.25 phr การก่อคริมทำให้อนุภาคน้ำยางที่มีขนาดใหญ่มารวมตัวกันก่อนในขณะทีอนุภาคน้ำยางที่มีขนาดเล็กยังไม่มารวมตัวกัน เนื่องจากปริมาณสารก่อคริมน้อยกว่า และเมื่อเพิ่มปริมาณสารก่อคริม เป็น 1 phr จะทำให้อนุภาคของน้ำยางเกือบทั้งหมดมารวมตัวกัน และแยกชั้นออกทั้งหมด ส่งผลให้ที่ปริมาณสารก่อคริม 0.25 phr ได้น้ำยางชั้นที่มีปริมาณเนื้อยางแห้ง และปริมาณของแข็งทั้งหมดมากกว่าที่ปริมาณสารก่อคริม 1 phr

การแยกชั้นโดยสารก่อคริมจะทำหน้าที่รวบรวมอนุภาคยางรวมกันอย่างหลวมๆ ส่งผลให้อนุภาคยางที่มีรัศมี ( $r$ ) เพิ่มขึ้นทำให้ความเร็วในการแยกอนุภาคยางออกจากน้ำหรือเซรัมได้เร็วขึ้น ตามกฎของ Stokes ตามสมการ

$$V = \frac{2g(D_g - D_r)r^2}{9\eta}$$

โดยที่

$V$  = ความเร็วที่อนุภาคน้ำยางลอยขึ้นแยกออกจากน้ำ

$g$  = แรงโน้มถ่วงของโลก

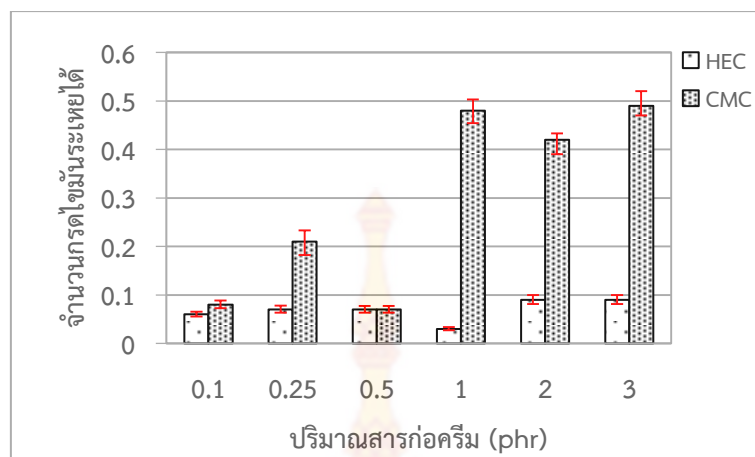
$D_g$  = ความหนาแน่นของเซรัม

$D_r$  = ความหนาแน่นของอนุภาคน้ำยาง

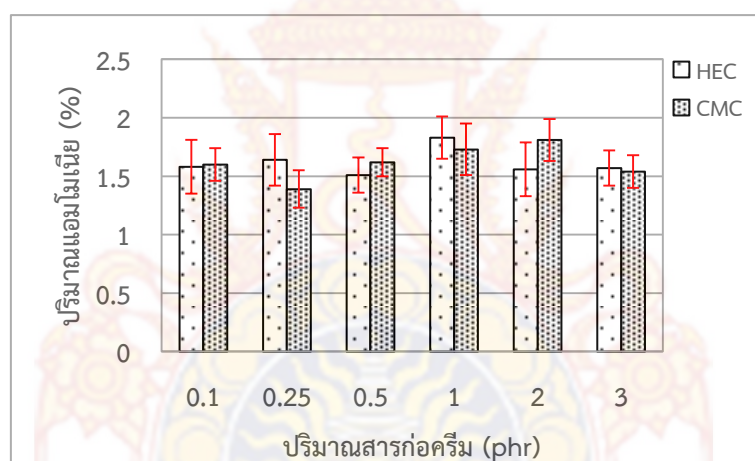
$r$  = รัศมีของอนุภาคน้ำยาง

$\eta$  = ความหนืดของเซรัม

จากสมการจะเห็นได้ว่า ความเร็วในการแยกชั้นของอนุภาคน้ำยางจะขึ้นกับตัวแปรหลัก 2 ตัว เมื่อมีการเติมสารก่อคริมลงในน้ำยางสด คือ สารก่อคริมจะทำหน้าที่รวบรวมอนุภาคน้ำยางให้รวมตัวกันอย่างหลวมๆ จะส่งผลให้ค่า  $r^2$  มีค่ามากขึ้นจะทำให้การแยกชั้นเกิดได้เร็วขึ้น ในขณะเดียวกันการเพิ่มของสารก่อคริมจะทำให้ความหนืดของน้ำยางเพิ่มขึ้น ( $\eta$ ) ซึ่งจะส่งผลให้ความเร็วในการแยกชั้น ช้าลง ดังนั้น ปริมาณการใช้สารก่อคริมจึงต้องใช้อย่างพอเหมาะไม่มากหรือน้อยเกินไป ซึ่งจากการทดลอง ปริมาณที่เหมาะสม สำหรับสารก่อคริม ไฮดรอกซีเอทิลเซลลูโลส และคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสคือ 0.25 phr

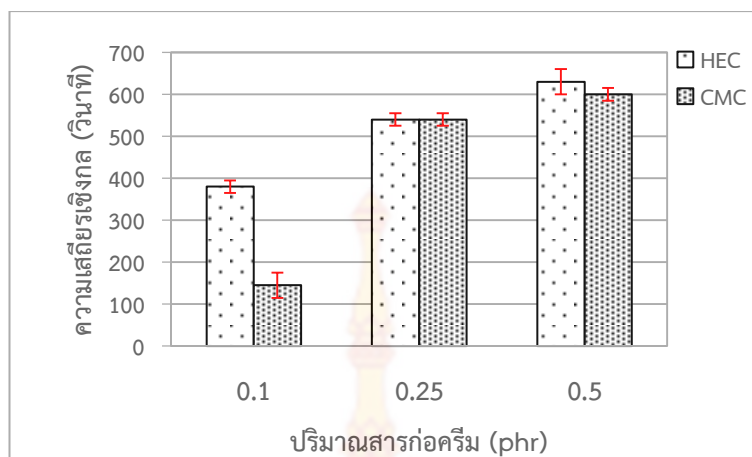


ภาพที่ 3.8 จำนวนกรดไขมันระเหยได้น้ำยารุ่นที่ได้จากการสารก่อคริม HEC และ CMC แปรปริมาณสารก่อคริม 0.1, 0.25, 0.5, 1, 2 และ 3 phr

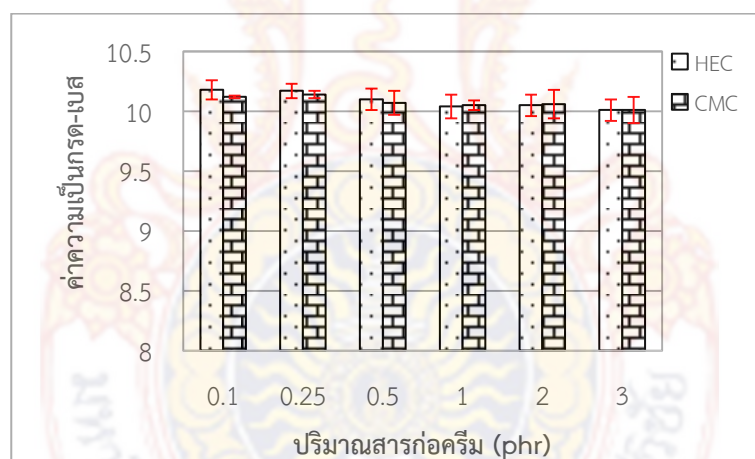


ภาพที่ 3.9 ปริมาณความเป็นต่างน้ำยารุ่นที่ได้จากการสารก่อคริม HEC และ CMC แปรปริมาณสารก่อคริม 0.1, 0.25, 0.5, 1, 2 และ 3 phr

ภาพที่ 3.8-3.9 แสดง ปริมาณกรดไขมันระเหยได้ (VFA No.) และปริมาณแอมโมเนีย (NH<sub>3</sub>) จากภาพจะเห็นว่า คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส (CMC) จะให้ค่าปริมาณกรดไขมันระเหยได้ที่มากกว่าน้ำยารุ่นที่ได้จากการก่อคริมไฮดรอกซีเอทิลเซลลูโลส (HEC) แสดงว่า คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส มีประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ได้ดีกว่าสารก่อคริมไฮดรอกซีเอทิลเซลลูโลส ทำให้จุลินทรีย์เข้าไปกินอาหารในน้ำยารุ่นที่ได้จากสารก่อคริม คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสได้ดีกว่าน้ำยารุ่นที่ได้จากสารก่อคริมไฮดรอกซีเอทิลเซลลูโลส ในขณะที่ปริมาณแอมโมเนียของน้ำยารุ่นที่ได้จากสารก่อคริม ทั้งสองชนิด ที่ปริมาณต่างๆจะมีค่าใกล้เคียงกันแสดงว่า ชนิดและปริมาณของสารก่อคริมไม่ส่งผลต่อ ปริมาณของแอมโมเนียในน้ำยารุ่น



ภาพที่ 3.10 ความเสถียรเชิงกลน้ำยางชั้นที่ได้จากการสารก่อคริม HEC และ CMC แปรปริมาณสารก่อคริม 0.1, 0.25, 0.5, 1, 2 และ 3 phr (ที่ปริมาณสารก่อคริม 1, 2 และ 3 น้ำยางชั้นที่ได้มีค่าความเสถียรเชิงกลสูงมาก มีค่า MST มากกว่า 1,000 วินาที)



ภาพที่ 3.11 ค่าความเป็นกรด-เบสน้ำยางชั้นที่ได้จากการสารก่อคริม HEC และ CMC แปรปริมาณสารก่อคริม 0.1, 0.25, 0.5, 1, 2 และ 3 phr

ความเสถียรเชิงกลของน้ำยางชั้นที่ได้จากการสารก่อคริมไฮดรอกซีเอทิลเซลลูโลส (HEC) และ คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส (CMC) ที่ปริมาณต่างๆ แสดงภาพที่ 3.10 พบว่า เมื่อปริมาณสารก่อคริมเพิ่มขึ้นจะส่งผลให้ น้ำยางชั้นมีความเสถียรเชิงกลเพิ่มขึ้น แสดงว่า ไฮดรอกซีเอทิลเซลลูโลส (HEC) และ คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส (CMC) นอกจากทำหน้าที่สารก่อคริมในการทำให้เกิดการแยกชั้นเป็นน้ำยางชั้นแล้ว ยังทำหน้าที่เพิ่มความเสถียรเชิงกลอีกด้วย พบว่าเมื่อปริมาณสารก่อคริมมากกว่า 1 phr จะส่งผลให้น้ำยางชั้นที่ได้มีความเสถียรเชิงกลที่สูงมาก มีความเสถียรเชิงกลมากกว่า

1,000 วินาที ภาพที่ 3.11 แสดงค่าความเป็นกรด-เบส ของน้ำยางชั้นที่ได้ พบว่าชนิดและปริมาณสารก่อคริมไม่มีผลต่อความเป็น กรด-เบส ของน้ำยางชั้นที่ได้ โดยน้ำยางชั้นที่ได้มีค่าความเป็น กรด-เบส อยู่ในช่วง 10.01-10.18

ผลการทดลองสารก่อคริม HEC ความเข้มข้นที่ 1 เปอร์เซ็นต์ แปรปริมาณ 0.25, 0.5, 1, 2 และ 3 phr ระยะเวลา 8 วัน พบว่าปริมาณของแข็งทั้งหมดเท่ากับ 48.55, 62.65, 62.25, 56.43, 26.85 และ 19.61เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ และมีปริมาณเนื้อยางแห้งทั้งหมดเท่ากับ 47.24, 61.3, 61.05, 55.33, 25.32 และ 19.15 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ จากภาพที่ 5 จะเห็นได้ว่า HEC ปริมาณที่ 0.1 phr เกิดการแยกชั้นได้เพียงนิดเดียว และที่ 0.25, 0.5, และ 1 phr เกิดการแยกชั้นยังเห็นได้ชัด และที่ปริมาณ ที่ 2 และ 4 ไม่เกิดการแยกชั้นเพราะความหนืดของสารก่อคริม HEC ที่มีปริมาณมากส่งผลให้อนุภาคยางที่เบากว่าน้ำไม่สามารถลอยขึ้นสู่วิห้าน้ำยางได้ ผลการทดลองสารก่อคริม CMC ความเข้มข้นที่ 1 เปอร์เซ็นต์ แปรปริมาณ 0.25, 0.5, 1, 2 และ 3 phr ระยะเวลา 8 วันพบว่ามีปริมาณของแข็งทั้งหมดเท่ากับ 38.36, 62.05, 57.44, 29.07, 21.93 และ 18.21 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ และมีปริมาณเนื้อยางแห้งทั้งหมดเท่ากับ 36.08, 61.22, 56.48, 26.15, 25.02 และ 19.44 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ จากภาพที่ 5 จะเห็นได้ว่า CMC ปริมาณที่ 0.1 phr เกิดการแยกชั้นได้เพียงนิดเดียว และที่ 0.25 0.5 เกิดการแยกชั้นยังเห็นได้ชัด และปริมาณที่ 1 phr เกิดการแยกชั้นแต่อนุภาคยางไม่สามารถลอยขึ้นไปได้ และที่ปริมาณ 2 และ 3 phr ไม่เกิดการแยกชั้น

### 3.2 ศึกษาการเตรียมน้ำยางคอมปาวด์เพื่อทำเบ้าพิมพ์สบู่

#### 3.2.1 การเตรียมยางซิลิโคน

เตรียมน้ำยางซิลิโคนเหลวในอัตราส่วน 50 กรัม ต่อ สารวัลคาไนซ์ 1.4, 1.8 และ 2 phr นำยางซิลิโคนมาเคลือบ บนแผ่นกระจกเรียบขนาด 25 x 30 เซนติเมตรตั้งทิ้งไว้ 5 ชั่วโมงแล้วดึงลอกยางซิลิโคนออกจากแผ่นกระจกนำไปทดสอบสมบัติการดึง (300% modulus, Tensile strength และ Elongation at break) ตามมาตรฐาน; ASTM D412 (2000) และสมบัติด้านการบ่มแรง ตามมาตรฐาน (ASTM D573) ลักษณะฟิล์มยางซิลิโคนที่ได้ แสดงดังภาพที่ 3.12



ภาพที่ 3.12 ลักษณะของฟิล์มยางชิลิโคนแปรปริมาณสารวัลคาไนซ์ต่างๆ (ก) สารวัลคาไนซ์ 1.4 phr (ข) สารวัลคาไนซ์ 1.8 phr และ (ค) สารวัลคาไนซ์ 2 phr

พบว่าปริมาณสารวัลคาไนซ์ มีความสัมพันธ์ กับระยะเวลาในการจับตัวของยางชิลิโคน โดยผลของการเพิ่มปริมาณสารวัลคาไนซ์ จะทำให้ระยะเวลาการจับตัวของยางชิลิโคนลดลง ดังนั้น ปริมาณการใช้สารวัลคาไนซ์จะต้องเหมาะสม ถ้าน้อยเกินไปจะส่งผลให้ระยะเวลาการจับตัวนานเกินไป และให้สมบัติต่ำ ในขณะที่ถ้าปริมาณสารวัลคาไนซ์มากเกินไป จะทำให้ระยะเวลาในการจับตัวเร็วเกินไป ไม่สามารถเตรียมชิ้นตัวอย่างได้ทัน ดังแสดงในภาพที่ 3.12

### 3.2.2 การเตรียมน้ำยางคอมปาวด์

นำน้ำยางขึ้นจากการทำคริมที่ได้จากข้อ 3.1 มาเตรียมน้ำยางผสมสารเคมีตามสูตรตารางที่ 3.5 เปรียบเทียบกับน้ำยางขึ้นทางการค้า โดยบ่มน้ำยางเป็นเวลา 16 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิห้อง เปรียบเทียบระบบการวัลคาไนซ์ (CV, Semi-EV , EV) และปริมาณสารเติมแต่ง ( $\text{CaCO}_3$ ) การเตรียมน้ำยางขึ้นทดสอบ โดยชั่งน้ำยางปริมาณ 35 กรัม ไปเคลือบบนแผ่นกระจกเรียบขนาด 25 x 30 เซนติเมตร ทิ้งไว้เป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมงแล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 12 ชั่วโมง ทดสอบสมบัติเชิงกล โดยทำการทดสอบสมบัติการดึง (300% Modulus, Tensile strength และ Elongation at break) ตามมาตรฐาน; ASTM D412 (2000) และสมบัติด้านการบ่มเร่ง ตามมาตรฐาน (ASTM D573)

### ตารางที่ 3.5 สูตรการเตรียมน้ำยางคอมปาวด์

น้ำยางและสารเคมี	phr
------------------	-----

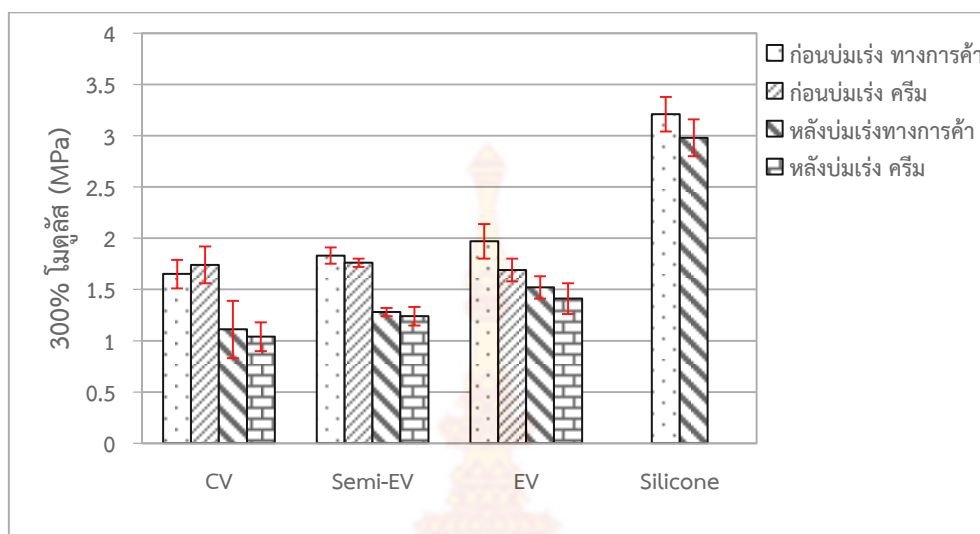
60% Concentrated latex	100
10% KOH	1.5
20% Potassium oleate	0.2
50% CaCO <sub>3</sub>	0-30
50% ZnO	1
50% Sulphur	0.5-2
50% ZDEC	0.5-4



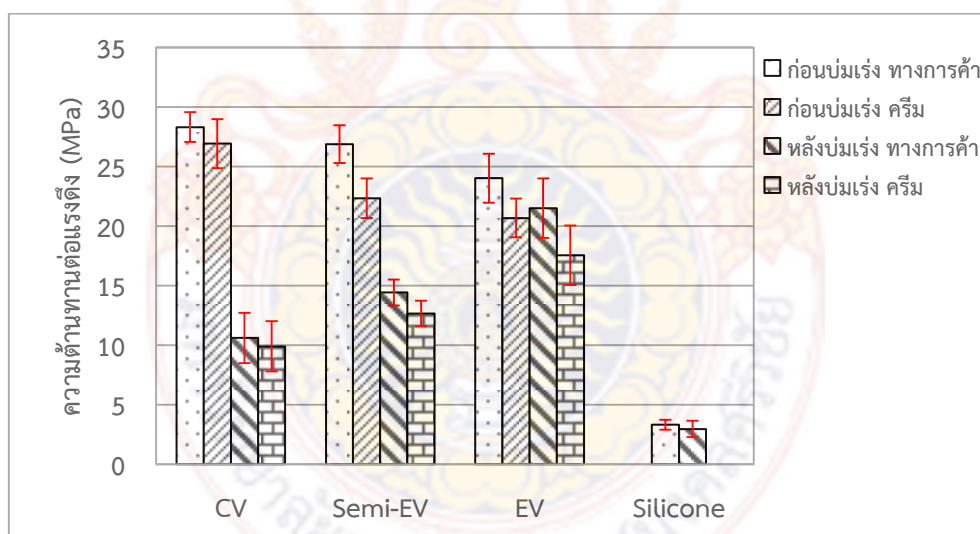


ตารางที่ 3.6 สมบัติการดึงของฟิล์มยางที่เตรียมจากน้ำยางชั้นทางการค้า และน้ำยางชั้นจากการทำครีม (ระบบวัลคาไนซ์ C.V., Semi-E.V., EV) และยางซิลิโคน ก่อนและหลังบ่มเร่ง

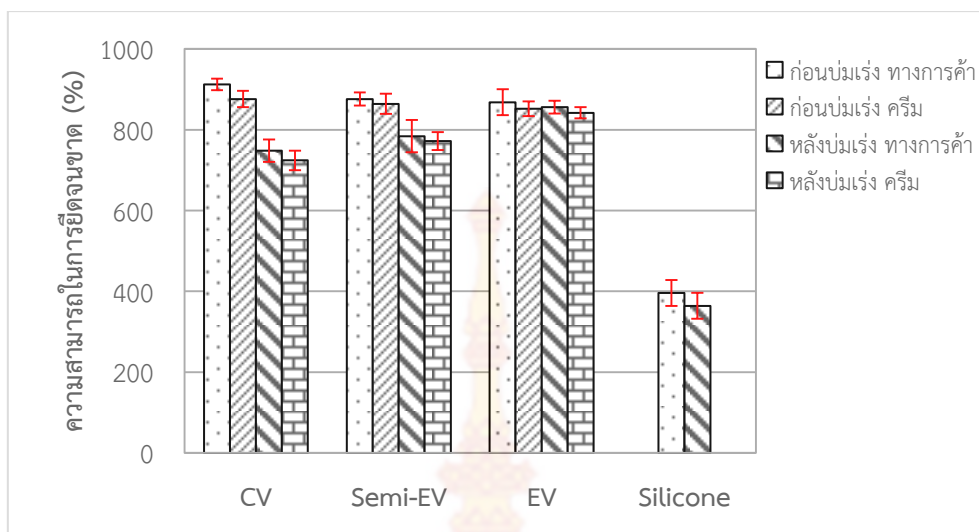
Formula	300% modulus (MPa)				Tensile Strength (MPa)				Elongation at break (%)			
	before		after		before		after		before		after	
	Trade	Cream	Trade	Cream	Trade	Cream	Trade	Cream	Trade	Cream	Trade	Cream
CV	1.65±0.14	1.74±0.28	1.44±0.18	0.43±0.14	28.32±1.26	26.93±2.06	10.60±2.5	9.90±2.10	912±14	876±20	748±28	724±24
Semi-EV	2.21±0.08	1.83±0.04	1.51±0.04	0.40±0.09	26.89±1.59	22.33±1.67	14.42±1.42	12.65±1.08	876±16	864±25	784±40	772±22
EV	1.97±0.17	1.69±0.11	1.00±0.11	0.81±0.15	24.02±2.07	20.68±1.63	21.51±2.02	17.54±2.5	868±32	852±18	856±16	842±14
Silicone	3.21±0.17		2.98±0.18		4.98±0.42		6.34±0.68		396±32		391±32	



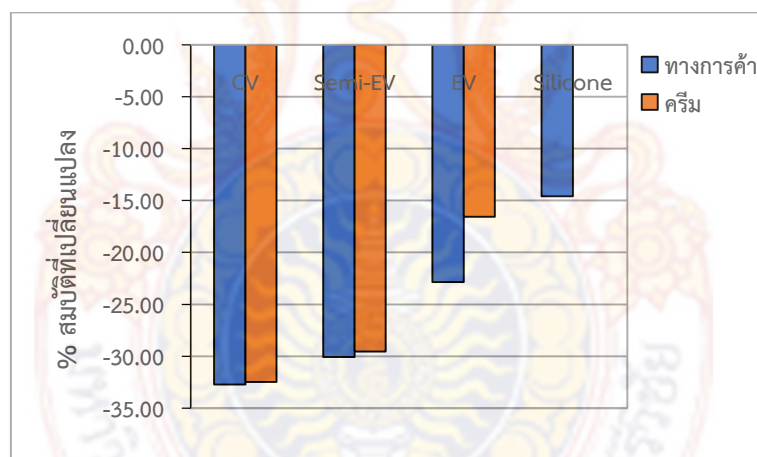
ภาพที่ 3.13 300% โมดูลัสฟิล์มยางซิลิโคน และฟิล์มยางจากน้ำยางชั้นทางการค้า และฟิล์มยางจากน้ำยางก่อครีม เปรียบเทียบระบบ C.V., Semi-E.V. และ E.V. ก่อนและหลังบ่มแรง



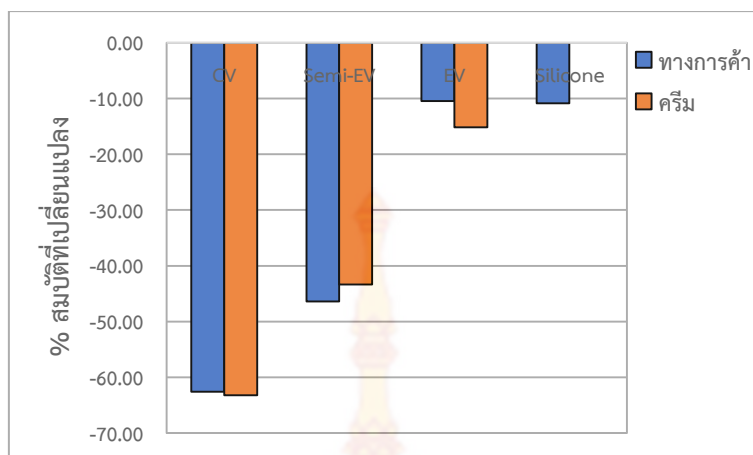
ภาพที่ 3.14 ความต้านทานต่อแรงดึงฟิล์มยางซิลิโคน และฟิล์มยางจากน้ำยางชั้นทางการค้า และฟิล์มยางจากน้ำยางก่อครีม เปรียบเทียบระบบ C.V., Semi-E.V. และ E.V. ก่อนและหลังบ่มแรง



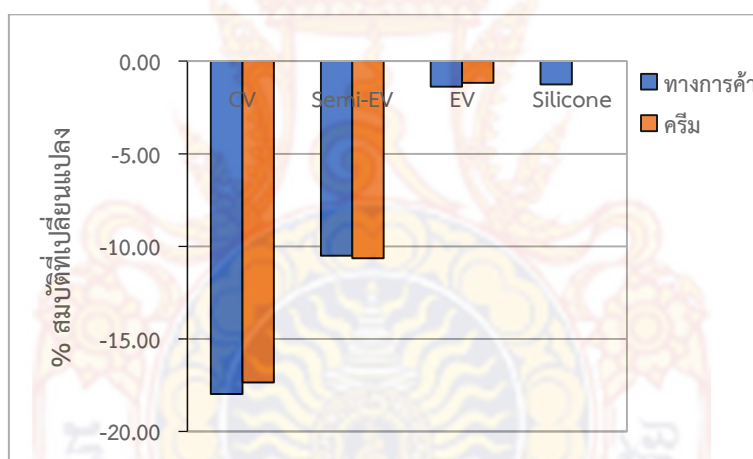
ภาพที่ 3.15 ความสามารถในการยืดสูงสุด ยางซิลิโคน และฟิล์มยางจากน้ำยางชั้นทางการค้ำ และฟิล์มยางจากน้ำยางก่อครีม เปรียบเทียบระบบ C.V., Semi-E.V. และE.V. ก่อน และหลังบ่มแรง



ภาพที่ 3.16 % ที่เปลี่ยนแปลง 300% โมดูลัส ยางซิลิโคน และฟิล์มยางจากน้ำยางชั้นทางการค้ำ และฟิล์มยางจากน้ำยางก่อครีม เปรียบเทียบระบบ C.V., Semi-E.V. และE.V. ก่อนและหลังบ่มแรง



ภาพที่ 3.17 % ที่เปลี่ยนแปลง ความต้านทานต่อแรงดึง ยางซิลิโคน และฟิล์มยาง จากน้ำยางชั้นทางการค่า และฟิล์มยางจากน้ำยางก่อกครีม เปรียบเทียบระบบ C.V., Semi-E.V. และE.V. ก่อนและหลังบ่มเร่ง



ภาพที่ 3.18 % ที่เปลี่ยนแปลง ความสามารถในการยึดจนขาด ยางซิลิโคน และฟิล์มยาง จากน้ำยางชั้นทางการค่า และฟิล์มยางจากน้ำยางก่อกครีม เปรียบเทียบระบบ C.V., Semi-E.V. และE.V. ก่อนและหลังบ่มเร่ง

ภาพที่ 3.13-3.18 แสดงสมบัติการดึงของฟิล์มยางที่ได้จากน้ำยางชั้นธรรมชาติ (ทางการค่าและการทำครีม) เปรียบเทียบกับยางซิลิโคน พบว่า 300% Modulus ของฟิล์มยาง

ธรรมชาติจะมีค่าใกล้เคียงกัน น้ำยางชั้นทางการค้า และน้ำยางชั้นที่ได้จากการทำคริม ระบบวัลคาไนซ์ทั้งสามระบบ จะให้ค่าไม่แตกต่างกันสำหรับฟิล์มยางก่อนบ่มแรง แต่หลังบ่มแรง ระบบ EV จะให้ค่าที่ดีกว่าระบบ Semi-EV และ EV ตามลำดับ และเมื่อเปรียบเทียบกับยางซิลิโคน พบว่ายางซิลิโคนจะมีค่า 300% Modulus ที่สูงกว่ายางธรรมชาติทั้งก่อนและหลังบ่มแรง

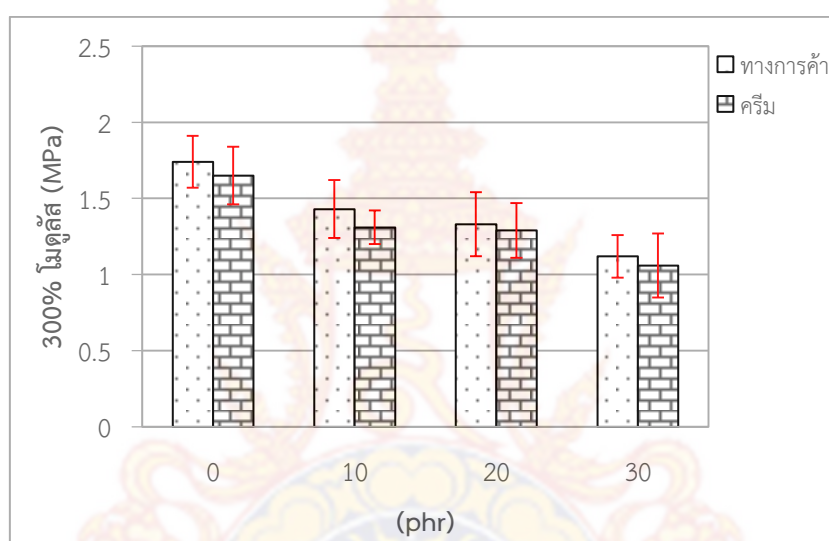
สมบัติความต้านทานต่อแรงดึง (Tensile Strength) พบว่าสมบัติก่อนบ่มแรงสำหรับฟิล์มยางธรรมชาติ ระบบวัลคาไนซ์ แบบ C.V. จะให้สมบัติความต้านทานต่อแรงดึงดีที่สุดมากกว่าระบบ Semi-E.V. และ E.V. ตามลำดับ ทั้งฟิล์มยางที่เตรียมจากน้ำยางชั้นทางการค้า และน้ำยางชั้นจากการทำคริม เนื่องจากระบบวัลคาไนซ์ C.V. จะให้พันธะการเชื่อมโยงแบบก้ำมะถันมากกว่าหนึ่งอะตอมต่อหนึ่งพันธะ (poly sulfidic crosslink) ส่งผลให้ฟิล์มยางที่ได้มีสมบัติเชิงกลที่ดี ในขณะที่ระบบวัลคาไนซ์ E.V. ซึ่งเป็นการวัลคาไนซ์ที่ใช้ก้ำมะถันน้อย และสารตัวเร่งมาก จะให้พันธะเชื่อมโยงแบบก้ำมะถันหนึ่งอะตอมต่อหนึ่งพันธะเชื่อมโยงแบบ (mono sulfidic crosslink) ส่งผลให้ระบบ E.V. มีสมบัติเชิงกลต่ำกว่าแต่พันธะที่ได้จากระบบ E.V. จะให้สมบัติด้านการทนต่อความร้อนที่ดีกว่า ดังผลที่แสดงในรูปสมบัติที่เปลี่ยนแปลงที่แสดง ในภาพที่ 3.17 ที่ระบบ EV จะมีสมบัติหลังการบ่มแรงที่เปลี่ยนแปลง น้อยกว่าระบบ Semi-EV และ EV มาก เมื่อเปรียบเทียบฟิล์มยางธรรมชาติที่ได้จากน้ำยางชั้นทางการค้ากับ น้ำยางชั้นจากการทำคริม พบว่าฟิล์มยางที่ได้จากน้ำยางชั้นทางการค้าจะมีสมบัติที่ดีกว่า น้ำยางชั้นจากการทำคริม เล็กน้อย และเมื่อเปรียบเทียบกับยางซิลิโคน พบว่าฟิล์มยางซิลิโคนจะมีสมบัติหลังการบ่มแรงที่เปลี่ยนแปลงไม่มากก็ตาม

สมบัติด้านความสามารถในการยืดสูงสุด (%Elongation at break) พบว่าสมบัติก่อนบ่มแรงฟิล์มยางที่วัลคาไนซ์แบบ C.V. จะให้ค่าที่สูงกว่าระบบ Semi-E.V. และ E.V. เล็กน้อย แต่สมบัติหลังบ่มแรง ระบบวัลคาไนซ์แบบ E.V. จะมีสมบัติที่เปลี่ยนแปลงที่ต่ำกว่าระบบ C.V. มาก ดังแสดงในภาพที่ 3.18 จากผลการทดลองที่ได้สามารถสรุปได้ว่าระบบ E.V. เป็นระบบวัลคาไนซ์ที่เหมาะสมสำหรับน้ำยางธรรมชาติสำหรับใช้ผลิตสปู๊ก่อน เนื่องจากมีสมบัติความทนทานต่อความร้อนที่ดี และในกระบวนการผลิตสปู๊ก่อนเข้าพิมพ์สปู๊ก่อนจำเป็นต้องสัมผัสความร้อนจากสปูที่หลอมเหลวที่ถูกเทลงในเข้าพิมพ์ เมื่อเปรียบเทียบกับฟิล์มยางซิลิโคน พบว่ายางซิลิโคนจะมีความสามารถในการยืดต่ำกว่ายางธรรมชาติมาก ทั้งก่อนและหลังบ่มแรง

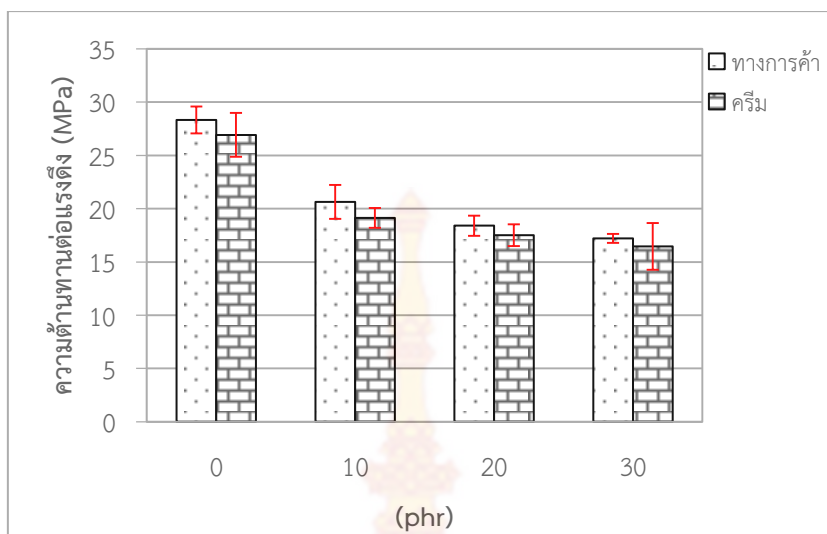
ตารางที่ 3.7 ผลการทดลองแรงดึงฟิล์มยางน้ำยางชั้นทางการค้าและน้ำยางชั้นคริมผสมสารตัวเติม  $\text{CaCO}_3$  สูตร EV ก่อนบ่มแรง

Quantity (phr)	300% Modulus (MPa)	Tensile strength (MPa)	Elongation at break (%)			
	Trade	Cream	Trade	Cream	Trade	Cream

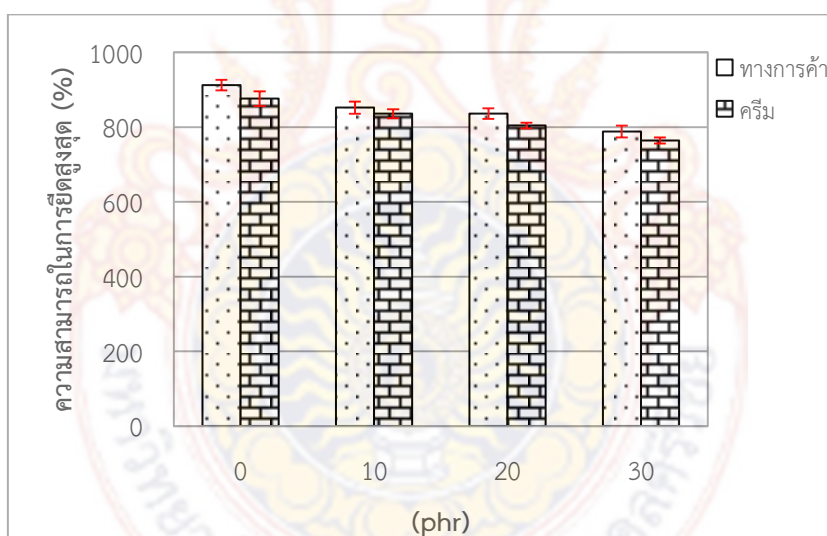
0	1.74	1.65	24.02	23.51	868	852
	±0.17	±0.19	±1.26	±2.06	±14	±20
10	1.43	1.31	20.63	19.14	852	836
	±0.19	±0.11	±1.6	±0.93	±16	±12
20	1.33	1.29	18.40	17.51	836	804
	±0.21	±0.18	±0.94	±1.02	±14	±8
30	1.12	1.06	17.20	16.45	788	764
	±0.14	±0.21	±0.42	±2.19	±16	±8



ภาพที่ 3.19 300% โมดูลัสของฟิล์มยางจากน้ำยางชั้นทางการค้า และน้ำยางชั้นก่อครีม ระบบ E.V. เปรียบเทียบการใส่แคลเซียมคาร์บอเนต 0, 10, 20, และ 30 phr



ภาพที่ 3.20 ความต้านทานต่อแรงดึงของฟิล์มยางจากน้ำยางชั้นทางกรคำ และน้ำยางชั้นก่อครีม ระบบ E.V. เปรียบเทียบการใส่แคลเซียมคาร์บอเนต 0, 10, 20, และ 30 phr



ภาพที่ 3.21 ความสามารถในการยืดสูงสุดของฟิล์มยางจากน้ำยางชั้นทางกรคำ และน้ำยางชั้นก่อครีม ระบบ E.V. เปรียบเทียบการใส่แคลเซียมคาร์บอเนต 0, 10, 20, และ 30 phr

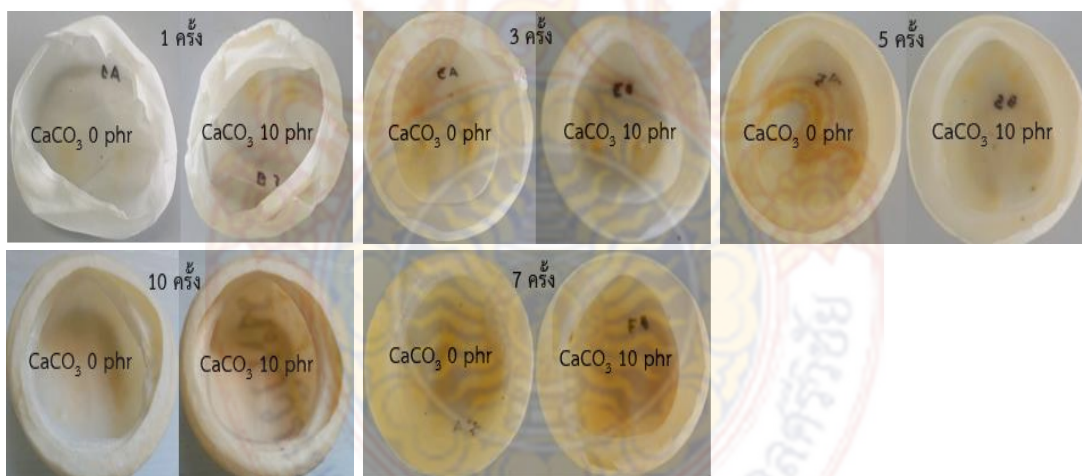
จากผลการทดลองหัวข้อระบบวัลคาไนซ์ สำหรับสูตรน้ำยางคอมพาวด์ที่ใช้ในการทำแบปิมพ์สบูพบว่า ระบบ E.V. เป็นระบบที่เหมาะสมที่สุด เนื่องจากมีสมบัติหลังปมแรงดีกว่าระบบ

Semi-E.V. และ C.V. ในขณะที่สมบัติก่อนบ่มแรงจะต่ำกว่าเล็กน้อย แต่ในการผลิตสปูก้อน มีขั้นตอนการเทสปูที่หลอมเหลวซึ่งมีอุณหภูมิที่สูง ลงในเบ้าพิมพ์สปู ดังนั้นเบ้าพิมพ์สปูที่ใช้จึงจำเป็นต้องมีสมบัติทนทานต่อความร้อนที่ดี จึงเลือกใช้ระบบวัลคาไนซ์แบบ E.V. มาทำการทดลองต่อไป ผลของปริมาณสารตัวเติม ( $\text{CaCO}_3$ ) ในน้ำยางคอมปาวด์ สมบัติการดึงของฟิล์มยาง ที่เตรียมจากน้ำยางคอมปาวด์ที่แปรปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนต ส่งผลให้สมบัติเชิงกลของฟิล์มยางลดลง ตามปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนตที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากการผสมสารตัวเติมในน้ำยางมีกลไกการผสมที่แตกต่างจากการผสมสำหรับยางแห้ง ประกอบกับแคลเซียมคาร์บอเนตเป็นสารตัวเติมที่มีขนาดอนุภาคใหญ่จึงส่งผลให้ สมบัติของฟิล์มยาง ลดลงเมื่อเพิ่มปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนต

### 3.3 ผลการเตรียมเบ้าพิมพ์สปูจากยางธรรมชาติ

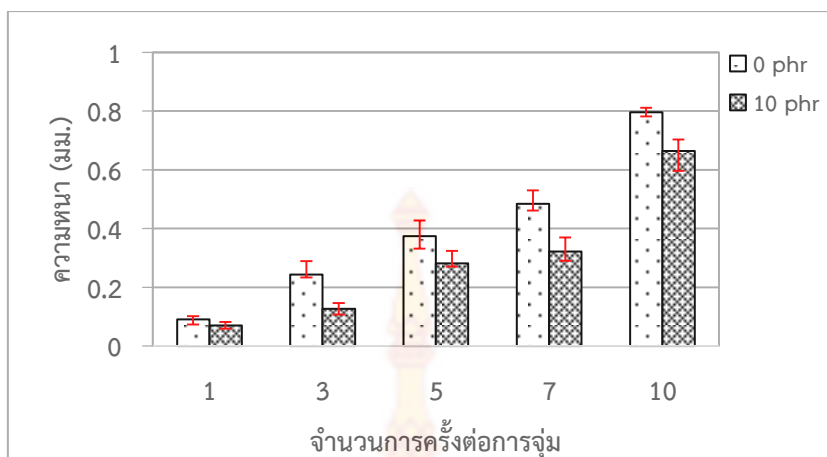
นำสูตรยางระบบ E.V. ที่ผสมสารตัวเติม  $\text{CaCO}_3$  0, 10 phr มาทำการหล่อเบ้าพิมพ์สปู โดยศึกษารูปแบบการหล่อเบ้าพิมพ์สปูด้วยวิธีการการหล่อเบ้าน้ำยางด้วยเบ้าปูนพลาสติกด้วยการจุ่มน้ำยางโดยตรง จุ่มน้ำยางโดยใช้สารช่วยจับตัว จุ่มน้ำยางร่วมกับยางฟองน้ำ

#### 3.3.1 ผลของปริมาณ $\text{CaCO}_3$ และจำนวนครั้งของการจุ่มโดยตรงต่อความหนาของฟิล์มยาง



ภาพที่ 3.22 ลักษณะเบ้าพิมพ์ยางสปูต่อจำนวนครั้งของการจุ่มโดยตรงของน้ำยางคอมปาวด์ที่ผสมแคลเซียมคาร์บอเนต 0, 10 phr

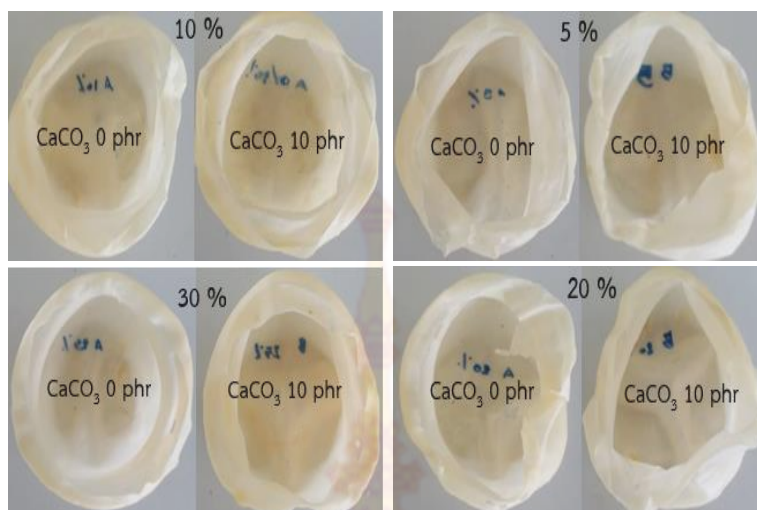




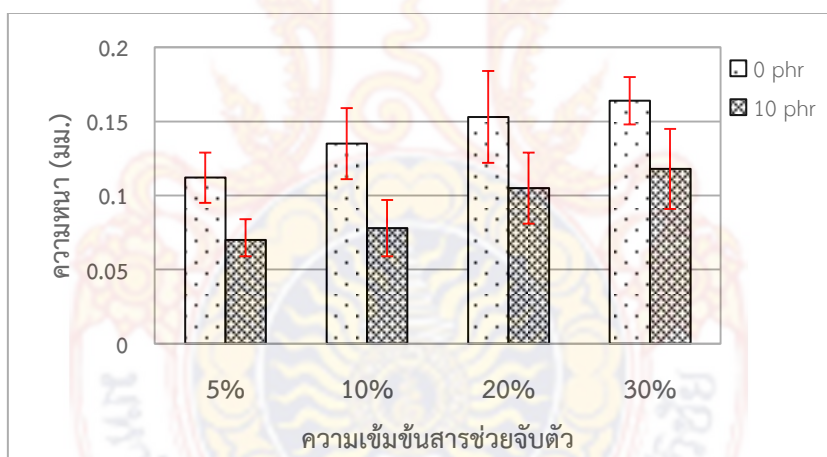
ภาพที่ 3.23 ผลของจำนวนครั้งของการจุ่มตรงต่อความหนาของฟิล์มยางของน้ำยางคอมปาวด์ที่ผสมแคลเซียมคาร์บอเนต 0, 10 phr

ภาพที่ 3.22 แสดงลักษณะแบ้าพิมพ์สบู่ที่ได้จาก น้ำยางคอมปาวด์ที่ไม่มีการเติมแคลเซียมคาร์บอเนตเปรียบเทียบกับ สูตรที่เติมแคลเซียมคาร์บอเนต ที่จำนวนครั้งของการจุ่มต่างๆ พบว่าเมื่อจำนวนครั้งการจุ่มเพิ่มขึ้น จะทำให้แบ้าพิมพ์สบู่ที่มีลักษณะแข็งแรงรักษารูปร่างได้ดีขึ้น เมื่อเปรียบเทียบระหว่าง สูตรที่มีแคลเซียมคาร์บอเนตกับสูตรที่ไม่เติมแคลเซียมคาร์บอเนต ต่อลักษณะของแบ้าพิมพ์ที่มีลักษณะใกล้เคียงกัน แต่เมื่อนำไปวัดความหนาดังแสดงผลในภาพที่ 3.23 พบว่า สูตรที่มีการเติมแคลเซียมคาร์บอเนต จะให้ความหนาที่น้อยกว่าสูตรที่ไม่มีการเติมแคลเซียมคาร์บอเนต จากที่ตั้งสมมุติฐานในตอนเริ่มในตอนเริ่มทำการทดลองว่า การเติมแคลเซียมคาร์บอเนตอาจส่งผลให้ได้ฟิล์มยางที่ได้จากการจุ่มที่หนากว่าฟิล์มยางที่ไม่ใส่สารตัวเติม แต่ผลการทดลองกลับตรงข้ามกัน สมมุติฐานที่ตั้งไว้ ที่ใช้อาจเนื่องจากความหนาของฟิล์มยางที่ได้จากการจุ่ม จะขึ้นอยู่กับปัจจัยการเสถียรภาพของน้ำยางที่ผิวของแบบพิมพ์ขณะหล่อแบบพิมพ์ และน้ำยางคอมปาวด์สูตรที่ไม่ใส่สารตัวเติม จะมีกลไกการเสถียรภาพแบบผิวของแบบพิมพ์ที่ดีกว่าสูตรน้ำยางที่มีการเติมแคลเซียมคาร์บอเนต

3.3.2 ผลของปริมาณ  $\text{CaCO}_3$  ความหนาต่อการจุ่มโดยใช้ร่วมกับสารช่วยจับตัว  $\text{CaCl}_2$  โดยแปรความเข้มข้นของสารช่วยจับตัว 5%, 10%, 20% และ 30%



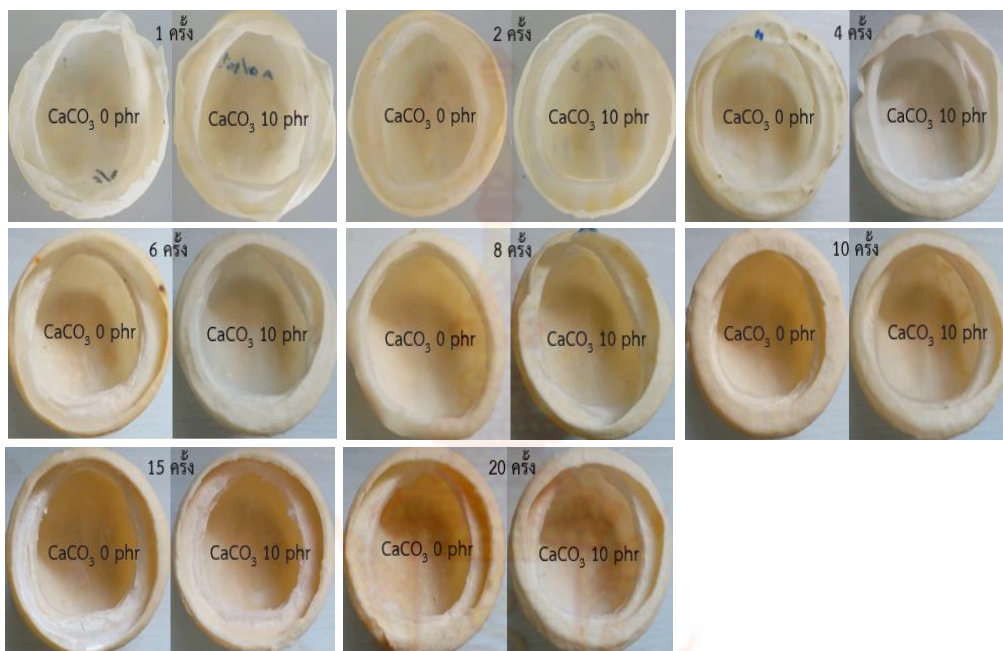
ภาพที่ 3.24 ลักษณะความหนาโดยใช้สารช่วยจับตัว  $\text{CaCl}_2$  โดยแปรความเข้มข้นของสารช่วยจับตัว 5%, 10%, 20% และ 30% ที่ผสมแคลเซียมคาร์บอเนต 0, 10 phr



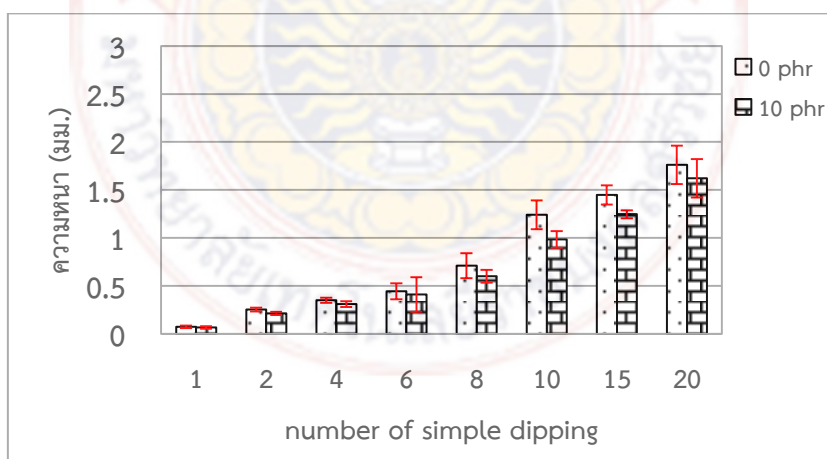
ภาพที่ 3.25 ผลของความหนาโดยใช้สารช่วยจับตัว  $\text{CaCl}_2$  โดยแปรความเข้มข้นของสารช่วยจับตัว 5% , 10% , 20% และ 30% ที่ผสมแคลเซียมคาร์บอเนต 0, 10 phr

ลักษณะเข้าพิมพ์สบู่ที่ได้จากการจุ่มร่วมกับสารช่วยจับตัว (coagulation dipping) แสดงในภาพที่ 3.24 จากภาพจะเห็นได้ว่า เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสารช่วยจับตัว จะให้เข้าพิมพ์มีลักษณะหนาและรักษารูปทรงได้ดีขึ้น เมื่อนำไปวัดความหนาได้ผลการทดลองดังภาพที่ 3.25 พบว่าความหนาของฟิล์มยาง เพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นของสารช่วยจับตัว โดยสูตรที่มีการเติม แคลเซียมคาร์บอเนต จะสอดคล้องกับ การทดลองแบบจุ่มตรงในการทดลองก่อนหน้านี้

### 3.3.3 ผลของความหนาต่อการจุ่มโดยตรงร่วมกับสารช่วยจับตัว ต่อความหนาฟิล์มยางของน้ำยางคอมปาวด์ที่ผสมแคลเซียมคาร์บอเนต 0, 10 phr



ภาพที่ 3.26 ลักษณะแบ้าพิมพ์สปู่ ความหนาต่อจำนวนครั้งของการจุ่มโดยตรงร่วมกับสารช่วยจับตัวต่อความหนาของฟิล์มยางของน้ำยางคอมปาวด์ที่ผสมแคลเซียมคาร์บอเนต 0, 10 phr



ภาพที่ 3.27 ผลของจำนวนครั้งของการจุ่มโดยตรงร่วมกับสารช่วยจับตัวต่อความหนาของฟิล์มยางของน้ำยางคอมปาวด์ที่ผสมแคลเซียมคาร์บอเนต 0, 10 phr

จากการทดลองการจุ่มตรงจำนวนหลายๆครั้ง แม้จะเพิ่มความหนาของฟิล์มยางได้ แต่จะพบปัญหาในเรื่องเวลาในการจุ่มครั้งถัดไปจำเป็นต้องรอให้ฟิล์มยางที่จุ่มครั้งก่อนแห้งหมาดๆ ก่อน ซึ่งใช้เวลานาน จึงปรับการทดลอง โดยการจุ่มครั้งแรกโดยการจุ่มโดยตรงเพื่อให้ได้รายละเอียดแบบพิมพ์ก่อน จากนั้นในการจุ่มครั้งถัดไป จะจุ่มร่วมกับสารช่วยจับตัว ซึ่งสามารถจุ่มได้ต่อเนื่องหลายๆครั้ง จนได้ความหนาที่ต้องการ โดยไม่ต้องรอให้ฟิล์มยางแห้งหมาดๆเนื่องจากการจุ่มโดยใช้สารช่วยจับตัวจะช่วยให้ฟิล์มยางเกิดการเจล อย่างสมบูรณ์ซึ่งจะช่วยลดเวลาในการจุ่มแบบพิมพ์ได้ โดยความหนาที่ได้จากการจุ่มตรงกับร่วมกับสารช่วยจับตัวแสดงในภาพที่ 3.27 พบว่าความหนาจะเพิ่มขึ้นตามจำนวนครั้งที่จุ่ม และสูตรที่ไม่มีสารตัวเติมแคลเซียมคาร์บอเนตจะให้ความหนามากกว่าสูตรที่มีการเติม แคลเซียมคาร์บอเนต ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองก่อนหน้า

### 3.3.4 การหล่อเบ้าน้ำยางคอมปาวด์การจุ่มโดยตรงร่วมกับยางฟองน้ำ

1. การจุ่มโดยตรง บ่มน้ำยางสูตร EV เป็นเวลา 16 ชั่วโมง และนำแม่พิมพ์ปูนพลาสเตอร์ทำการจุ่มโดยตรงเป็นจำนวน 3 ครั้ง เป่าลมร้อนให้แห้งหมาดๆ
2. เตรียมน้ำยางคอมปาวด์เพื่อใช้ในการตีฟอง นำสารเคมีใน Part A ได้แก่ 60% Concentrated latex-HA 10% K-oleate, 50% S 50% ZDEC, 50% ZMBT, 50% Wingstay-L มาทวนผสมด้วยความเร็ว 150 รอบ/นาที ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 16 ชั่วโมง หลังจากนั้นจึงนำน้ำยางผสมสารเคมีที่ได้มาตีเป็นฟองยางโดยการเติมสารเคมีใน Part B คือ 50% DPG, 50% ZnO, 12.5%SSF ตามลำดับ สูตรที่ใช้ในการเตรียมน้ำยางฟองน้ำแสดงในตารางที่ 3.7
3. หล่อเบ้าพิมพ์สบู่ นำแม่พิมพ์ปูนพลาสเตอร์ที่จุ่มโดยตรงใส่ใน แม่พิมพ์อลูมิเนียม และนำน้ำยางคอมปาวด์ใน Part A มาตีฟองด้วยเครื่องตีฟองยาง โดยตีให้เกิดฟองยางเป็นเวลา 3 นาที เติม 50% DPG ตีฟองต่อ 1 นาที และเติม 50% ZnO ตีฟองยางต่ออีก 1 นาที หลังจากนั้นเติม 12.5% SSF ตีฟองยางประมาณ 2 นาทีตามลำดับ เทฟองยางขณะยังเหลวลงในแม่พิมพ์ รอเวลาที่ฟองยางเจลอย่างสมบูรณ์ นำไปวัลคาไนซ์ด้วยไอน้ำที่อุณหภูมิ 100 °C และนำยางฟองน้ำที่ได้ไปล้างน้ำสะอาดเพื่อล้างสารเคมีที่ละลายน้ำได้ออก แล้วนำยางฟองน้ำไปอบด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 70 °C เป็นเวลา 16 ชั่วโมง

ตารางที่ 3.7 สูตรยางฟองน้ำธรรมชาติ

น้ำยางและสารเคมี	สัดส่วนโดยน้ำหนัก		
	น้ำหนักแห้ง	น้ำหนักเปียก	
Part A	60% Concentrated latex-HA	100	167
	10% Potassium Oleate	1.40	14
	50% Sulphur	2.5	5
	50% ZDEC	1	2
	50% ZMBT	1	2
Part B	50% Winstay-L	1	2
	50% DPG	1	2
	50% ZnO	3	6
	12.5% SSF	0.45	3.6



ภาพที่ 3.28 ลักษณะเบ้าพิมพ์สปูการจุ่มโดยตรงร่วมกับยางพองน้ำ

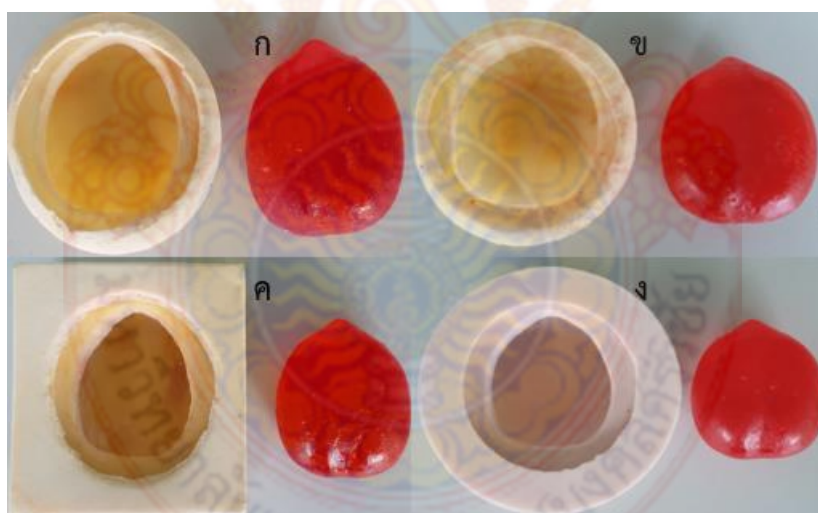
ลักษณะเบ้าพิมพ์สปูที่ได้จากการจุ่มตรงกับยางพองน้ำแสดงในภาพที่ 3.28 พบว่าเบ้าพิมพ์จะมีรายละเอียดที่ชัดเจนจากข้อดีของการจุ่มแบบจุ่มตรง โดยยางพองน้ำจะช่วยให้เบ้าพิมพ์สามารถรักษารูทรงได้ดีไม่เสียรูป เมื่อมีการทดสอบลงในเบ้าพิมพ์และ เมื่อสปูแข็งตัวดีแล้ว ยังสามารถแกะสปูออกจากเบ้าพิมพ์ได้ง่าย เมื่อเปรียบเทียบกับเบ้าพิมพ์สปูที่ทำจากยางซิลิโคน ซึ่งให้รายละเอียดที่ชัดเจนและรักษารูทรงได้ดีเหมือนกันแต่เบ้าพิมพ์ยางซิลิโคนจะมีข้อเสียตรงการแกะสปูออกจากเบ้าพิมพ์จะทำได้ยากกว่า เนื่องจากเนื้อของเบ้าพิมพ์ยางซิลิโคนเป็นยางตันและ มีความแข็งมาก ทำให้การแกะสปูออกจากเบ้าพิมพ์อาจทำให้สปูเกิดความเสียหายได้

### 3.3.5 การหล่อเบ้าพิมพ์ยางซิลิโคน

จากการทดลองหาความเหมาะสมปริมาณสารวัลคาไนซ์ที่ให้เวลาในการจับตัวของยางซิลิโคน จึงทำการผสมยางซิลิโคนเหลวกับสารวัลคาไนซ์ กวนจนเป็นสีเนื้อเดียวกันแล้วเทลงในแบบพิมพ์ ดังแสดงในภาพที่ 3.29



ภาพที่ 3.29 ลักษณะเบ้าพิมพ์ยางซิลิโคน



ภาพที่ 3.30 ลักษณะการขึ้นรูปเบ้าพิมพ์สบู่ (ก) จุ่มตรง (ข) จุ่มตรงร่วมกับสารช่วยจับตัว (ค) จุ่มตรงร่วมกับยางฟองน้ำ (ง) ยางซิลิโคน

ลักษณะเบ้าพิมพ์สบู่ที่ได้จากยางซิลิโคน จะให้รายละเอียดที่ชัดเจน จากการทดลองขึ้นรูปสบู่ก้อน ด้วยเบ้าพิมพ์ที่ได้จากการจุ่มตรง, เบ้าพิมพ์จุ่มตรงโดยใช้สารช่วยจับตัว, เบ้าพิมพ์จุ่มตรงร่วมกับยางฟองน้ำ และยางซิลิโคน พบว่าการขึ้นรูปสบู่ แบบจุ่มตรงโดยใช้สารช่วยจับตัวขึ้นรูปสบู่ง่ายที่สุด ตามด้วยจุ่มตรง และจุ่มตรงร่วมกับยางฟองน้ำ และซิลิโคนตามลำดับ และลักษณะการขึ้นรูปสบู่ แบบพิมพ์ยางซิลิโคนให้สบู่ที่ได้ออกมามีผิวเรียบที่สุด และเมื่อเปรียบเทียบกับเบ้าพิมพ์

ยางธรรมชาติ เบ้าพิมพ์จุ่มตรงร่วมกับยางฟองน้ำจะให้ผิวสบู่ที่ใกล้เคียงกับยางซิลิโคน และเบ้าพิมพ์จุ่มตรงมีผิวไม่สวยเท่ากับยางซิลิโคนและยางฟองน้ำ เนื่องจากไม่สามารถรักษารูปทรงไว้ได้ ทำให้การเทสบู่เหลวลงไป เมื่อสบู่แข็งตัวจะทำให้น้ำหนักกดทับเบ้าพิมพ์ส่งผลให้สบู่ที่ออกมาจะมีลักษณะแบน และเบ้าพิมพ์การจุ่มตรงโดยใช้สารช่วยจับตัวให้จะให้ผิวสบู่ที่ดีกว่า แบบจุ่มตรงแต่มีข้อเสียเหมือนกับเบ้าพิมพ์แบบจุ่มตรงคือ ไม่สามารถรักษารูปทรงไว้ได้

## สรุปผลการวิจัย

### 1. การเตรียมน้ำยางชั้นจากการครีมนึ่ง

พบว่าระยะเวลาการก่อครีมนึ่งที่เหมาะสมคือ 8 วัน โดยสารก่อครีมนึ่งไฮดรอกซีเอทิลเซลลูโลส (HEC) จะมีประสิทธิภาพที่ดีกว่า คาร์บอกซีเอทิลเซลลูโลส (CMC) ปริมาณสารก่อครีมนึ่งที่เหมาะสม คือ 0.25 phr โดยน้ำยางชั้นที่เตรียมได้จะมีปริมาณเนื้อยางแห้งสูงสุดคือ 61.3 เปอร์เซ็นต์ สำหรับไฮดรอกซีเอทิลเซลลูโลส และ 61.22 เปอร์เซ็นต์ สำหรับคาร์บอกซีเอทิลเซลลูโลส

### 2. การเตรียมน้ำยางคอมปาวด์เพื่อทำเบ้าพิมพ์สบู่

น้ำยางชั้นจากการครีมนึ่งจะให้สมบัติที่ดีน้อยกว่าน้ำยางชั้นทางการค้าเล็กน้อย โดยสูตรน้ำยางธรรมชาติผสมสารเคมีที่เหมาะสม สำหรับการทำเบ้าพิมพ์สบู่คือ ระบบวัลคาไนซ์ระบบ E.V. และสูตรที่ไม่ใส่สารตัวเติมแคลเซียมคาร์บอเนต จะให้สมบัติทางฟิสิกส์และการขึ้นรูปที่ดีกว่าสูตรที่ไม่มีสารตัวเติมแคลเซียมคาร์บอเนต และเมื่อเปรียบเทียบกับยางซิลิโคน เบ้าพิมพ์ยางธรรมชาติจะมีสมบัติทางฟิสิกส์ที่ดีกว่ามาก

### 3. การเตรียมน้ำเบ้าพิมพ์สบู่จากยางธรรมชาติ

สูตรที่เหมาะสมคือ สูตรที่ไม่ใส่สารตัวเติมแคลเซียมคาร์บอเนต ระบบวัลคาไนซ์แบบ E.V. โดยการขึ้นรูปโดยการจุ่มตรงร่วมกับยางฟองน้ำจะให้เบ้าพิมพ์ที่ดีที่สุด คือให้เบ้าพิมพ์ที่มีรายละเอียดชัดเจน รักษารูปทรงได้ดีและสามารถแกะสบู่ออกจากเบ้าพิมพ์ได้ง่าย ในขณะที่เบ้าพิมพ์จากการจุ่มตรงจะมีข้อดีเรื่องรายละเอียดของเบ้าที่ดี แต่ไม่สามารถรักษารูปทรงได้ สำหรับเบ้าพิมพ์จากการจุ่มตรงร่วมกับสารช่วยจับตัวจะให้รายละเอียดที่ดี รักษารูปทรงได้ดี แต่ไม่ดีเท่าแบบจุ่มตรงร่วมกับยางฟองน้ำและเบ้าพิมพ์ยางซิลิโคน จะทำให้รายละเอียดที่ดี รักษารูปทรงได้ดีมาก แต่การแกะสบู่ออกจากเบ้าพิมพ์อาจทำให้สบู่ก้อนแตกหักได้และมีราคาแพงมาก

## เอกสารอ้างอิง

- กุ่มท สังก์สิงห์ และธเนศ ถาวรพานิชย์โรจน์. 2545. อิทธิพลของสภาพแวดล้อม ลักษณะการ แสดงออกของยาง และการจัดการต่อสถานภาพของน้ำในต้นยางและการให้ผลผลิตของยาง พันธุ์ RRIM600. รายงานโครงการสรีรวิทยาการผลิตยางพารา. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- นัจมียะห์ ยูแม. 2552. “อิทธิพลของสารก่อครีมนิดไฮดรอกซีเอทิลเซลลูโลสต่อการเตรียมน้ำยางชั้น ชนิดครีมด้วยกระบวนการทำให้เกิดครีม”. วิทยานิพนธ์วิทยาศาตรมหาบัณฑิต สาขา เทคโนโลยีพอลิเมอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.ปัตตานี
- รศิตาและอวีรุทธ์. 2548. ได้ศึกษาการเตรียมน้ำยางชั้นจากการครีมมิ่งโดยศึกษาผลของชนิดและ ปริมาณสารก่อครีมโดยใช้สารก่อครีม 3 ชนิดคือคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส โซเดียมอัลจิเนต และ พอลิไวนิลแอลกอฮอล์พบว่าการใช้คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสเข้มข้น 3% โดยน้ำหนัก เนื้อยางแห้งให้ การแยกชั้นของน้ำยางครีมกับเซรัมดีที่สุด
- เผติมชัย. 2549. ได้ศึกษาการใช้ไฮดรอกซีเอทิลเซลลูโลสเป็นสารก่อครีมในน้ำยางสดพบว่า การใช้ที่ ปริมาณ 0.4% โดยน้ำหนักเนื้อยางแห้งมีประสิทธิภาพในการเป็นสารก่อครีมดีที่ สุด นอกจากนี้ ยังพบว่าการใช้สบู่แอมโมเนียมลอเรตปริมาณ 0.5% โดยน้ำหนักเนื้อยางแห้ง ร่วมด้วยจะช่วยให้การเกิด ครีมมีประสิทธิภาพดีขึ้น
- Blackley, D.C. 1997. Polymer Latices Science Technology, Voluum 2: Type of Latices, 2<sup>nd</sup> Ed., London: Chapman & Hall Publ.
- Cockbain, E.G. and Philpott, M.W. 1963. Colliodial Properties of Latex. The Chemistry and Physics of Rubber-Like Substances. Bateman.L.ed. London : Maclaren and Sons, 73.
- ISO 976-1986 : Rubber lattices- Determination of Ph.
- ISO 124:1997 Latex, rubber-Determination of total solids content
- ISO 126:1995 Latex, rubber, natural concentrate-Determination of dry rubber content
- ISO 506:1992 Rubber latex, natural, concentrate -- Determination of volatile fatty acid number



ISO 35:1995 Latex rubber, natural, concentrate -- Determination of mechanical stability

ISO Standard 125-1990 : Natural rubber latex concentrate-Determination of alkalinity

