

**สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง**

**การนำกลับสารครีมที่ใช้ในการครีมหางน้ำยาง**

**Recovery of a creaming agent using for creaming skim latex**



เลขหมู่.....  
เลขทะเบียน.....**83217**  
วัน,เดือน,ปี - 6 ส.ค. 2551

b. 1196229x  
i.....

**ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต  
สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ปีการศึกษา 2550**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# Recovery of a creaming agent using for creaming skim latex



Mr.Natkawin

Jiamchoatpatanakul

Mr.Supat

Charoenapiwan

**A REPORT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENTS  
FOR DEGREE OF BACHELOR IN CHEMICAL ENGINEERING  
FACULTY OF ENGINEERING  
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG**

**2007**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้


ปริญญาบัตรเรื่อง การนำกลับสารเคมีที่ใช้ในการครีมหางน้ำยาง  
จัดทำโดย นายณัฐกวิน เจียมโชติพัฒนกุล เลขประจำตัว 47010218  
นายสุพัฒน์ เจริญอภิวันท์ เลขประจำตัว 47010874  
ปริญญา วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต  
สาขา วิศวกรรมเคมี  
พ.ศ. 2550  
อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร.ดวงกมล ณ ระนอง

ปริญญาบัตรนี้ได้รับการพิจารณาอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร  
วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเคมี

คณะกรรมการตรวจสอบปริญญาบัตร

  
.....ประธานกรรมการ  
(ผศ.ดร.ดวงกมล ณ ระนอง)

  
.....กรรมการ  
(ดร.สันติ วัฒนานุสรณ์)

  
.....กรรมการ  
(อ.บุญชัย โชติวิริยวานิชย์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาานิพนธ์เรื่อง การนำกลับสารครีมที่ใช้ในการครีมหางน้ำยาง  
จัดทำโดย นายณัฐกวิน เจียมโชคพัฒนกุล เลขประจำตัว 47010218  
นายสุพัฒน์ เจริญอุภิวพันธ์ เลขประจำตัว 47010874  
อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร.ดวงกมล ณ ระนอง  
ปริญญาานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเคมี  
ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

### บทคัดย่อ

ปัจจุบันในอุตสาหกรรมของพาราเมียมใช้เครื่องเหวี่ยงแยกหนีศูนย์กลาง (centrifuge) ในการทำให้น้ำยางสดเข้มข้นขึ้น เนื่องจากการเหวี่ยงแยกจะทำให้ได้หางน้ำยางออกมาเป็นปริมาณมาก และในหางน้ำยางยังมีเนื้อยางเหลืออยู่ (ร้อยละ 5 โดยน้ำหนักยางแห้ง) จึงได้มีการพัฒนาเทคโนโลยีการครีมเพื่อเป็นทางเลือกใหม่ในการรวบรวมอนุภาคยางในหางน้ำยางให้มีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น โดยใช้สารครีมที่มีคุณสมบัติไวต่อความร้อน เพื่อให้เทคโนโลยีใหม่นี้มีความคุ้มค่าในการลงทุนจึงต้องพัฒนากระบวนการนำกลับสารครีม

งานวิจัยนี้ทำการศึกษากระบวนการนำกลับสารครีมที่มีคุณสมบัติไวต่อความร้อนในระบบแบบกะ จากผลการวัดจุดขุ่น (cloud point) ของสารละลาย 2 ระบบ (สารครีมในน้ำ และสารครีมในน้ำที่มีแอมโมเนียปริมาณน้อย) พบว่าแอมโมเนียมีผลทำให้อุณหภูมิสารละลายวิกฤตต่ำสุด (LCST) ของสารละลายสารครีมเพิ่มขึ้น แต่ LCST ของระบบสารครีมในน้ำซีรัมมีค่าต่ำกว่าทั้ง 2 ระบบข้างต้น ซึ่งให้เห็นว่าสารปนเปื้อนที่มีอยู่ในน้ำซีรัมส่งผลในทางบวกต่อประสิทธิภาพของการนำกลับสารครีม การทดลองในระบบแบบกะของสารละลายทั้ง 3 ระบบเพื่อศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิ, เวลาในการให้ความร้อน และผลของแอมโมเนียที่มีต่อประสิทธิภาพการนำกลับสารครีม พบว่าเมื่อใช้เวลาในการให้ความร้อนนานขึ้นจะทำให้สามารถนำกลับสารครีมได้เพิ่มขึ้น นอกจากนี้ยังพบว่าปริมาณการนำกลับจะคงที่เมื่อให้ความร้อน 20 นาทีขึ้นไป สำหรับทุกกรณี การเพิ่มอุณหภูมิจะทำให้สารครีมจับตัวแน่นขึ้นและมีปริมาณน้ำในสารครีมที่นำกลับได้ลดลง ผลของแอมโมเนียในสารละลายจะทำให้ปริมาณสารครีมที่นำกลับได้ลดลง สารครีมที่นำกลับจากระบบสารครีมในน้ำซีรัมจะมีสารปนเปื้อนที่อยู่ในน้ำซีรัมเจือปนอยู่ จากการทดลองพบว่าปริมาณสารครีมที่นำกลับได้มีค่าสูงสุดเป็นร้อยละ 160 โดยน้ำหนัก ที่อุณหภูมิ 95°C และใช้เวลาในการให้ความร้อน 20 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Report Title Recovery of a creaming agent using for creaming skim latex  
By Mr.Natkawin Jiamchoatpatanakul Student ID. 47010218  
Mr.Supat Charoenapiwan Student ID. 47010874  
Advisor Asst.Prof.Dr.Duangkamol Na Ranong  
Report for Bachelor Degree of Engineering (Chemical Engineering)  
Department of Chemical Engineering  
Faculty of Engineering  
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

## ABSTRACT

In a conventional industrial process, a centrifuge has been used for producing condensed natural latex. Large amount of skim latex containing rubber (5% DRC) is obtained as a by-product from the process. In order to recover these suspended rubber particles from the skim latex more efficiently creaming the skim latex with a thermo sensitive creaming agent was developed as an alternative technology. To make this new technology to be more economical we need to develop the process for recovering this creaming agent.

In this study, the recovery of this thermo sensitive creaming agent has been investigated using a batch experimental setup. The results from measurement of a cloud point of two model solutions (creaming agent/water and creaming agent/water with small amount of ammonia) showed that existing of ammonia increased the LCST of the creaming agent solution. However, the LCST of a serum solution was lower than those of the model solutions. This result indicates that existing of impurities in the serum solution gave positive effect on the recovery efficiency. Batch experiments for the recovery of the creaming agent from the two model solutions and a serum solution were conducted to show the effect of temperature, heating time and existing of ammonia on the recovery efficiency. In all the cases, the amount of the recovered creaming agent increased with the heating time and became constant after 20 minutes. The creaming agent packed more densely with lower water content when the recovery temperature increased. Existing of ammonia in the solution reduced the amount of the recovered creaming agent. The creaming agent was recovered from the serum solution with some amounts of the impurities in the serum solution. The creaming agent was recovered with the maximum value of 160% at the temperature of 95 °C and the heating time of 20 minutes.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังทุกท่านที่ให้ความรู้ คำแนะนำ และความช่วยเหลือในการดำเนินโครงการวิจัยนี้ให้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.ดวงกมล ณ ระนอง อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาโทที่ช่วยแนะนำและการแก้ไข พร้อมทั้งให้ความช่วยเหลือตลอดการดำเนินโครงการวิจัยนี้ ทำให้การจัดทำปริญญาโทเล่มนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี คณะผู้ศึกษารัฐศึกษาซึ่งเป็นอย่างยิ่ง

ขอขอบพระคุณ ดร.สุรพิชญ ลอยกุลนันท์ นักวิจัยศูนย์เทคโนโลยีและวัสดุแห่งชาติ ที่สนับสนุนข้อมูลและความช่วยเหลือตลอดการดำเนินงานโครงการวิจัยนี้

ขอขอบพระคุณ ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ (MTEC) ที่ให้เงินทุนสนับสนุนโครงการวิจัยนี้

ขอขอบคุณ คุณรัตนากรณ์ ยวงสวัสดิ์ และคุณชัชวาลย์ สายแสงธรรม ที่ให้คำแนะนำและความช่วยเหลือในการดำเนินโครงการวิจัยนี้

ขอขอบคุณ คุณพิสันต์ ผลโพธิ์ เจ้าหน้าที่ประจำห้องปฏิบัติการ ที่ให้ความช่วยเหลือในการดำเนินโครงการวิจัยนี้ รวมถึงความช่วยเหลือจากเพื่อนๆ ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ท้ายสุดนี้ ประโยชน์และความรู้จากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะพึงมีเพียงใดขอบมอบแต่พระคุณของบิดา มารดา ครอบครัว ผู้มีพระคุณ และคณาจารย์ทุกท่าน หากมีข้อผิดพลาดประการใด คณะผู้ศึกษาขออนอภัยและขออภัยมา ณ ที่นี้ด้วย

นายณัฐกรวิน เจียมโชติพัฒนกุล

นายสุพัฒน์ เจริญอุภิวินท์

# สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VI
สารบัญรูป.....	VII
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์การศึกษา.....	2
1.3 ขอบเขตงานวิจัย.....	2
1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน.....	2
1.5 ประโยชน์ที่ได้.....	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	3
2.1 ทฤษฎี.....	3
2.1.1 พฤติกรรมการแยกวิฤภาคของสารละลายพอลิเมอร์.....	3
2.1.2 ขางธรรมชาติ.....	7
2.1.3 กรรมวิธีการผลิตขางจากน้ำขางธรรมชาติ.....	10
2.2 ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	14
บทที่ 3 การทดลอง.....	16
3.1 การหาอุณหภูมิสารละลายวิกฤติต่ำสุดของสารคริมใน 3 ระบบ.....	16
3.2 การนำกลับสารคริมในระบบสารคริมในน้ำ กับระบบสารคริมในน้ำที่มีแอม โมเนีย..	17
3.3 การนำกลับสารคริมในระบบสารคริมในน้ำซีรัม.....	18

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา แล IV อังอ่างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 ผลการทดลองและการวิเคราะห์ผลการทดลอง.....	20
4.1 อุณหภูมิสารละลายวิกฤติต่ำสุดของสารครีมใน 3 ระบบ.....	20
4.1.1 อุณหภูมิสารละลายวิกฤติต่ำสุดของสารละลายสารครีมในน้ำ.....	20
4.1.2 อุณหภูมิสารละลายวิกฤติต่ำสุดของสารละลายสารครีมในน้ำ ที่มีแอมโมเนีย.....	21
4.1.3 อุณหภูมิสารละลายวิกฤติต่ำสุดของสารละลายสารครีมในน้ำซีรัม.....	22
4.2 การนำกลับสารครีม	
4.2.1 การนำกลับสารครีมในสารละลายสารครีมในน้ำ.....	23
4.2.2 การนำกลับสารครีมในสารละลายสารครีมในน้ำ ที่มีแอมโมเนีย.....	24
4.2.3 การนำกลับสารครีมในสารละลายสารครีมในน้ำซีรัม.....	25
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ.....	27
5.1 สรุปผลการวิจัย.....	27
5.2 ข้อเสนอแนะ.....	27
เอกสารอ้างอิง.....	28
ภาคผนวก ก ข้อมูลดิบ.....	30
ภาคผนวก ข การหาปริมาณยางแห้ง.....	34
ภาคผนวก ค ตัวอย่างการคำนวณ.....	35
ภาคผนวก ง เครื่องมือและอุปกรณ์.....	36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 การแยกตัวขององค์ประกอบของน้ำยาง เมื่อถูกเหรียญแยกหนีศูนย์กลาง.....	11
ตารางที่ 2.2 เปรียบเทียบสมบัติของน้ำยางชั้นที่ได้จาก 3 วิธีหลัก.....	12
ตารางที่ ก.1 อุณหภูมิสารละลายวิกฤติต่ำสุดของสารละลายสารคริมในระบบต่าง ๆ.....	30
ตารางที่ ก.2 ปริมาณสารคริมที่ได้จากการนำกลับ ในระบบสารละลายสารคริม/น้ำ ที่อุณหภูมิต่าง ๆ.....	31
ตารางที่ ก.3 ปริมาณสารคริมที่ได้จากการนำกลับ ในระบบสารละลายสารคริม/น้ำ ที่มีสารละลายแอม โมเนียร้อยละ 0.7 โดยน้ำหนัก ที่อุณหภูมิต่างๆ.....	31
ตารางที่ ก.4 ปริมาณสารคริมที่ได้จากการนำกลับ ในระบบสารละลายสารคริม/น้ำซีรัม ที่อุณหภูมิ 85 °C.....	32
ตารางที่ ก.5 ปริมาณสารคริมที่ได้จากการนำกลับ ในระบบสารละลายสารคริม/น้ำซีรัม ที่อุณหภูมิ 90 °C.....	32
ตารางที่ ก.6 ปริมาณสารคริมที่ได้จากการนำกลับ ในระบบสารละลายสารคริม/น้ำซีรัม ที่อุณหภูมิ 95 °C.....	32
ตารางที่ ง.1 การกระจายอุณหภูมิในอ่างควบคุมอุณหภูมิ.....	36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 2.1 สมดุลวิภาคของระบบที่มีอุณหภูมิสารละลายวิกฤตแบบต่างๆ.....	4
รูปที่ 2.2 ผลของจำนวนส่วนของสายโซ่ (chain segments, x) ที่มีต่อแผนภูมิวิภาค.....	5
รูปที่ 2.3 ผลของความดันที่มีต่อแผนภูมิวิภาค.....	6
รูปที่ 2.4 สูตรโครงสร้างและรูปร่างโมเลกุลของยางธรรมชาติ.....	7
รูปที่ 2.5 ลักษณะอนุภาคยาง.....	8
รูปที่ 2.6 กรรมวิธีการผลิตน้ำยางขึ้นจากน้ำยางพารา.....	10
รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการทดลองการนำกลับสารครีมในระบบสารละลายสารครีมในน้ำซีรัม.....	19
รูปที่ 4.1 อิทธิพลของความเข้มข้นของสารละลายสารครีม ที่มีต่ออุณหภูมิ สารละลายวิกฤตต่ำสุด.....	20
รูปที่ 4.2 อิทธิพลของแอม โมเนีย ที่มีต่ออุณหภูมิสารละลายวิกฤตต่ำสุด.....	21
รูปที่ 4.3 เปรียบเทียบอุณหภูมิสารละลายวิกฤตต่ำสุดของสารละลายสารครีมในน้ำ กับสารละลายสารครีมในน้ำซีรัม.....	22
รูปที่ 4.4 ปริมาณสารครีมที่ได้จากการนำกลับในระบบสารละลายสารครีม/น้ำ ที่อุณหภูมิและระยะเวลาการให้ความร้อนต่างๆ.....	23
รูปที่ 4.5 ปริมาณสารครีมที่ได้จากการนำกลับในสารละลายสารครีม/น้ำ ที่มีปริมาณแอม โมเนีย ร้อยละ 0.7 โดยน้ำหนัก ที่อุณหภูมิและระยะเวลาการให้ความร้อนต่างๆ.....	24
รูปที่ 4.6 ปริมาณสารครีมที่ได้จากการนำกลับในสารละลายสารครีม/น้ำซีรัม ที่อุณหภูมิและระยะเวลาการให้ความร้อนต่างๆ.....	25
รูปที่ 4.7 ลักษณะการจับตัวของสารครีมที่นำกลับ ได้.....	25
รูปที่ ง.1 อ่างควบคุมอุณหภูมิ.....	36
รูปที่ ง.2 กราฟมาตรฐานระหว่างอุณหภูมิน้ำซีรัมกับน้ำมันที่ตั้งค่า.....	37

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

ยางพาราเป็นพืชยุทธศาสตร์ของประเทศไทย ซึ่งจากสถิติการส่งออกยางธรรมชาติ ประจำปีพ.ศ. 2549 มียอดสูงสุดในโลก มีปริมาณการส่งออกถึง 2.77 ล้านตัน คิดเป็น 1 ใน 3 ของ การส่งออกทั่วโลกไปยังประเทศอาทิเช่น จีน (0.75 ล้านตัน, ร้อยละ 26.9), ญี่ปุ่น (0.49 ล้านตัน, ร้อยละ 17.8) ฯลฯ [1] สร้างรายได้เข้าประเทศประมาณ 148,868.45 ล้านบาท [2] นอกจากนี้ ยางพารายังถูกนำไปใช้เป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมต่างๆภายในประเทศ เช่น อุตสาหกรรม ยานยนต์ (ร้อยละ 45), การผลิตถุงมือยาง (ร้อยละ 13) และใช้ในการผลิตสินค้าอื่นๆ (ร้อยละ 42) ได้แก่ ยางยืด, สายพาน, ถูยางอนามัย, รองเท้า และยางรัดสิ่งจูง [3]

จากสถิติงานวิจัยเพื่อการพัฒนาอุตสาหกรรมยางพาราในประเทศไทยประจำปีพ.ศ. 2548 ไทยมีงบลงทุนวิจัยเพียง 58 บาทต่อตันวัตถุดิบที่ผลิตได้ เมื่อเปรียบเทียบกับมาเลเซียพบว่ามี การลงทุนวิจัยประมาณ 727 บาทต่อตันวัตถุดิบที่ผลิตได้ แม้ว่าไทยจะมีปริมาณการส่งออกยางสูงกว่า มาเลเซียถึง 4 เท่า แต่รายได้ของมาเลเซียกลับมากกว่า เนื่องจากคุณภาพของมาเลเซียสูงกว่า [4, 5] อีกทั้งจากวิกฤติราคาน้ำมันในตลาดโลกยังส่งผลให้ราคาของสังเคราะห์สูงขึ้น ส่งผลให้ความ ต้องการใช้ยางธรรมชาติทดแทนยางสังเคราะห์ในอุตสาหกรรมต่างๆเพิ่มสูงขึ้น ดังนั้นเพื่อพัฒนา ศักยภาพในการแข่งขันของประเทศ จึงต้องมีการเร่งพัฒนาเทคโนโลยีในการผลิตยางให้วัตถุดิบ และผลิตภัณฑ์ยางพารามีคุณภาพสูงขึ้น [6, 7]

น้ำยางสดที่กรีตจากต้นยางพารามีความเข้มข้นเนื้อยางร้อยละ 25 - 40 โดยน้ำหนัก ต้องทำ ให้เข้มข้นขึ้นก่อนนำไปแปรรูปในขั้นตอนต่อไป ในอุตสาหกรรมนิยมใช้เครื่องเหวี่ยงแยก หนีศูนย์กลาง ในการเพิ่มความเข้มข้นของเนื้อยางทำให้ได้น้ำยางข้นที่มีเนื้อยางประมาณร้อยละ 60 โดยน้ำหนัก ส่วนที่เหลือจากการเหวี่ยงแยกซึ่งเรียกว่า หางน้ำยางหรือน้ำยางสกิม ยังมีเนื้อยาง เหลืออยู่เป็นปริมาณมาก จึงถูกนำมาเติมกรดเข้มข้นทำให้อนุภาคในหางน้ำยางจับตัวกันเพื่อเก็บ รวบรวมเนื้อยางกลับมา คุณภาพยางที่รวบรวมได้จะด้อยลงและทำให้เกิดน้ำเสียที่มีความเป็นกรด สูงปริมาณมาก จึงได้มีการพัฒนาเทคโนโลยีการตรึงหางน้ำยาง โดยใช้สารเคมีที่มีคุณสมบัติ ไวต่อความร้อนขึ้น ซึ่งทำให้ยางที่รวบรวมได้มีคุณภาพดีและน้ำทิ้งที่ออกจากกระบวนการมีความ เป็นกรดน้อยมาก อย่างไรก็ตามสารเคมีที่ใช้มีราคาสูงกว่ากรดที่ใช้อยู่เดิมทั่วไปจึงต้องสูญเสีย ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานสูงขึ้น เพื่อลดต้นทุนดังกล่าวจึงจำเป็นต้องมีการพัฒนากระบวนการ ที่มีประสิทธิภาพในการนำกลับสารเคมีขึ้น เพื่อข้อมูลที่ได้จะเป็นประโยชน์ในการออกแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กระบวนการนำกลับสารครีมและทำให้เทคโนโลยีดังกล่าวสามารถพัฒนาเป็นทางเลือกใหม่ของอุตสาหกรรมการผลิตยางพาราในประเทศไทยได้

## 1.2 วัตถุประสงค์

ศึกษาอิทธิพลของปัจจัยต่าง ๆ ที่มีต่ออุณหภูมิสารละลายวิกฤติต่ำสุดของสารครีม และประสิทธิภาพการนำกลับสารครีมในระบบแบบกะ เพื่อกำหนดสถานะในการนำกลับสารครีมให้มีประสิทธิภาพสูงสุด

## 1.3 ขอบเขตงานวิจัย

งานวิจัยนี้ทำการทดลองระหว่างสารครีมในน้ำ, สารครีมในน้ำที่มีแอมโมเนีย และสารครีมในน้ำซีรัม โดยใช้ระบบแบบกะ ภายใต้สภาวะการนำกลับสารครีมต่างๆ คือ อุณหภูมิ (85, 90 และ 95 °C), ระยะเวลาการให้ความร้อน (0, 20, 40 และ 60 นาที) และความเข้มข้นแอมโมเนียในน้ำซีรัม

## 1.4 ขั้นตอนการศึกษา

- 1.4.1 ศึกษาทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
- 1.4.2 ศึกษาวิธีการทดลอง ออกแบบอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง จัดเตรียมอุปกรณ์และทำการทดลองเบื้องต้น
- 1.4.3 ทดลองเพื่อหาค่าอุณหภูมิสารละลายวิกฤติต่ำสุด ในสารละลายสารครีม / น้ำ สารละลายสารครีม / น้ำที่มีแอมโมเนียร้อยละ 0.7 โดยน้ำหนัก และสารละลายสารครีม / น้ำซีรัม
- 1.4.4 ทำการทดลองนำกลับสารครีมในระบบสารละลายสารครีม / น้ำ สารละลายสารครีม / น้ำที่มีแอมโมเนียร้อยละ 0.7 โดยน้ำหนัก และสารละลายสารครีม / น้ำซีรัม เพื่อหาอุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมในการนำกลับ
- 1.4.5 วิเคราะห์ผลการทดลองและสรุปผลการทดลอง
- 1.4.6 จัดทำรายงาน

## 1.5 ประโยชน์ที่ได้รับ

ข้อมูลเกี่ยวกับสภาวะปฏิบัติงานที่ได้เป็นข้อมูลสำคัญที่สามารถนำไปใช้ในการออกแบบกระบวนการนำกลับสารครีมแบบต่อเนื่องในระดับอุตสาหกรรมได้

## บทที่ 2

### ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

#### 2.1 ทฤษฎี

##### 2.1.1 พฤติกรรมการแยกวัฏภาคของสารละลายพอลิเมอร์ [8-9]

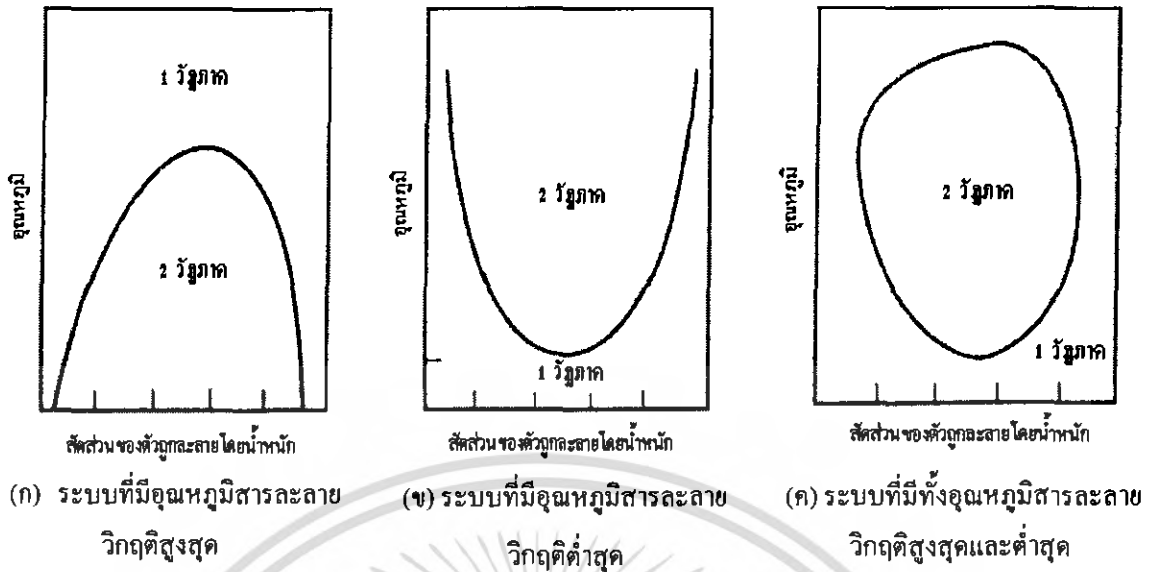
สำหรับระบบที่มีการละลายซึ่งกันและกันได้บางส่วนนั้น เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ อาจทำให้พอลิเมอร์เกิดการแยกวัฏภาค (phase separation) เป็นของแข็งและของเหลวขึ้น ซึ่งเป็นการทำให้ตัวทำละลายที่ดีเปลี่ยนเป็นตัวทำละลายที่ไม่ดี (poorer solvent) เนื่องมาจากการเปลี่ยนอุณหภูมิมีผลต่อเทอร์โมไดนามิกส์ของของผสม โดยอุณหภูมิสูงสุดหรือต่ำสุดที่ของเหลวทั้งสองสามารถละลายกันได้ เรียกว่า อุณหภูมิสารละลายวิกฤติ (critical solution temperature)

สารละลายของเหลวที่สามารถละลายซึ่งกันและกันได้บางส่วนมีพฤติกรรมได้ 3 ประเภท คือ

ก) ระบบที่มีอุณหภูมิสารละลายวิกฤติสูงสุด (upper critical solution temperature, UCST) ระบบนี้เมื่อมีการเพิ่มอุณหภูมิจนสูงเกิน UCST พอลิเมอร์และตัวทำละลายจะละลายกลายเป็นสารละลายเนื้อเดียว และเมื่อลดอุณหภูมิจนต่ำสุด UCST จะทำให้เกิดการแยกวัฏภาคขึ้น ลักษณะการแยกวัฏภาคชนิดนี้จะพบมากในพอลิเมอร์เกือบทุกชนิด ดังรูปที่ 2.1 (ก)

ข) ระบบที่มีอุณหภูมิสารละลายวิกฤติต่ำสุด (lower critical solution temperature, LCST) ระบบนี้เมื่อเพิ่มอุณหภูมิจะทำให้เกิดการแยกวัฏภาคเป็นสองวัฏภาคได้มากขึ้น เนื่องจากมีความสามารถในการละลายได้น้อยลง แต่จะรวมเป็นเนื้อเดียวกันเมื่อลดอุณหภูมิจนถึง LCST ลักษณะการแยกวัฏภาคชนิดนี้มักพบเมื่อพอลิเมอร์มี interaction พิเศษกับตัวทำละลาย เช่น พันธะไฮโดรเจน, การถ่ายเทประจุ หรือการลดปริมาตรเมื่อทำการผสม ทำให้เกิดการลดของเอนโทรปีของการผสม ดังรูปที่ 2.1 (ข)

ค) ระบบที่มีทั้งอุณหภูมิสารละลายวิกฤติสูงสุดและต่ำสุด ระบบนี้จะมีเส้นโค้งการละลายปิด (closed solubility curve) เกิดขึ้นเนื่องจากระบบมีทั้งอุณหภูมิสารละลายวิกฤติสูงสุดและต่ำสุด ดังรูปที่ 2.1 (ค)



รูปที่ 2.1 สมดุลวัฏภาคของระบบที่มีอุณหภูมิสารละลายวิกฤตแบบต่างๆ

**ปัจจัยที่มีผลต่ออุณหภูมิสารละลายวิกฤต [8]**

- ก) จำนวนสายโซ่โมเลกุล  
จากทฤษฎีของ Flory – Huggins

$$\chi = a + \frac{b}{T} \quad (2.1)$$

โดย  $\chi$  คือ อันตรกิริยาระหว่างพอลิเมอร์กับตัวทำละลาย ซึ่งเป็นปริมาณไม่มีหน่วย

$T$  คือ อุณหภูมิ ( $^{\circ}\text{C}$ )

$a$  และ  $b$  คือ ค่าคงที่ (ไม่ขึ้นกับอุณหภูมิ)

สมการข้างต้นไม่สามารถคำนวณค่าได้ถูกต้องแม่นยำเหมือนค่าที่ได้จากการทดลอง แต่สามารถใช้ประมาณแนวโน้ม ซึ่งความผิดพลาดอาจเนื่องมาจากความบริสุทธิ์ของตัวทำละลายและพอลิเมอร์ และอนุมานว่าการผสมสารละลายไม่มีการเปลี่ยนแปลงปริมาตร

โมเลกุลพอลิเมอร์เป็นสายโซ่ของส่วนโมเลกุล (segments) ซึ่งแต่ละ segment มีขนาดเท่ากับโมเลกุลของตัวทำละลาย โดยจำนวนของ segment ( $x$ ) ในสายโซ่บอกถึงขนาดโมเลกุลพอลิเมอร์ มีค่าเท่ากับอัตราส่วนปริมาตรของโมเลกุล (molecular volume) ของพอลิเมอร์ต่อปริมาตรของตัวทำละลาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

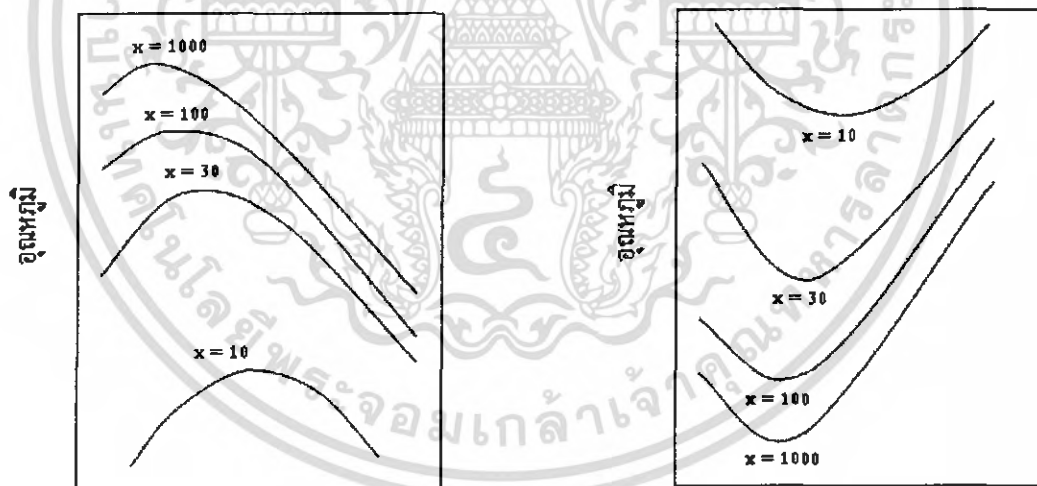
ค่าวิกฤติของ interaction parameter ( $\chi_c$ ) มีความสัมพันธ์กับขนาดของสายโซ่พอลิเมอร์หรือจำนวน segment ( $x$ ) ดังนี้

$$\chi_c = \frac{1 + 2x^{\frac{1}{2}} + x^{-1}}{2} \quad (2.2)$$

$$\phi_{2c} = \frac{1}{1 + x^{\frac{1}{2}}} \quad (2.3)$$

โดย  $\phi_{2c}$  คือ สัดส่วนของตัวถูกละลายโดยปริมาตร

เมื่อมวลโมเลกุลของพอลิเมอร์เพิ่มขึ้น ทำให้จำนวน segment มากขึ้น ซึ่งจากสมการที่ (2.1) อุณหภูมิจะมีค่าเพิ่มขึ้น และจากสมการที่ (2.2) ค่าอันตรกิริยาจะลดลง ดังรูปที่ 2.2 (ก) โดยระบบ LCST มีผลของการเปลี่ยนแปลงปริมาตรอิสระ (free volume) ของพอลิเมอร์ และตัวทำละลาย ที่ไม่เหมือนกัน เป็นผลให้ค่าอันตรกิริยา ( $\chi$ ) เพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิที่สูงขึ้น ดังรูปที่ 2.2 (ข)



สัดส่วนของตัวถูกละลายโดยน้ำหนัก

สัดส่วนของตัวถูกละลายโดยน้ำหนัก

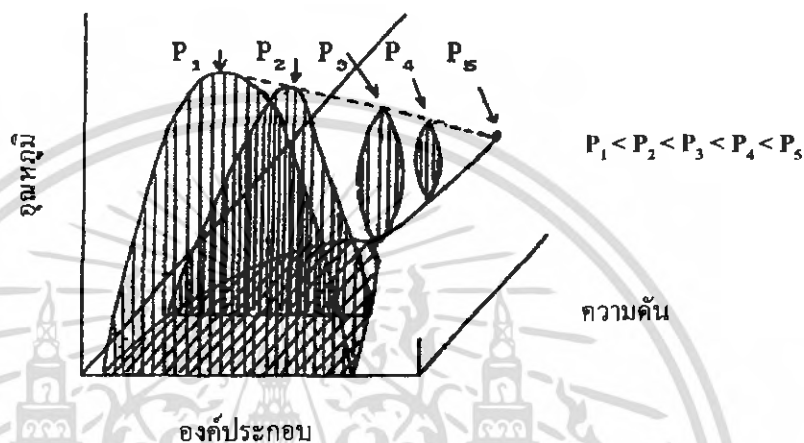
(ก) ระบบอุณหภูมิสารละลายวิกฤติสูงสุด

(ข) ระบบอุณหภูมิสารละลายวิกฤติต่ำสุด

รูปที่ 2.2 ผลของจำนวนส่วนของสายโซ่ (chain segments,  $x$ ) ที่มีต่อแผนภูมิวิภูภาค

### ข) ความดัน

ความดันเป็นปัจจัยที่มีผลต่อความสามารถในการละลายของของเหลวที่สามารถละลายซึ่งกันและกันได้บางส่วน การเพิ่มความดันจะทำให้อุณหภูมิสารละลายวิกฤติสูงสุด (UCST) ลดลง และอุณหภูมิสารละลายวิกฤติต่ำสุด (LCST) เพิ่มขึ้น ดังนั้นทุกระบบสามารถมีโค้งการละลายปิด ดังรูปที่ 2.3



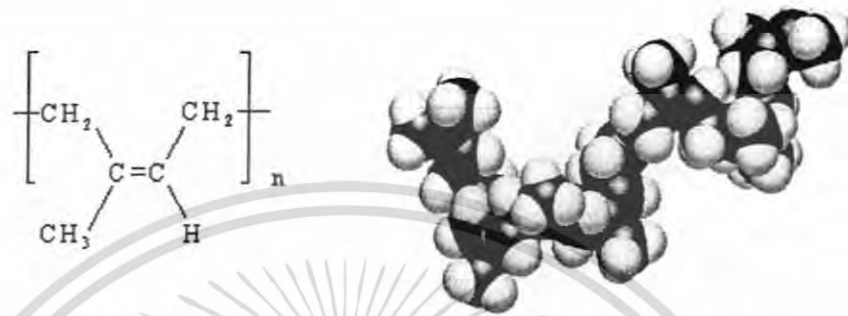
รูปที่ 2.3 ผลของความดันที่มีต่อแผนภูมิวิภาค

### ค) สารปนเปื้อน [10]

อุณหภูมิวิกฤติมีผลเปลี่ยนแปลงต่อการเติมสารที่สามหรือสารปนเปื้อนลงไป ซึ่งสารปนเปื้อนที่เติมลงไปจะส่งผลกระทบต่อตำแหน่งของอุณหภูมิสารละลายวิกฤติ และเปลี่ยนรูปร่างเส้นโค้งการละลายของของเหลว โดยเมื่อสารปนเปื้อนละลายในสารละลายตัวใดในสารละลายผสม 2 ชนิดจะส่งผลทำให้อุณหภูมิสารละลายวิกฤติสูงสุด (UCST) เพิ่มขึ้น และอุณหภูมิสารละลายวิกฤติต่ำสุด (LCST) ลดลง แต่ถ้าสารปนเปื้อนละลายได้ในสารละลายทั้งสองชนิด จะทำให้อุณหภูมิสารละลายวิกฤติสูงสุด (UCST) ลดลง และอุณหภูมิสารละลายวิกฤติต่ำสุด (LCST) เพิ่มขึ้น

## 2.1.2 ยางธรรมชาติ

ยางธรรมชาติเป็นพอลิเมอร์ที่มีมวลโมเลกุลสูง เกิดจากไอโซพรีนโมโนเมอร์ (isoprene) [11] จึงเรียกยางธรรมชาติว่า “พอลิไอโซพรีน (polyisoprene)” ซึ่งมีสูตรโครงสร้างดังรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 สูตรโครงสร้างและรูปร่างโมเลกุลของยางธรรมชาติ

### น้ำยางธรรมชาติ [12-14]

น้ำยางธรรมชาติมีลักษณะเป็นของเหลวสีขาวเหมือนน้ำนมสภาพเป็นสารแขวนลอย (suspension) หรือคอลลอยด์ (colloid dispersion) ชนิดไฮโดรโซล (hydrosol) คือ มีสารที่ละลายอยู่ในตัวทำละลายที่เป็นน้ำ แต่มีความพิเศษกว่าไฮโดรโซลทั่วไปโดยมีคุณสมบัติทั้งที่ชอบน้ำ (hydrophilic) และไม่ชอบน้ำ (hydrophobic) โดยคุณสมบัติที่ไม่ชอบน้ำจะเด่นกว่าคุณสมบัติที่ชอบน้ำ มีค่า pH 6.5 – 7.0, ความหนาแน่น 0.975 - 0.980 กรัมต่อมิลลิลิตร และมีค่าความหนืด (viscosity) ที่ค่อนข้างแปรปรวน โดยขึ้นอยู่กับส่วนประกอบในน้ำยาง, การกรีด, ฤดูกาลกรีดยาง และพันธุ์ยาง ฯลฯ น้ำยางสดประกอบด้วย [15-16]

#### ก) เนื้อยาง

อนุภาคของเนื้อยางที่อยู่ในน้ำยางมีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 4-5 ไมครอน มีคุณสมบัติเป็นประจุไฟฟ้าลบ ซึ่งถูกห่อหุ้มด้วยสารจำพวกไขมันและโปรตีน โดยโปรตีนจะอยู่ชั้นนอกสุดและอาจมีโลหะบางชนิด เช่น แมกนีเซียมและทองแดงเจือปนประมาณร้อยละ 0.5 โดยน้ำหนัก ดังรูปที่ 2.5 ซึ่งสารเหล่านี้มีอิทธิพลอย่างมากต่อการคงรูป (vulcanization) ของยาง โดยสารที่หุ้มอนุภาคเนื้อยางประกอบด้วย

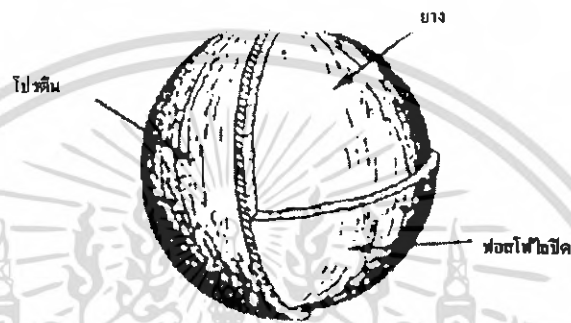
ส่วนของโปรตีน สารโปรตีนที่มีอยู่ในน้ำยางทั้งหมด แบ่งออกเป็น

- โปรตีนที่ห่อหุ้มอยู่ผิวรอบนอกอนุภาคยาง ร้อยละ 25 โดยน้ำหนัก
- โปรตีนที่อยู่ในชั้นน้ำ ร้อยละ 50 โดยน้ำหนัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์โดยสถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง ซึ่งอนุญาตให้นำไปใช้เพื่อการศึกษาได้โดยไม่เสียค่าใช้จ่าย แต่ขอสงวนสิทธิ์ในส่วนของสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้ โดยขอสงวนสิทธิ์ในส่วนของสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้

โปรตีนที่อยู่บริเวณผิวของอนุภาคยางนี้จะมีส่วนประกอบของกำมะถัน (cystine disulphide linkage) ร้อยละ 5 โดยน้ำหนัก ดังนั้นขณะที่น้ำยางเกิดการเสียดสภาพ โปรตีนในส่วนนี้จะสลายตัวให้สารประกอบพวกไฮโดรเจนซัลไฟด์ และสารเมอร์แคปแทน (mercaptan) ทำให้เกิดกลิ่นเหม็นขึ้น

ส่วนของไขมัน ซึ่งอยู่ระหว่างผิวของอนุภาคยางและโปรตีน ส่วนใหญ่เป็นสารพวกฟอสโฟไลปิดชนิด  $\alpha$ -Lecithin ซึ่งเชื่อว่าทำหน้าที่ยึดโปรตีนให้เกาะอยู่บนผิวอนุภาคยาง



รูปที่ 2.5 ลักษณะอนุภาคยาง

ปัญหาหนึ่งที่มีกเกิดขึ้น คือ อนุภาคยางเมื่อสัมผัสกับสิ่งแวดล้อม อาจทำให้เกิดการจับตัวเป็นก้อน ทำให้ไม่สามารถนำไปใช้ต่อในอุตสาหกรรมได้ อันเกิดจากปัญหาดังนี้

- ความร้อนและลมซึ่งจะทำให้ยางจับตัวกันเป็นก้อน
- การกระแทกกระแทกจากการเหวี่ยง ซึ่งอาจเกิดจากการขนส่งทำให้ผิวของโปรตีน และคาร์โบไฮเดรตที่หุ้มเม็ดยางแตกออก ทำให้เม็ดยางที่ไม่มีเปลือกมาจับตัวกันเป็นก้อน
- สารบางอย่างที่เมื่อแยกตัวเป็นไอออน เช่น  $H^+$  จะไปทำให้ประจุลบของเม็ดยางกลายเป็นประจุบวกหรือเป็นกลางซึ่งประจุที่เป็นกลางจะจับตัวกัน และประจุที่เป็นบวกจะจับกับลบแล้วรวมตัวกัน

จากปัญหาดังนี้สามารถป้องกันได้โดยใส่สารจำพวกค่าที่มีไอออนที่มีประจุลบ เช่น  $OH^-$  เป็นลงไป เพื่อให้เม็ดยางผลัดกันกัน สามารถกันการกระแทกกระแทกจากการขนส่งได้

ข) ส่วนของชั้นที่ไม่ใช่ยาง

ส่วนที่เป็นน้ำ หรือซีรัม ประกอบด้วยสารชนิดต่างๆ ดังนี้

- คาร์โบไฮเดรต สารพวกแป้งและน้ำตาลมีอยู่ในน้ำยางประมาณร้อยละ 1 โดยน้ำหนัก ซึ่งเป็นน้ำตาลชนิดคิวบาซิทอล (quebrachitol) น้ำตาลกลูโคส, ซูโครส และ ฟรุคโตส ซึ่งแบคทีเรียจะใช้น้ำตาลเหล่านี้เป็นอาหาร และเกิดปฏิกิริยาการย่อยสลายทำให้เกิดกรดไขมันที่มีโมเลกุลขนาดเล็ก (short chain fatty acid) ซึ่งทำให้ยางที่ได้เกิดการเสียดสภาพและรวมตัวเป็นก้อน โดยไขมันเหล่านี้จัดเป็นกรดไขมันที่ระเหยได้ง่าย เรียกชื่อว่า VFA (volatile fatty acid) ซึ่งเป็นค่าที่บ่งบอกถึงความสามารถในการรักษาสภาพของน้ำยาง ประกอบด้วย กรดฟอร์มิก, กรดอะซิติก และกรดโพรไพโอนิก ค่า VFA ควรจะมีค่าประมาณ 0.01-0.02

- โปรตีนและกรดอะมิโน โปรตีนที่พบมาก คือ ประเภทอัลฟาไกลูบูลิน เป็นสารที่อยู่ตรงผิวของโมเลกุล ซึ่งมีคุณสมบัติ คือ มีความว่องไว (surface active) ดังนั้นจะอยู่บริเวณรอยเชื่อมต่อของน้ำกับอากาศ มีค่าจุดประจุเท่า<sup>(1)</sup> (isoelectric point) หลายค่า

ส่วนของลูทอยด์ และสารอื่นๆ [17-18]

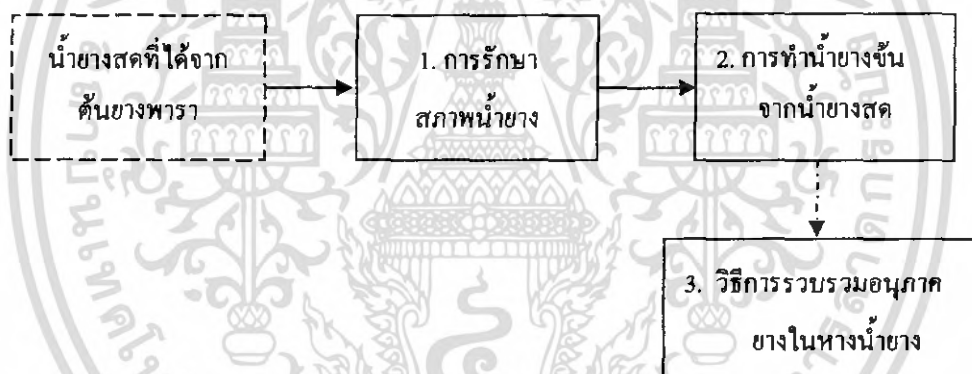
- ลูทอยด์ เป็นอนุภาคที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 0.5-3.0 ไมครอน มีค่า pH เท่ากับ 0.5 โดยมีโปรตีนซึ่งละลายน้ำและไม่ละลายน้ำประมาณร้อยละ 5 และ 2 โดยน้ำหนักตามลำดับ เยื่อหุ้มมีลักษณะบางจึงเกิดการออสโมซิส (osmosis) ได้ง่าย ดังนั้นเมื่อเติมน้ำลงในน้ำยางสด จะทำของเหลวภายในลูทอยด์ขยายบวมตัวและแตกได้ง่าย เมื่อลูทอยด์แตกของเหลวภายในซึ่งเป็นสารแขวนลอยที่มีประจุบวกและอิออนของโลหะ เช่น แคลเซียมอิออน และแมกนีเซียมอิออนจะเจือปนอยู่ในซีรัม ทำให้อนุภาคยางเกิดการรวมตัวกันก่อให้เกิดการอุดตันของท่อน้ำยางได้ การบวมตัวจะทำความหนืดของน้ำยางจะเพิ่มขึ้น และเมื่อลูทอยด์แตกออก ความหนืดจะลดลง ส่วนเนื้อเยื่อต่างๆ ของลูทอยด์ที่แตกออกจะเกิดการจับตัวกันเป็นก้อนคิออยู่ที่ผิวนอกของอนุภาคยางเป็นสาเหตุให้น้ำยางเสียดสภาพ ทั้งนี้สภาพอากาศร้อนหรืออุณหภูมิสูงอาจทำให้ลูทอยด์แตกได้เช่นกัน การเติมแอมโมเนียลงไปในน้ำยางสดจะทำให้ส่วนของลูทอยด์และสารพวกโลหะแมกนีเซียม เกิดการรวมตัวกับแอมโมเนียและแยกตัวออกมาจากเนื้อยางตกตะกอนเป็นสีน้ำตาล และสีม่วงจึงสามารถแยกออกได้

(1) จุดประจุเท่า (isoelectric point) เป็นจุดที่ค่าพีเอชของสารละลายคอลลอยด์ ในขณะที่จำนวนของประจุบวกและลบที่ผิวมีปริมาณเท่ากัน ถ้าค่าจุดประจุเท่ามีค่าสูง โปรตีนจะสลายตัวให้ประจุบวก ซึ่งเป็นสาเหตุของการเสียดสภาพของน้ำยาง

- สารอื่นๆ เช่น สารจำพวกฟอสโฟไลปิดแชนลอย ประมาณร้อยละ 0.5 โดยน้ำหนัก หรือสารโพลีฟีนอลออกซีเดสซึ่งเป็นส่วนที่ทำให้เกิดสีเหลืองและสีคล้ำของน้ำยาง เมื่อมีการสัมผัสกับออกซิเจนในอากาศ และอนุภาคเฟรย์-วิสลิง (frey-wyssling) มีผนังล้อมรอบสองชั้น รูปร่างค่อนข้างกลม ซึ่งเป็นสารที่ไม่ใช่ยางขนาดอนุภาคใหญ่กว่ายาง แต่ความหนาแน่นน้อยกว่า ซึ่งมีปริมาณไม่มากประกอบด้วย สารเม็ดสีพวกคาโรทีนอยด์ซึ่งทำให้น้ำยางมีสีเหลืองเข้ม สามารถรวมตัวกับแอมโมเนียและแยกตัวออกจากยางมาอยู่ในส่วนของชีรัมได้

### 2.1.3 กรรมวิธีการผลิตยางจากน้ำยางธรรมชาติ [19]

น้ำยางสดที่ได้จากต้นยางพารามีปริมาณเนื้อยางน้อยและมีความเสถียรต่ำ จึงไม่เหมาะในการนำมาใช้เป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมยาง จึงต้องเติมสารเคมีในน้ำยางสดเพื่อรักษาความเสถียรของน้ำยาง จากนั้นนำมาผ่านกระบวนการที่ทำให้น้ำยางมีความเข้มข้นเพิ่มขึ้น ซึ่งในน้ำยางขั้วนี้มีปริมาณยางแห้ง (dry rubber content, DRC) ประมาณร้อยละ 60 โดยน้ำหนัก ดังรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 กรรมวิธีการผลิตน้ำยางข้นจากน้ำยางพารา

โดยขั้นตอนกรรมวิธีการผลิตน้ำยางข้นจากน้ำยางพารามี 3 ขั้นตอนดังนี้

#### ขั้นตอนที่ 1 การรักษาสภาพน้ำยาง

น้ำยางสดมีความเสถียรต่ำ กล่าวคือ อนุภาคยางในน้ำยางจะจับตัวภายใน 2-3 ชั่วโมงหลังจากกรีดยาง เนื่องจากสาเหตุหลายประการ เช่น การเกิดปฏิกิริยาของจุลินทรีย์กับส่วนประกอบที่ไม่ใช่ยางทำให้เกิดครดซึ่งเป็นผลให้พีเอชของน้ำยางลดลง หรือสารประเภทไขมันเกิดไฮโดรไลซิสได้กรดไขมันซึ่งมีประจุลบ จึงไปเกาะบนผิวของอนุภาคทำให้โปรตีนที่อยู่บริเวณบนผิวเกิดการเคลื่อนที่ หรืออาจจับกับอิออนของโลหะ เช่น แคลเซียม และแมกนีเซียมที่มีอยู่ในน้ำยาง ดังนั้นเพื่อรักษาความเสถียรของน้ำยาง โดยทั่วไปจะเติมแอมโมเนียปริมาณมากกว่าร้อยละ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

0.35 โดยน้ำหนัก จึงจะสามารถกำจัดแบคทีเรียได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยแอมโมเนียที่เติมลงนั้นจะทำปฏิกิริยากับกรดที่เกิดจากการไฮโดรไลซิสของโปรตีนและฟอสโฟลิปิด ทำให้น้ำยางมีความเป็นกลางเพิ่มขึ้น และจับกับอ็อกซอนของโลหะในน้ำยาง เช่น แมกนีเซียมเกิดเป็นแมกนีเซียมแอมโมเนียมฟอสเฟตซึ่งไม่ละลายน้ำ อย่างไรก็ตามการใช้แอมโมเนียมีข้อเสียในด้านราคา มีกลิ่นฉุน และควบคุมได้ยากเนื่องจากระเหยได้ง่าย จึงอาจเติมสารรักษาสภาพชนิดอื่น เช่น กรดบอริก (boric acid), เตตระเมทิลไธูรามไดซัลไฟด์ (tetramethylthiuram disulphide, TMTD), เพนทระคลอโรเฟนิต (pentachlorophenate, SPP) และซิงค์ออกไซด์ (zinc oxide)

ขั้นตอนที่ 2 วิธีการทำน้ำยางข้น แบ่งได้เป็น 3 วิธี

ก) การเหวี่ยงแยกหนีสุนัขกลาง

เป็นวิธีที่สำคัญและใช้มากที่สุดในการเตรียมน้ำยางข้นในระดับอุตสาหกรรม โดยใช้แรงเหวี่ยงแยกแทนแรงโน้มถ่วง ในอุตสาหกรรมน้ำยางข้นจะใช้เครื่องเหวี่ยงแยกที่ประกอบด้วยถ้วยรูปทรงโคน กล่าวคือ ภายในจะเป็นแผ่นบางๆ และมีช่องด้านบนให้น้ำไหลออกได้ ขณะที่เหวี่ยงน้ำยางข้นจะไหลออกจากท่อด้านบน และมียางบางส่วนน้อยที่ปนไปกับซีรัมเรียกว่า “ยางสกิม” ซึ่งไหลจากท่อที่อยู่ในระดับถัดลงมา วิธีการเหวี่ยงแยกทำให้สูญเสียองค์ประกอบบางส่วนที่ไม่ใช่ยางและอนุภาคขนาดเล็ก ปริมาณส่วนที่ไม่ใช่ยางในน้ำยางข้นจึงต่ำ โดยมีองค์ประกอบในน้ำยางเมื่อถูกเหวี่ยงแยก ดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 การแยกตัวขององค์ประกอบของน้ำยาง เมื่อถูกเหวี่ยงแยกหนีสุนัขกลาง

องค์ประกอบ	น้ำยางสด (field latex) 100 กรัม	น้ำยางข้น (concentrated latex) 100 กรัม	หางน้ำยาง (skim latex) 100 กรัม
ปริมาณของแข็งทั้งหมด (total solid content, %TSC)	36.0 กรัม	61.5 กรัม	10.5 กรัม
ปริมาณของยางแห้ง (% DRC)	32.5 กรัม	60 กรัม	5 กรัม
ผลต่างระหว่าง TSC กับ DRC	3.5 กรัม	1.5 กรัม	5.5 กรัม
จำนวนกรดไขมันที่ระเหย	0.10	0.120	0.080
Mg <sup>++</sup>	200 พีพีเอ็ม	240 พีพีเอ็ม	160 พีพีเอ็ม
Serum	64 กรัม	38.5 กรัม	89.5 กรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### ข) การทำครีม (creaming)

เนื่องจากอนุภาคยางธรรมชาติมีความถ่วงจำเพาะต่ำสุดน้ำ ดังนั้นหากตั้งน้ำยางทิ้งไว้เป็นเวลานาน อนุภาคยางจะลอยขึ้นไปผิวหน้าในลักษณะเป็นครีมแยกออกจากชั้นน้ำ ทำให้ได้ครีมของน้ำยางที่อยู่ชั้นบนซึ่งมีความเข้มข้นมากขึ้น ในทางปฏิบัตินั้นการทำให้น้ำยางมีความเข้มข้นเพิ่มขึ้นด้วยวิธีนี้ จะทำโดยเติมสารที่ทำให้เกิดครีมประเภทไฮโดรคอลลอยด์ที่ละลายน้ำได้ เช่น แอมโมเนีย หรือโซเดียมอัลจิเนตเข้าไปในน้ำยางซึ่งทำให้เกิดครีมเร็วขึ้น โดยสารที่ทำให้เกิดคริมนั้นอาจทำให้เกิดการเกาะรวมตัวของอนุภาคแบบผันกลับได้ วิธีนี้จะทำให้สูญเสียองค์ประกอบบางส่วน ได้แก่ ปริมาณส่วนที่ไม่ใช่ยาง อนุภาคยางขนาดเล็ก เป็นต้น ผลลัพธ์ที่ได้จากการคริมมีความทนต่อแรงดึง (tensile strength) และความยาวก่อนที่ยางจะขาด (elongation at break) สูง

### ค) การระเหย (evaporation)

วิธีนี้เป็นการระเหยน้ำออกจากน้ำยางธรรมชาติ ทำได้โดยให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 90°C ขณะที่น้ำยางผ่านหัวฉีดที่เหมาะสมผ่านเข้าไปในช่องว่างซึ่งมีความดัน 1/10 atm ทำให้จุดเดือดของน้ำมีค่าประมาณ 46°C น้ำยางชั้นที่ได้จากวิธีนี้มีความหนืด, ความเสถียรทางเคมีและทางเชิงกลสูงขึ้น เนื่องจากผลลัพธ์ที่ได้มีสารแอนติออกซิแดนซ์ตามธรรมชาติ จึงป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน ซึ่งเหมาะในการนำไปทำกาวติดรองเท้า, ผ้า และพรม

ตารางที่ 2.2 เปรียบเทียบสมบัติของน้ำยางชั้นที่ได้จาก 3 วิธีหลัก

สมบัติทั่วไป	น้ำยางชั้นที่ได้จากการเหวี่ยงแยกหนีสุนัขกลาง	น้ำยางชั้นที่ได้จากการทำเป็นครีม	น้ำยางชั้นที่ได้จากการระเหย
ปริมาณของแข็งทั้งหมด (total solid content, %TSC)	61.5	68	61 - 72
ปริมาณของยางแห้ง (dry rubber content, %DRC)	60	66.8	56-64
ความเสถียรเชิงกล (mechanical stability time, s)	1000	1600	-
จำนวนกรดไขมันที่ระเหย	0.02-0.03	0.07	-
ปริมาณส่วนที่ไม่ใช่ยาง	~2%	~2%	5.5-8.0%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### ขั้นตอนที่ 3 การรวบรวมอนุภาคยางในทางน้ำยาง มี 2 ขั้นตอน ดังนี้

#### ก) การจับตัวของอนุภาคยางในน้ำยางสกิม

น้ำยางสกิมหรือทางน้ำยาง เป็นส่วนที่เหลือจากการเหยียดแยกน้ำยางสดและแยกส่วนของน้ำยางชั้นออกไปแล้ว ในน้ำยางสกิมมีปริมาณเนื้อยางแห้งร้อยละ 3 - 10 โดยน้ำหนัก ประกอบด้วยอนุภาคที่มีขนาดเล็ก (0.03 - 1.2 ไมครอน) และมีส่วนที่ไม่ใช่ยางในปริมาณสูง เช่น โปรตีนร้อยละ 10 - 20 โดยน้ำหนัก และไขมันที่ละลายได้ในอะซิโตนร้อยละ 5 - 10 โดยน้ำหนัก ในการนำน้ำยางสกิมไปผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ เช่น ยางแท่งเกรดต่ำ ต้องทำให้อนุภาคยางจับตัวแยกออกจากน้ำ โดยทั่วไปการทำให้อนุภาคยางสกิมจับตัวทำได้โดยเติมสารช่วยในการจับตัว ได้แก่ กรดซัลฟิวริกหรือฟอรั่มิกเข้มข้น ทำให้พีเอชของน้ำยางลดลงมาก และเกิดกรดในน้ำทิ้งซึ่งส่งผลกระทบต่อการทำงานของ อีททั้งหมดที่ได้จากการเติมกรดจะมีสารที่ไม่ใช่ยางประเภทโปรตีนและเอสเทอร์ของกรดไขมันในปริมาณสูง เนื่องจากมีการตกตะกอนร่วมกับยาง จากการวัดความหนืดแบบอินทรินสิคของยางสกิมก่อนและหลังทำปฏิกิริยาทรานเอสเทอร์ฟิเคชัน พบว่าโมเลกุลของยางในอนุภาคยางสกิมเป็นแบบสายโซ่ตรงที่มีจำนวนกรดไขมันต่อ 1 โมเลกุลของยาง และน้ำหนักโมเลกุลน้อยกว่ายางที่ได้จากน้ำยางชั้น ยางสกิมดิบจึงมีความแข็งแรง (tensile strength) และความยาวก่อนที่ยางจะขาด (elongation at break) ต่ำ

#### ข) การทำน้ำยางสกิมเข้มข้น

การทำน้ำยางสกิมให้เข้มข้นขึ้นอาจทำได้โดยการระเหยน้ำออกด้วยกรรมวิธีปกติ หรือให้ความร้อนแก่น้ำยางที่ความดันต่ำ ซึ่งเป็นกระบวนการที่ต้องการพลังงานสูง หรือเติมสารที่ทำให้เกิดครีม (creaming agent) ประเภทอัลจิเนต (alginate) เพื่อทำให้ได้ครีมของยางสกิม เช่น การเติมสารละลายโซเดียมอัลจิเนต เข้มข้นร้อยละ 4 โดยปริมาตร ปริมาตรร้อยละ 15 - 45 โดยน้ำหนัก ลงในน้ำยางสกิมแล้วตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 3 วัน จะทำให้อนุภาคยางลอยขึ้นชั้นบน เนื่องจากยางมีความหนาแน่นต่ำสุดชี้รั่ม โดยอัตราของการแยกชั้นขึ้นกับขนาดอนุภาคของยาง และความหนืดของสารละลาย การเติมโซเดียมอัลจิเนตปริมาณร้อยละ 5 - 10 โดยน้ำหนักของยาง ไม่เพียงพอที่จะทำให้อนุภาคยางเกิดการรวมตัวจนกระทั่งลอยขึ้นไปได้ แต่การเติมปริมาณร้อยละ 50 โดยน้ำหนักของยาง จะทำให้ความหนืดของสารละลายสูงมากจึงไม่เกิดการแยกชั้น

## 2.2 ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ศรพิชญ ลอยกุลนันท์ และคณะ [20] ได้พัฒนาวิธีการแยกเนื้อเยื่อออกจากหางน้ำยางธรรมชาติ โดยการนำพอลิเมอร์ที่ไวต่อความร้อน (heat sensitive polymer) มาใช้ในการทำให้หางน้ำยางธรรมชาติเกิดการแยกตัวของเนื้อเยื่อออกจากส่วนที่เป็นน้ำและลอยอยู่ด้านบน เนื้อเยื่อที่แยกตัวออกมามีความเข้มข้นของเนื้อเยื่อในช่วงร้อยละ 40 - 60 โดยน้ำหนัก สามารถนำไปแปรรูปเป็นน้ำยางความเข้มข้นสูงที่มีความเข้มข้นของเนื้อเยื่อประมาณร้อยละ 60 - 80 โดยน้ำหนัก ได้โดยการปั่นเหวี่ยงในเครื่องเหวี่ยงแยกหนีศูนย์กลาง และสามารถนำไปแปรรูปเป็นยางแห้งโดยการปล่อยให้แห้ง หรือจับตัวด้วยกรดความเข้มข้นต่ำแทนการใช้กรดซัลฟูริกเข้มข้น กระบวนการนี้สามารถรวบรวมเนื้อเยื่อกลับได้ในปริมาณร้อยละ 90 - 100 โดยน้ำหนักของหางน้ำยาง เนื้อเยื่อแห้งที่ได้มีคุณภาพสูงขึ้น คือ มีสีจางและมีโปรตีนเจือปนอยู่น้อย

ศรพิชญ ลอยกุลนันท์และคณะ [21] ได้ศึกษาการเก็บรวบรวมน้ำยางออกจากหางน้ำยางธรรมชาติแบบใหม่ โดยการนำคาร์บอกซิเมทิลไคโตซาน (carboxymethyl chitosan) หรือคาร์บอกซิเมทิลเซลลูโลส (carboxymethyl cellulose) มาใช้ในการทำให้หางน้ำยางธรรมชาติ เกิดการแยกตัวของเนื้อเยื่อออกจากส่วนที่เป็นน้ำ โดยกระบวนการเก็บรวบรวมน้ำยางดังกล่าว ประกอบด้วย การเตรียมสารละลายคาร์บอกซิเมทิลไคโตซานหรือคาร์บอกซิเมทิลเซลลูโลส กับน้ำที่มีความเข้มข้นในช่วงร้อยละ 0.1 - 10 โดยน้ำหนัก แล้วกวนอย่างต่อเนื่องจนกระทั่งผสมละลายเป็นเนื้อเดียวกัน จากนั้นผสมสารละลายดังกล่าวกับหางน้ำยางธรรมชาติ ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิ 5 - 45°C เป็นเวลา 3 วัน ทำการแยกชั้นครีมออกจากชั้นซีรัม วัดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยของอนุภาคยางในชั้นครีม และค่าการส่องผ่านของแสงในชั้นซีรัม แล้วจับตัวเนื้อเยื่อในชั้นครีมด้วยกรดซัลฟูริก ( $H_2SO_4$ ) ความเข้มข้นร้อยละ 2 โดยน้ำหนัก, กรดฟอร์มิก ( $HCOOH$ ) ความเข้มข้นร้อยละ 6 โดยน้ำหนัก และกรดซัลฟูริกความเข้มข้นร้อยละ 100 โดยน้ำหนัก ล้างเนื้อเยื่อที่จับตัวได้ด้วยน้ำอบให้แห้ง พบว่าสามารถเก็บรวบรวมเนื้อเยื่อด้วยการจับตัวด้วยกรดฟอร์มิกความเข้มข้นเจือจางแทนการใช้กรดกำมะถันเข้มข้น ซึ่งคาร์บอกซิเมทิลไคโตซานเตรียมได้จากไคติน, ไคโตซาน และคาร์บอกซิเมทิลเซลลูโลสเตรียมได้จากเซลลูโลสของเหลือใช้ในธรรมชาติ

ปรีดีเปรม ทศนกุล และคณะ [22] ทำการศึกษาหาค่า pH กับปริมาณยางจับตัวเป็นก้อนของหางน้ำยาง โดยใช้กรดร่วมกับสารเคมีชนิดอื่น ทดลองจับตัวหางน้ำยางด้วยกรดซัลฟูริกเข้มข้นร้อยละ 25 ปริมาณ 0, 1, 2, 3, 4 และ 5 มิลลิลิตร ต่อหางน้ำยาง 100 กรัม พบว่าในปริมาณตั้งแต่ 2 มิลลิลิตรขึ้นไป ได้ปริมาณยางจับตัวเป็นก้อนค่อนข้างสูง จึงทดลองใช้จับตัวร่วมกับไดออกทิลโซเดียมซัลโฟซัคซิเนต (dioctyl sodium sulphosuccinate) ในอัตราปริมาณยางแห้งร้อยละ 0.1, 0.2 และ 0.3 โดยน้ำหนัก พบว่าได้ปริมาณยางจับตัวเป็นก้อนน้อยกว่าการใช้กรดเพียงอย่างเดียว จึงเลือกใช้กรดจับตัวร่วมกับแคลเซียมคลอไรด์ และแคลเซียมไนเตรด ในปริมาณยางแห้งร้อยละ 0.2, 0.4 และ 0.8 โดยน้ำหนัก พบว่าการใช้กรดซัลฟูริกเข้มข้นร้อยละ 25 ปริมาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4 มิลลิลิตร ร่วมกับสารเคมีทั้ง 3 ชนิด ที่ระดับความเข้มข้นของยางแห้งร้อยละ 0.2 โดยน้ำหนัก จะได้ปริมาณยางจับตัวเป็นก้อนสูง

จากงานวิจัยข้างต้น จึงได้ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการนำกลีโบลิมเมอร์ที่ใช้ในการครีมหางน้ำยางที่มีคุณสมบัติไวต่อความร้อน และนำกรดอ่อนมาใช้ในการหาปริมาณยางแห้งก่อนครีมหางและหลังครีมหาง โดยใช้ความเข้มข้นและปริมาณของกรดคงที่ เพื่อให้การเปรียบเทียบปริมาณยางแห้งที่ได้จากการทดลองถูกต้องและแม่นยำมากขึ้น



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 3

### การทดลอง

#### 3.1 การหาอุณหภูมิสารละลายวิกฤติต่ำสุดของสารครีมใน 3 ระบบ

- สารละลายสารครีมในน้ำ
- สารละลายสารครีมในน้ำที่มีแอมโมเนียเข้มข้นร้อยละ 0.7 โดยน้ำหนัก (โดยความเข้มข้นของแอมโมเนียที่เติมมีค่าเท่ากับความเข้มข้นของแอมโมเนียในน้ำซีรัม)
- สารละลายสารครีมในน้ำซีรัม

##### 3.1.1 สารเคมี

1. สารครีม
2. น้ำปราศจากไอออน
3. สารละลายแอมโมเนีย

##### 3.1.2 อุปกรณ์

1. หลอดแก้วทดลอง
2. เทอร์โมคัพเปิด
3. อ่างควบคุมอุณหภูมิ
4. เครื่องกวนสารแบบแม่เหล็ก (magnetic stirrer)

##### 3.1.3 ขั้นตอนการเตรียมสารตัวอย่าง

1. กวนสารครีมเป็นเวลา 1 วัน
2. เติมแอมโมเนียเข้มข้นร้อยละ 0.7 โดยน้ำหนัก และกวนเวลา 1 ชั่วโมง (ในระบบสารครีมในน้ำที่มีแอมโมเนีย)
3. เติมหางน้ำยาง และกวนเป็นเวลา 1 ชั่วโมง (ในระบบสารครีมในน้ำซีรัม)

##### 3.1.4 ขั้นตอนการหาอุณหภูมิสารละลายวิกฤติต่ำสุด

1. ให้ความร้อนอ่างควบคุมอุณหภูมิจนถึงอุณหภูมิที่ต้องการ
2. นำหลอดแก้วทดลองไปแช่ในอ่างควบคุมอุณหภูมิ จนสารละลายมีอุณหภูมิตามที่กำหนด
3. สังเกตการเปลี่ยนสีของสารละลายสารครีมที่ความเข้มข้นต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.2 การนำกลับสารครีมในระบบสารครีมในน้ำ กับระบบสารครีมในน้ำที่มีแอมโมเนีย

#### 3.2.1 สารเคมี

1. สารครีม
2. น้ำปราศจากไอออน
3. สารละลายแอมโมเนีย

#### 3.2.2 อุปกรณ์

1. กระจกทรงเบอร์ 1
2. ถ้วยสแตนเลส
3. กรวยกรอง
4. ขวดรูปชมพู่
5. เทอร์โมคัพเปิด
6. เครื่องกวนสารแบบแม่เหล็ก (magnetic stirrer)
7. ฝักบัวสารเคมี

#### 3.2.3 ขั้นตอนการเตรียมสารตัวอย่าง

1. กวนสารครีมในน้ำปราศจากไอออนเป็นเวลา 1 วัน
2. เติมแอมโมเนียในสารละลายข้างต้น (กรณีระบบสารครีมในน้ำที่มีปริมาณแอมโมเนียร้อยละ 0.7 โดยน้ำหนัก) และกวนเป็นเวลา 1 ชั่วโมง

#### 3.2.4 ขั้นตอนการนำกลับสารครีมในระบบสารครีมในน้ำ กับในระบบสารครีมในน้ำที่มีแอมโมเนีย ร้อยละ 0.7 โดยน้ำหนัก

1. ให้ความร้อนอย่างควบคุมอุณหภูมิจนถึงอุณหภูมิที่ต้องการ
2. นำถ้วยสแตนเลสไปแช่ในอ่างควบคุมอุณหภูมิ จนสารละลายสารครีมมีอุณหภูมิ 85, 90 และ 95 °C
3. กรองสารละลายสารครีมในเตาอบ ผ่านกระจกทรง ที่อุณหภูมิที่นำกลับสารครีม

### 3.3 การนำกลับสารครีมในระบบสารครีมในน้ำซีรัม

#### 3.3.1 สารเคมี

1. หางน้ำยางพารา
2. สารครีม
3. น้ำปราศจากไอออน

#### 3.3.2 อุปกรณ์

1. กระจกกรองเบอร์ 1
2. กรวยกรอง
3. ขวดรูปชมพู่
4. ถ้วยสแตนเลส
5. กรวยแยก
6. ตะแกรงขนาด 50 เมช
7. เทอร์โมคัพเบิล
8. อ่างควบคุมอุณหภูมิ
9. เครื่องกวนสารแบบแม่เหล็ก (magnetic stirrer)
10. ตู้อบสารเคมี

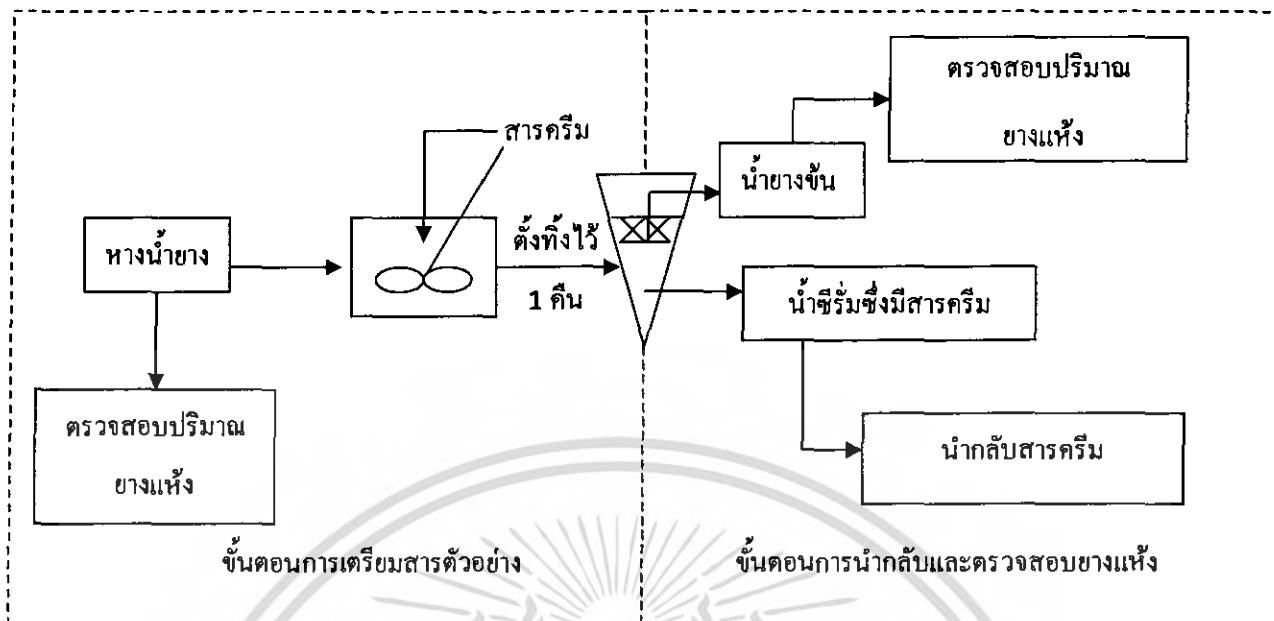
#### 3.3.3 ขั้นตอนการเตรียมสารตัวอย่าง

1. กวนสารครีมเข้มข้นร้อยละ 0.6 โดยน้ำหนัก ในน้ำปราศจากไอออนเป็นเวลา 1 วัน
2. เติมหางน้ำยางตามสัดส่วนที่กำหนดในสารละลายสารครีม และกวนเป็นเวลา 1 ชั่วโมง
3. นำไปตั้งทิ้งไว้เป็นเวลา 1 วัน ตั้งทิ้งไว้ให้แยกชั้น โดยน้ำยางชั้นจะอยู่บริเวณด้านบนและน้ำซีรัมจะอยู่บริเวณด้านล่างกรวยแยก

#### 3.3.4 ขั้นตอนการนำกลับสารครีมในระบบสารครีมในน้ำซีรัม

1. ให้ความร้อนอ่างควบคุมอุณหภูมิจนถึงอุณหภูมิที่ต้องการ
2. นำถ้วยสแตนเลสแช่ในอ่างควบคุมอุณหภูมิ จนน้ำซีรัมมีอุณหภูมิ 80, 85 และ 90 °C
3. กรองสารละลายสารครีม โดยใช้ตะแกรงขนาด 50 เมช ที่เวลาต่างๆ (0, 20, 40 และ 60 นาที)
4. นำสารครีมอบที่อุณหภูมิ 100 °C เป็นเวลา 1 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการทดลองการนำกลับสารครีมในระบบสารละลายสารครีมในน้ำซีรัม

#### วิธีคำนวณผล

$$\text{ร้อยละสารครีมที่ได้จากการนำกลับ} = \frac{\text{ปริมาณสารครีมที่นำกลับได้}}{\text{ปริมาณสารครีมที่ใช้ครีม}} \times 100 \quad (3.1)$$

$$\text{ร้อยละของของแข็งที่เหลือในน้ำซีรัม} = \frac{\text{ปริมาณน้ำซีรัมเริ่มต้น}}{\text{ปริมาณของแข็งที่เหลือในน้ำซีรัม}} \times 100 \quad (3.2)$$

$$\text{ร้อยละของการนำกลับยาง} = \frac{\text{ร้อยละยางแห้งในหางน้ำยาง} \times \text{น้ำหนักของหางน้ำยาง}}{\text{ร้อยละยางแห้งในยางชั้น} \times \text{น้ำหนักของยางชั้น}} \times 100 \quad (3.3)$$

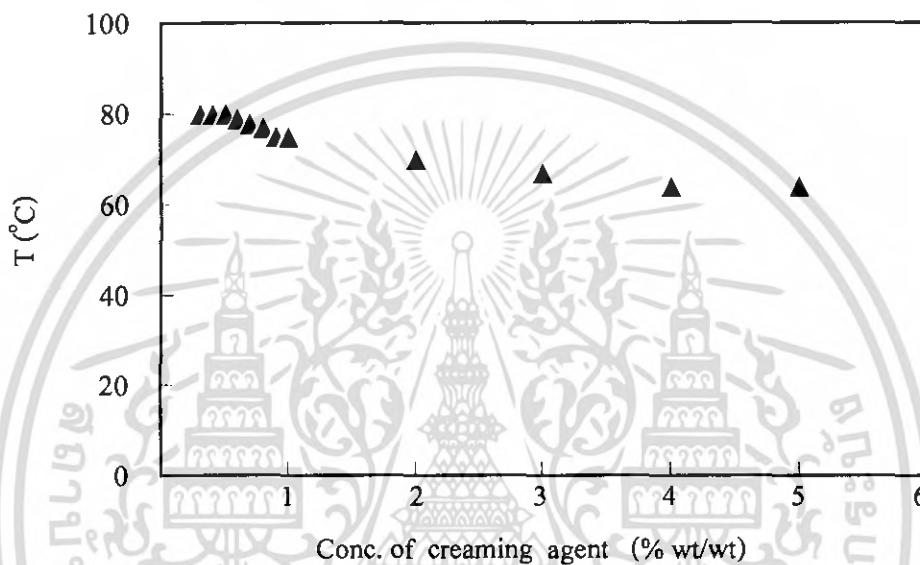
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 4

### ผลการทดลองและการวิเคราะห์ผลการทดลอง

#### 4.1 อุณหภูมิสารละลายวิกฤติต่ำสุดของสารครีมใน 3 ระบบ

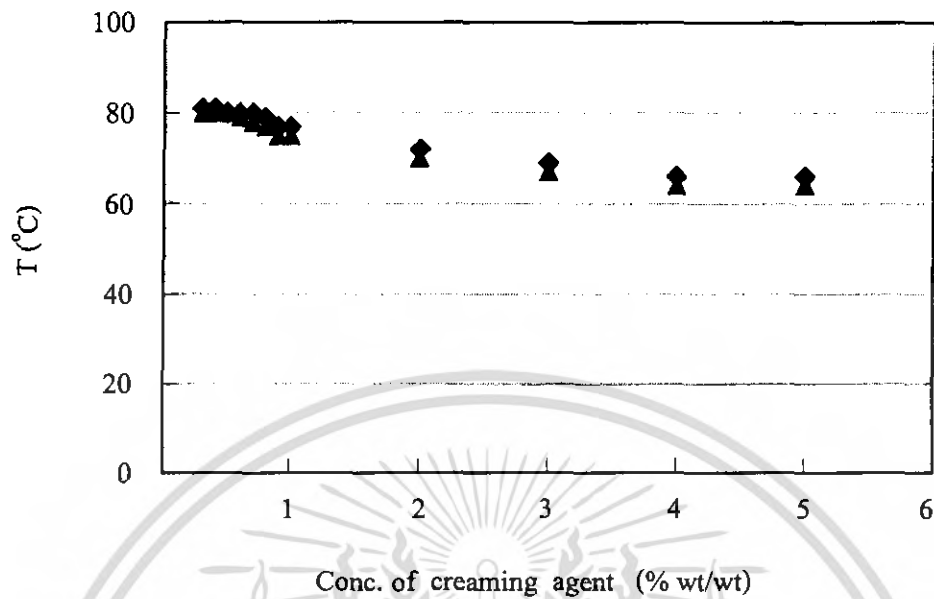
##### 4.1.1 สารละลายสารครีมในน้ำ



รูปที่ 4.1 อิทธิพลของความเข้มข้นของสารละลายสารครีม ที่มีต่ออุณหภูมิสารละลายวิกฤติต่ำสุด

ในการศึกษาอิทธิพลของความเข้มข้นต่ออุณหภูมิสารละลายวิกฤติต่ำสุด โดยให้ความร้อนแก่สารละลายสารครีม และสังเกตการเปลี่ยนแปลงสีของสารละลายสารครีมที่อุณหภูมิต่างๆ เมื่อสารละลายสารครีมมีอุณหภูมิเท่ากับอุณหภูมิสารละลายวิกฤติต่ำสุด สารละลายจะมีลักษณะขุ่น โดยจากการทดลองพบว่าเมื่อความเข้มข้นของสารละลายสารครีมเพิ่มขึ้น ทำให้อุณหภูมิจของสารละลายวิกฤติต่ำสุดของสารครีมลดลง ดังแสดงในรูปที่ 4.1

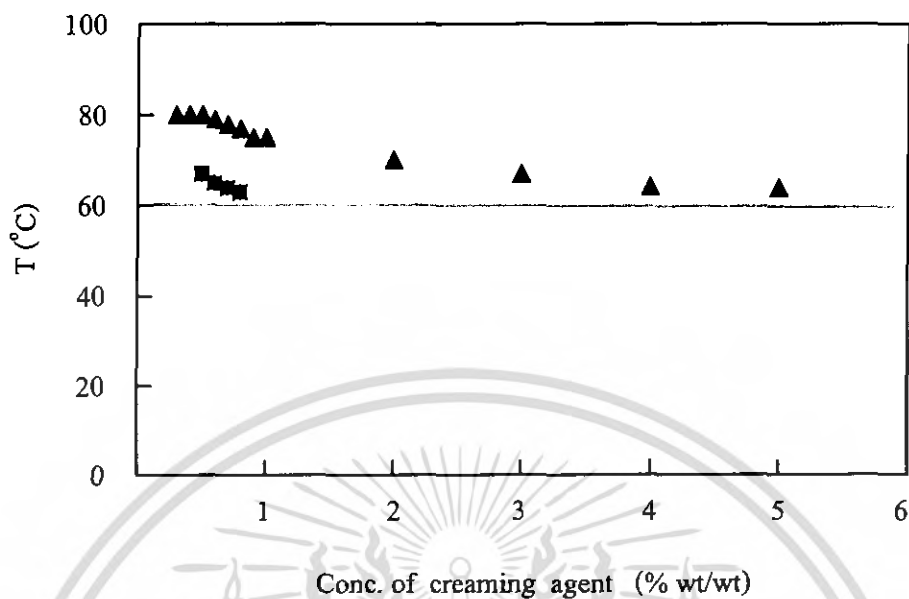
#### 4.1.2 สารละลายสารครีมในน้ำที่มีแอมโมเนีย



รูปที่ 4.2 อิทธิพลของแอมโมเนีย ที่มีต่ออุณหภูมิสารละลายวิกฤตต่ำสุด (▲ สารละลายสารครีม/น้ำ, ◆ สารละลายสารครีม/น้ำที่มีแอมโมเนียร้อยละ 0.7 โดยน้ำหนัก)

รูปที่ 4.2 แสดงอิทธิพลของความเข้มข้นแอมโมเนียที่มีผลต่ออุณหภูมิสารละลายวิกฤตต่ำสุด โดยจากการเปรียบเทียบอุณหภูมิสารละลายวิกฤตต่ำสุดของสารละลายสารครีม/น้ำ กับสารละลายสารครีม/น้ำ ที่มีแอมโมเนียเข้มข้นร้อยละ 0.7 โดยน้ำหนัก พบว่าแอมโมเนียมีผลทำให้อุณหภูมิสารละลายวิกฤตต่ำสุดเพิ่มขึ้น เนื่องจากแอมโมเนียสามารถละลายได้ทั้งในน้ำและสารครีม จึงทำให้อุณหภูมิสารละลายวิกฤตต่ำสุดเพิ่มขึ้น โดยเพิ่มขึ้นจากสารละลายสารครีมในน้ำประมาณ  $2^{\circ}\text{C}$

### 4.1.3 สารละลายสารครีมในน้ำซีรัม

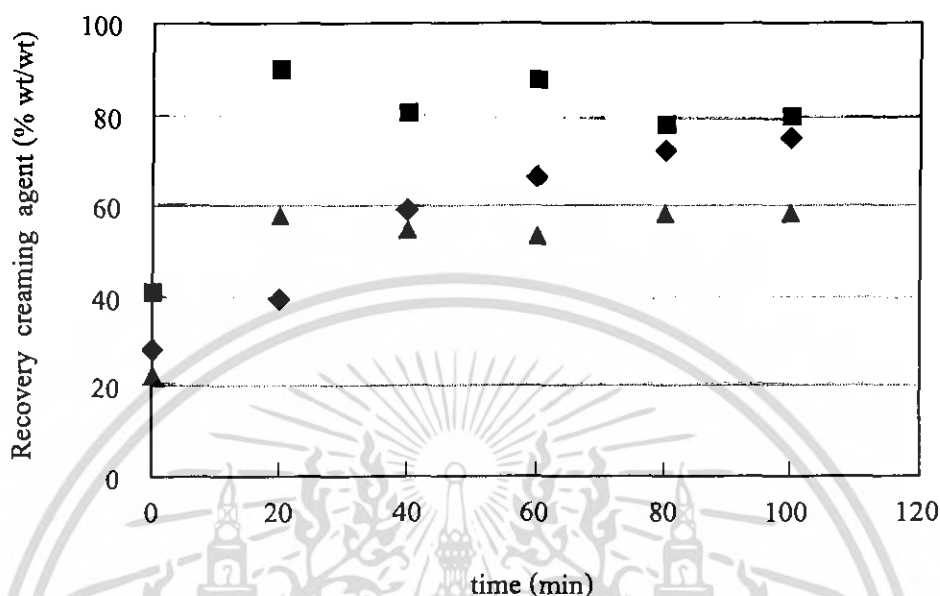


รูปที่ 4.3 เปรียบเทียบอุณหภูมิสารละลายวิกฤติต่ำสุดของสารละลายสารครีมในน้ำกับสารละลายสารครีมในน้ำซีรัม ( ▲ สารละลายสารครีม/น้ำ, ■ สารละลายสารครีม/น้ำซีรัม )

สารละลายสารครีมที่ใช้ในการครีมหางน้ำอย่างมีความเข้มข้นร้อยละ 0.6 โดยน้ำหนัก ดังนั้นจึงทำการศึกษาสารละลายสารครีมในน้ำซีรัม ในช่วงความเข้มข้นร้อยละ 0.5-0.8 โดยน้ำหนัก พบว่าอุณหภูมิสารละลายวิกฤติต่ำสุดของสารละลายสารครีมในน้ำซีรัม น้อยกว่าสารละลายสารครีมในน้ำประมาณ  $10^{\circ}\text{C}$  ซึ่งเป็นผลมาจากอนุภาคของแข็ง (non-rubber) ที่อยู่ในหางน้ำอย่าง ดังแสดงในรูปที่ 4.3

## 4.2 การนำกลับสารครีม

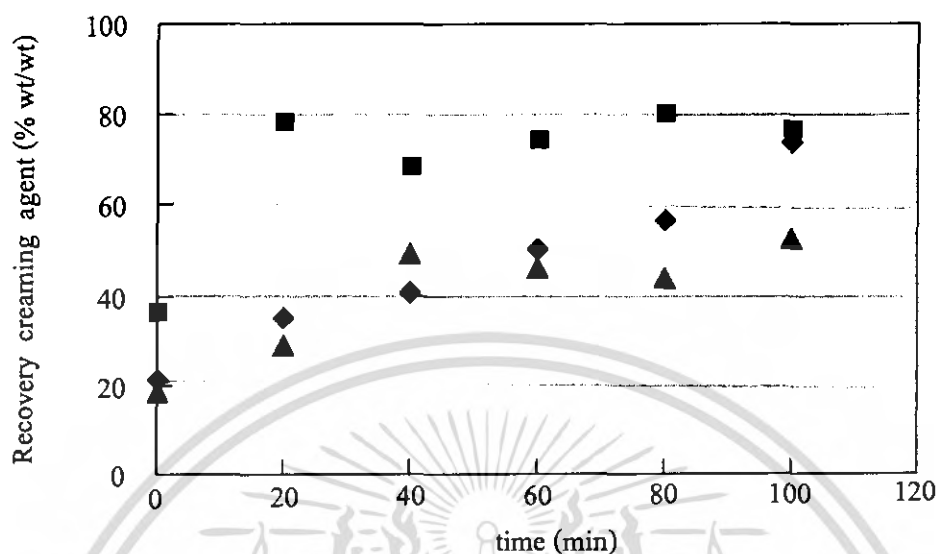
### 4.2.1 การนำกลับสารครีมในสารละลายสารครีมในน้ำ



รูปที่ 4.4 ปริมาณสารครีมที่ได้จากการนำกลับในระบบสารละลายสารครีมในน้ำ ที่อุณหภูมิ และระยะเวลาการให้ความร้อนต่างๆ ( ▲ 85°C, ◆ 90°C และ ■ 95°C )

รูปที่ 4.4 แสดงผลการนำกลับสารครีมในน้ำ ที่มีความเข้มข้นของสารละลายสารครีม ร้อยละ 0.6 โดยน้ำหนัก พบว่าเมื่อเพิ่มอุณหภูมิของสารละลายสารครีม จะทำให้สารครีมจับตัวเป็นก้อนขนาดใหญ่ขึ้น ทำให้ปริมาณสารครีมที่นำกลับได้เพิ่มขึ้น และเมื่อเพิ่มเวลาในการให้ความร้อน 20 นาทีขึ้นไป ปริมาณสารครีมที่นำกลับได้ค่อนข้างคงที่ ดังนั้นสภาวะที่เหมาะสมในการนำกลับ คือ อุณหภูมิ 95 °C และเวลาที่ใช้ให้ความร้อน 20 นาที โดยมีปริมาณสารครีมที่นำกลับได้ร้อยละ 84 โดยน้ำหนัก

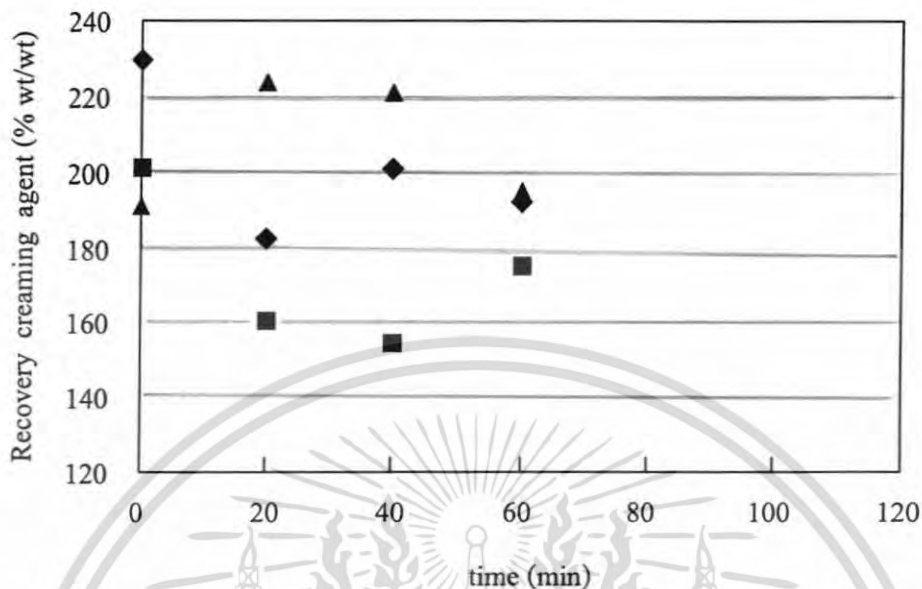
#### 4.2.2 การนำกลับสารครีมในสารละลายสารครีมในน้ำที่มีแอมโมเนีย



รูปที่ 4.5 ปริมาณสารครีมที่ได้จากการนำกลับในสารละลายสารครีมในน้ำ ที่มีปริมาณแอมโมเนีย ร้อยละ 0.7 โดยน้ำหนัก ที่อุณหภูมิและระยะเวลาการให้ความร้อนต่างๆ (▲ 85°C, ◆ 90°C และ ■ 95°C)

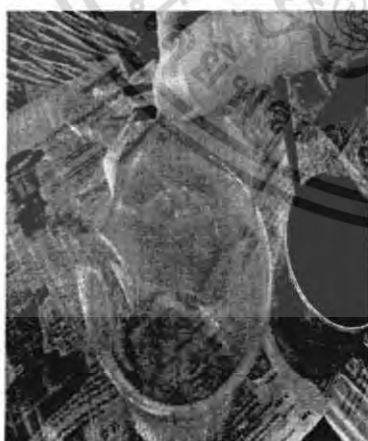
รูปที่ 4.5 แสดงผลการนำกลับสารครีมในน้ำ ที่มีความเข้มข้นของสารละลายสารครีม ร้อยละ 0.6 โดยน้ำหนัก และมีปริมาณแอมโมเนียร้อยละ 0.7 โดยน้ำหนัก แสดงให้เห็นว่าแอมโมเนีย มีผลทำให้ร้อยละการนำกลับสารครีมลดลง เนื่องจากแอมโมเนียในระบบมีผลทำให้อุณหภูมิ สารละลายวิกฤติต่ำสุดเพิ่มขึ้น จึงทำให้ปริมาณสารครีมที่นำกลับได้ลดลง โดยเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น มีผลทำให้ปริมาณสารครีมที่นำกลับได้เพิ่มขึ้น และเมื่อให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 85°C เป็นเวลา 40 นาทีขึ้นไป ปริมาณสารครีมที่นำกลับได้ค่อนข้างคงที่ ส่วนที่อุณหภูมิ 95°C ปริมาณสารครีมที่ นำกลับคงที่ เมื่อให้ความร้อนเป็นเวลา 20 นาทีขึ้นไป ดังนั้นสภาวะที่เหมาะสมในการนำกลับ คือ ที่อุณหภูมิ 95°C และเวลาในการให้ความร้อน 20 นาที โดยมีปริมาณการนำกลับสารครีม สูงสุดประมาณร้อยละ 78 โดยน้ำหนัก

### 4.2.3 การนำกลับสารครีมในสารละลายสารครีมในน้ำซีรัม



รูปที่ 4.6 ปริมาณสารครีมที่ได้จากการนำกลับในสารละลายสารครีม/น้ำซีรัม ที่อุณหภูมิ และระยะเวลาการให้ความร้อนต่างๆ ( ▲ 85°C, ◆ 90°C และ ■ 95°C )

รูปที่ 4.6 แสดงผลการนำกลับสารครีมในน้ำซีรัม ที่มีความเข้มข้นของสารละลายสารครีม ร้อยละ 0.6 โดยน้ำหนัก จากการทดลองพบว่า เมื่อเพิ่มอุณหภูมิและเวลาในการให้ความร้อน ส่งผลให้ร้อยละการนำกลับสารครีมที่ได้ลดลง เนื่องจากสารครีมที่นำกลับ ได้มีลักษณะการจับตัว แน่นขึ้น ทำให้ปริมาณน้ำซีรัมในสารครีมที่นำกลับได้ลดลง ดังรูปที่ 4.7



(ก) สารครีมที่นำกลับได้ที่อุณหภูมิ 85 °C



(ข) สารครีมที่นำกลับได้ที่อุณหภูมิ 95 °C

รูปที่ 4.7 ลักษณะการจับตัวของสารครีมที่นำกลับได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยเมื่อให้ความร้อนเป็นเวลาในการให้ความร้อน 20 นาทีขึ้นไป ปริมาณสารคริมที่นำกลับได้ค่อนข้างคงที่ ดังนั้นสภาวะที่เหมาะสมในการนำกลับสารคริม คือ อุณหภูมิ 95 °C และเวลาในการให้ความร้อน 20 นาที โดยปริมาณสารคริมที่นำกลับได้เท่ากับร้อยละ 160 โดยน้ำหนัก

เป็นที่น่าสังเกตว่าร้อยละการนำกลับสารคริมมีค่ามากกว่า 100 เนื่องจากสารคริมที่นำกลับได้มีอนุภาคของแข็ง (non - rubber) ที่อยู่ในน้ำชีรั่ม เช่น โปรตีน, คาร์โบไฮเดรต และเกลืออนินทรีย์ เป็นต้น เจือปนในสารคริม ซึ่งไม่สามารถวิเคราะห์ปริมาณของแข็งดังกล่าวได้ ดังนั้นจากการคำนวณโดยใช้ปริมาณสารคริมทั้งหมดในน้ำชีรั่มเป็นฐานการคำนวณ จึงทำให้ร้อยละการนำกลับมีค่ามากกว่า 100 อย่างไรก็ตามของแข็งที่เจือปนในสารคริมที่นำกลับได้เมื่อเทียบกับปริมาณของแข็งในหางน้ำยางถือว่ามีย่าน้อยมาก จึงไม่น่าจะส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพในการนำสารคริมไปใช้ในการคริมหางน้ำยางครั้งต่อไป



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 5

# สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

### 5.1 สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาการนำกลับสารครีมที่ใช้ในการครีมหางน้ำข้างใน 3 ระบบ คือ ระบบสารครีมในน้ำ, ระบบสารครีมในน้ำที่มีแอมโมเนียเข้มข้น 0.7 โดยน้ำหนัก และระบบสารครีมในน้ำซีรัม โดยใช้ความร้อนในการแยกสารครีม ภายใต้อุณหภูมิต่างๆ คือ ความเข้มข้นแอมโมเนีย, อุณหภูมิ (85, 90 และ 95°C) และเวลาการให้ความร้อน (0, 20, 40 และ 60 นาที) ที่เหมาะสมในการนำกลับสารครีม

พบว่าความเข้มข้นของแอมโมเนียมีผลทำให้ปริมาณสารครีมที่นำกลับได้ลดลง เนื่องจากแอมโมเนียทำให้อุณหภูมิสารละลายวิกฤติต่ำสุดเพิ่มขึ้น และเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นมีผลทำให้สารครีมจับตัวกันแน่นขึ้น น้ำซีรัมที่อยู่ในสารครีมจึงลดลง ทำให้ร้อยละการนำกลับสารครีมเพิ่มขึ้น และเวลาในการให้ความร้อน 20 นาทีขึ้นไป ปริมาณสารครีมที่นำกลับได้ค่อนข้างคงที่ ดังนั้นสภาวะที่เหมาะสมในการนำกลับสารครีม คือ ที่อุณหภูมิ 95 °C และเวลาการให้ความร้อน 20 นาที โดยร้อยละการนำกลับสารครีมในระบบสารครีมในน้ำ, ระบบสารครีมในน้ำที่มีแอมโมเนียเข้มข้น 0.7 โดยน้ำหนัก และระบบสารครีมในน้ำซีรัมเท่ากับ 84, 78 และ 160 โดยน้ำหนัก ตามลำดับ ซึ่งในระบบสารครีมในน้ำซีรัมมีร้อยละการนำกลับมากกว่า 100 เนื่องจากมีอนุภาคของแข็ง (non - rubber) ในน้ำซีรัมเจือปนในสารครีมที่นำกลับได้

### 5.2 ข้อเสนอแนะ

ในการนำกลับสารครีมพบว่ามีของแข็งเจือปนอยู่ในสารครีมที่นำกลับได้ ซึ่งหากเปรียบเทียบปริมาณของแข็งที่เจือปนในสารครีมกับปริมาณของแข็งที่อยู่ในหางน้ำข้าง พบว่าปริมาณของแข็งที่เจือปนในสารครีมมีปริมาณน้อยกว่ามาก ดังนั้นปริมาณของแข็งในหางน้ำข้างก่อนเติมสารครีมมีค่าใกล้เคียงกับปริมาณของแข็งหลังเติมสารครีมที่มีของแข็งเจือปน จึงมีความเป็นไปได้ที่จะนำสารครีมกลับไปใช้ในการครีมครั้งต่อไปใหม่ ดังนั้นควรศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับประสิทธิภาพในการครีมขางโดยใช้สารครีมที่ได้จากการนำกลับ

## เอกสารอ้างอิง

- [1] ฝ่ายพัฒนาเว็บสถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร. “สถิติยางไทย.” [Online] Available: [http://www.rubberthai.com/statistic/stat\\_index.html](http://www.rubberthai.com/statistic/stat_index.html).
- [2] หน่วยงานสนับสนุนการตัดสินใจในการปลูกยางพาราในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. “ข้อมูลวิชาการยางพารา.” [Online] Available: <http://mapserv.agri.ubu.ac.th/Datarubber/para01.html>.
- [3] ศูนย์ศึกษาการค้าระหว่างประเทศ มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย. “ภาวะการส่งออก-นำเข้า.” [Online] Available: <http://www.biothai.net/news/view.php?id=3455>.
- [4] สุธีระ ประเสริฐสรรพ. “แนวทางการพัฒนาให้ป็นเครื่องจักรเศรษฐกิจของประเทศ.” [Online] Available: [http://rescom.trf.or.th/display/show\\_colum\\_print.php?id\\_colum=407](http://rescom.trf.or.th/display/show_colum_print.php?id_colum=407).
- [5] กรมเศรษฐกิจการพาณิชย์. “สินค้าส่งออกสำคัญ 15 รายการแรกของไทย ประจำปี พ.ศ. 2546 - 2550.” [Online] Available: <http://www.ryt9.com/news/2007-08-29/iq79ccdef99acbabd8c2fb9b85d9d87291>.
- [6] ศูนย์ศึกษาการค้าระหว่างประเทศ มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย. “ภาวะการส่งออก - นำเข้าไตรมาส 3.” [Online] Available: <http://www.nidambe11.net/ekonomiz/2006q3/2006july06p10.html>. 2549.
- [7] ฐานความรู้ด้านพืช กรมวิชาการเกษตร. “ศักยภาพการใช้ยางพารา.” [Online] Available: [http://www.doa.go.th/pl\\_data/rubber/1stat/st01.html](http://www.doa.go.th/pl_data/rubber/1stat/st01.html).
- [8] อธิพิล แจ่มชัด. *พอลิเมอร์ฟิสิกส์*. พิมพ์ครั้งที่ 1. ภาควิชาเคมี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 2544.
- [9] ศิริวรรณ ศรีสรณ์. *สมมูลวิทยา*. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: ปรีดาการพิมพ์. 2533.
- [10] KK and LK Sharma. *Physical Chemistry*. 3<sup>rd</sup> Ed. New York: Churchill Livingstone. 1997.
- [11] University of Wisconsin. “Structure of Polymer Latices Particular.” [Online] Available: <http://www.uwsp.edu/chemistry/FacResearch1.pdf>. 1989.
- [12] ศูนย์ส่งเสริมการศึกษา. “ประเภทและคุณสมบัติของยาง.” [Online] Available: [ebook.nfe.go.th/ebook/html/021-bk/136.html](http://ebook.nfe.go.th/ebook/html/021-bk/136.html).
- [13] พงษ์ธร แซ่อูย. “ชนิด สมบัติ และการใช้งานยาง.” วารสารทางศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ (เอ็มเทค). 2537. หน้า 3: 74-78.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- [14] บุญธรรม นิธิอุทัย และคณะ. “เทคโนโลยีน้ำยางข้น.” วิทยาเขตปัตตานี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. 2539.
- [15] เสาวนีย์ ก่อวุฒิกุลรังสี. “น้ำยางสด.” วารสารเรื่องยางและพอลิเมอร์. ฉบับที่ 2, เมษายน-มิถุนายน. 2540.
- [16] รัตน์ เพชรจันทร์. “ยางพารา.” เอกสารนิเทศการศึกษา. ฉบับที่ 264, เมษายน-มิถุนายน. 2527.
- [17] Yip. E. and Goonez J.B. “Stability of Fresh Hevea Latex in Relation to Latex Vessel.” Plugging Proo Lax Rubber Conf Kuala Lumpur, Rubber Res. Inst. Malaysia. 2: 203. 1975.
- [18] Southbom W.A. “Physiology on Hevea (latex - flow).” J.Rubber Res. Inst. Malaysia. 21: 494-512. 1976.
- [19] ประมวล ตั้งบริบูรณ์รัตน์. พอลิเมอร์คอลลอยด์. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: รวยเจริญการพิมพ์. 2545.
- [20] สุรพิชญ ลอยกุลนันท์ และคณะ. กรรมวิธีการแยกเนื้อยางออกจากหางน้ำยางธรรมชาติโดยใช้พอลิเมอร์ที่ไวต่อความร้อน. ประเทศไทย. สิทธิบัตรไทยเลขที่ 22185. 31 มกราคม 2549.
- [21] สุรพิชญ ลอยกุลนันท์ และคณะ. กระบวนการเก็บรวบรวมเนื้อยางจากหางน้ำยางธรรมชาติ. ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ (เอ็มเทค)., 2546.
- [22] ปรีดีเปรม ทศนกุล และคณะ. สารเสริมการจับตัวหางน้ำยาง. ศูนย์วิจัยยางสงขลา สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร., 2541.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

ข้อมูลดิบ

ตารางที่ ก.1 อุณหภูมิสารละลายวิกฤติต่ำสุดของสารละลายสารครีมในระบบต่าง ๆ

ความเข้มข้นของ สารละลายสารครีม (ร้อยละ โดยน้ำหนัก)	อุณหภูมิ (°C)		
	ระบบสารละลาย สารครีม/น้ำ	ระบบสารละลาย สารครีม/น้ำ ที่มี แอมโมเนียร้อยละ 0.7 โดยน้ำหนัก	ระบบสารละลายสาร ครีม/น้ำซีรัม
0.3	80	81	-
0.4	80	81	-
0.5	80	80	67
0.6	79	80	65
0.7	78	80	64
0.8	77	79	63
0.9	75	77	-
1	75	77	-
2	70	72	-
3	67	69	-
4	64	66	-
5	64	66	-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.2 ปริมาณสารครีมที่ได้จากการนำกลับในสารละลายสารครีม/น้ำ ที่อุณหภูมิต่าง ๆ

เวลา (min)	ปริมาณสารครีมที่นำกลับได้ (g) ที่อุณหภูมิ			ร้อยละสารครีมที่นำกลับได้ (%wt/wt) ที่อุณหภูมิ		
	85 °C	90 °C	95 °C	85 °C	90 °C	95 °C
0	0.0678	0.0854	0.1235	22.60	28.47	41.17
20	0.1729	0.1177	0.2702	57.63	39.26	90.07
40	0.1643	0.1777	0.2417	54.77	59.23	80.57
60	0.1598	0.1996	0.2633	53.27	66.53	87.77
80	0.1749	0.2172	0.2344	58.30	72.40	78.13
100	0.1751	0.2251	0.2397	58.37	75.03	79.90

ตารางที่ ก.3 ปริมาณสารครีมที่ได้จากการนำกลับในสารละลายสารครีม/น้ำ ที่มีสารละลาย  
แอมโมเนียร้อยละ 0.7 โดยน้ำหนัก ที่อุณหภูมิต่าง ๆ

เวลา (min)	ปริมาณสารครีมที่นำกลับได้ (g) ที่อุณหภูมิ			ร้อยละสารครีมที่นำกลับได้ (%wt/wt) ที่อุณหภูมิ		
	85 °C	90 °C	95 °C	85 °C	90 °C	95 °C
0	0.0557	0.0638	0.1095	18.57	21.27	36.50
20	0.0873	0.1058	0.2366	29.10	35.27	78.87
40	0.1486	0.1225	0.2062	49.53	40.83	68.73
60	0.1379	0.1511	0.2241	45.97	50.37	74.70
80	0.1402	0.1696	0.2412	44.03	56.53	80.40
100	0.1571	0.2219	0.2302	52.37	73.97	76.73

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.4 ปริมาณสารครีมที่ได้จากการนำกลับในสารละลายสารครีม/น้ำซีรัม  
ที่อุณหภูมิ 85 °C

เวลา (min)	ปริมาณสารครีม ที่นำกลับได้ (g)	ร้อยละสารครีม ที่นำกลับได้ (%wt/wt)	ปริมาณของแข็ง ที่เหลือในน้ำซีรัม (g)	ร้อยละของแข็ง ที่เหลือในน้ำซีรัม (%wt/wt)
0	0.5735	191.17	1.63	3.26
20	0.6719	223.97	1.58	3.16
40	0.6624	220.80	1.55	3.10
60	0.5840	194.67	1.64	3.28

ตารางที่ ก.5 ปริมาณสารครีมที่ได้จากการนำกลับ ในสารละลายสารครีม/น้ำซีรัม  
ที่อุณหภูมิ 90 °C

เวลา (min)	ปริมาณสารครีม ที่นำกลับได้ (g)	ร้อยละสารครีม ที่นำกลับได้ (%wt/wt)	ปริมาณของแข็ง ที่เหลือในน้ำซีรัม (g)	ร้อยละของแข็ง ที่เหลือในน้ำซีรัม (%wt/wt)
0	0.6896	229.87	1.52	3.04
20	0.5473	182.43	1.69	3.38
40	0.6022	200.73	1.68	3.36
60	0.5762	192.07	1.66	3.32

ตารางที่ ก.6 ปริมาณสารครีมที่ได้จากการนำกลับ ในสารละลายสารครีม/น้ำซีรัม  
ที่อุณหภูมิ 95 °C

เวลา (min)	ปริมาณสารครีม ที่นำกลับได้ (g)	ร้อยละสารครีม ที่นำกลับได้ (%wt/wt)	ปริมาณของแข็ง ที่เหลือในน้ำซีรัม (g)	ร้อยละของแข็ง ที่เหลือในน้ำซีรัม (%wt/wt)
0	0.6039	201.30	1.64	3.28
20	0.4818	160.60	1.86	3.72
40	0.4648	154.93	1.74	3.48
60	0.5257	175.23	1.71	3.42

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูลผลการทดลองปริมาณยางแห้งก่อนครีม, หลังครีม และร้อยละน้ำหนักยาง

ร้อยละปริมาณยางแห้งก่อนครีมเท่ากับ	6.07	%wt/wt
ร้อยละปริมาณยางแห้งหลังครีมเท่ากับ	32.01	%wt/wt
ปริมาณหางน้ำยาง	400.00	g
ปริมาณยางในหางน้ำยาง	24.28	g
ปริมาณยางในยางชั้น	15.78	g
ร้อยละการนำกลับยาง	64.99	%wt/wt



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ภาคผนวก ข

### การหาปริมาณยางแห้ง

#### การหาปริมาณยางแห้งในหางน้ำยาง

1. ชั่งกระดาษกรองเบอร์ 1, จานกระเบื้อง และบีกเกอร์
2. ชั่งหางน้ำยาง 20 กรัมใส่ในบีกเกอร์
3. นำกรดอะซีติกเข้มข้นร้อยละ 20 โดยปริมาตร ปริมาณ 20 มิลลิลิตร เติมลงในหางน้ำยาง เขย่าแล้วตั้งทิ้งไว้สักพัก
4. นำหางน้ำยางไปกรองผ่านกระดาษกรองเบอร์ 1 ตั้งทิ้งไว้จนเหลือแต่เนื้อยางบนกระดาษกรอง
5. นำกระดาษกรองใส่จาน จากนั้นนำไปอบพร้อมกับบีกเกอร์ที่อุณหภูมิ 70 °C เป็นเวลา 16 ชั่วโมง
6. ชั่งน้ำหนักบีกเกอร์, จาน และกระดาษกรอง จากนั้นหาน้ำหนักยางพาราที่ได้

#### การหาปริมาณยางแห้งในยางที่ผ่านการครีมน

1. นำยางพาราที่ผ่านการครีมน 5 กรัมลงจานกระเบื้อง
2. เติมกรดอะซีติกเข้มข้นร้อยละ 20 โดยปริมาตร ปริมาณ 20 มิลลิลิตร เติมลงในจานกระเบื้อง รอสักครู่ให้กรดจับตัวกับสาร โดยจะมีลักษณะเป็นแผ่น
3. เทกรดอะซีติกออก และนำยางแผ่นที่ได้ล้างน้ำประมาณ 3 - 5 นาที
4. อบยางพาราที่อุณหภูมิ 70 °C เป็นเวลา 16 ชั่วโมง

## ภาคผนวก ก

## ตัวอย่างการคำนวณ

จากข้อมูลปริมาณสารเคมีที่ได้จากการนำกลับ ในสารละลายสารเคมีในน้ำซีรัมที่อุณหภูมิ 85°C ในตาราง ก.4

- ร้อยละสารเคมีที่ได้จากการนำกลับ คำนวณจากสมการที่ 3.1

$$\begin{aligned} \text{ร้อยละสารเคมีที่ได้จากการนำกลับ} &= \frac{\text{ปริมาณสารเคมีที่นำกลับได้}}{\text{ปริมาณสารเคมีที่ใช้ซีรัม}} \times 100 \\ &= \frac{0.5735 \text{ กรัม}}{0.3 \text{ กรัม}} \times 100 \\ &= 191.17 \end{aligned}$$

- ร้อยละของของแข็งที่เหลือในน้ำซีรัม คำนวณจากสมการที่ 3.2

$$\begin{aligned} \text{ร้อยละของของแข็งที่เหลือในน้ำซีรัม} &= \frac{\text{ปริมาณของแข็งที่เหลือในน้ำซีรัม}}{\text{ปริมาณน้ำซีรัมเริ่มต้น}} \times 100 \\ &= \frac{1.63 \text{ กรัม}}{50 \text{ กรัม}} \times 100 \\ &= 3.26 \end{aligned}$$

จากข้อมูลร้อยละนำกลับข้าง ในภาคผนวก ก

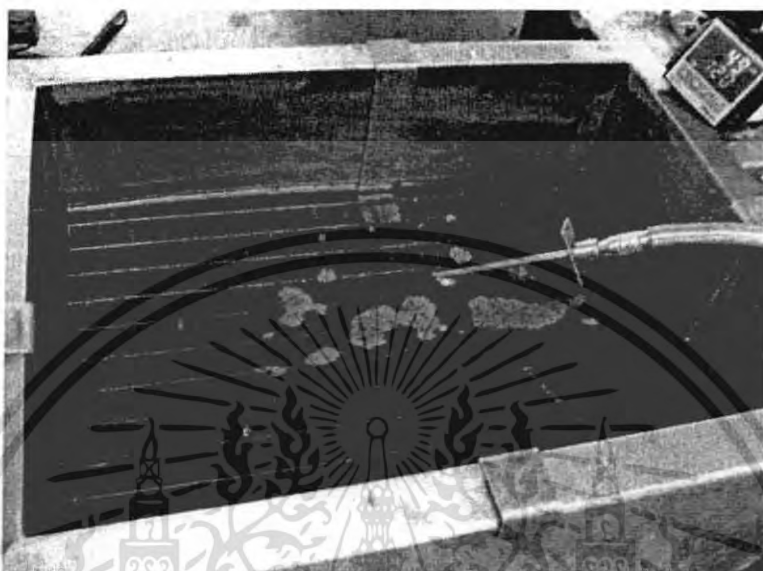
- ร้อยละนำกลับข้าง คำนวณจากสมการที่ 3.3

$$\begin{aligned} \text{ร้อยละนำกลับข้าง} &= \frac{\text{ปริมาณข้างในข้างขึ้น}}{\text{ปริมาณข้างในหางน้ำข้าง}} \times 100 \\ &= \frac{15.78 \text{ กรัม}}{24.28 \text{ กรัม}} \times 100 \\ &= 64.99 \end{aligned}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ภาคผนวก ง

### เครื่องมือและอุปกรณ์



รูปที่ ง.1 อ่างควบคุมอุณหภูมิ

เมื่อตั้งอุณหภูมิน้ำมันในอ่างควบคุมอุณหภูมิที่ 120 °C อุณหภูมิ ณ จุดต่างๆ ในอ่างควบคุมอุณหภูมิแสดงดังตารางที่ ง.1

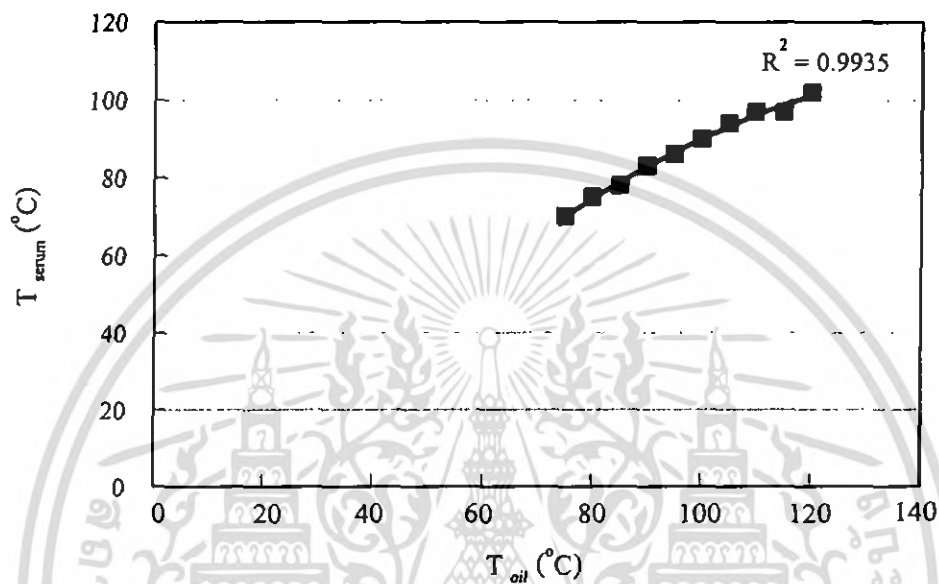
ตารางที่ ง.1 การกระจายอุณหภูมิในอ่างควบคุมอุณหภูมิ

119 °C	119 °C	120 °C	120 °C	120 °C	120 °C	120 °C
119 °C	119 °C	120 °C	120 °C	120 °C	120 °C	120 °C
118 °C	119 °C	120 °C	120 °C	120 °C	120 °C	120 °C
119 °C	119 °C	120 °C	120 °C	120 °C	120 °C	120 °C
119 °C	119 °C	120 °C	120 °C	120 °C	120 °C	120 °C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### กราฟมาตรฐานอุณหภูมิน้ำซีรัมกับอุณหภูมิน้ำมันที่ตั้งค่าไว้

เมื่อสารครีมเริ่มจับตัวเป็นของแข็ง ทำให้อุณหภูมิของน้ำซีรัมที่วัดได้ไม่คงที่ จึงสร้างกราฟมาตรฐานอุณหภูมิน้ำซีรัมกับอุณหภูมิน้ำมันที่ตั้งค่าไว้ โดยวัดอุณหภูมิน้ำมันที่ตั้งค่าไว้ (75-115 °C) จากนั้นเปลี่ยนอุณหภูมิของน้ำเป็นอุณหภูมิของน้ำมัน โดยอาศัยค่าความจุความร้อนจำเพาะของสารครีมซึ่งมีค่าเท่ากับ 4.54 kJ/(kg °C)



รูปที่ ๓.2 กราฟมาตรฐานระหว่างอุณหภูมิน้ำซีรัมกับน้ำมันที่ตั้งค่า