

ออกซีเดชันของยางเม็ดและยางเส้นจากน้ำยางธรรมชาติ



นางสาว ชลธิณี ตั้งตรีรัตน์

สถาบันวิทยบริการ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาเคมีเทคนิค ภาควิชาเคมีเทคนิค


คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2547

ISBN 974-17-6119-8

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

OXIDATION OF RUBBER PELLET AND THREAD FROM NATURAL RUBBER LATEX



Miss Choltinee Tangtreerat

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science in Chemical Technology

Department of Chemical Technology

Faculty of Science

Chulalongkorn University

Academic Year 2004

ISBN 974-17-6119-8

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ออกซิเดชันของยางเม็ดและยางเส้นจากน้ำยางธรรมชาติ
โดย	นางสาว ชลธิณี ตั้งตรีรัตน์
สาขาวิชา	เคมีเทคนิค
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์ ดร. เพ็ชรพรอค ทิศคร
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	อาจารย์ ม.ล. ศิริพัศตร์ ไชยันต์

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยเป็นส่วน
หนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิทยาศาสตร์
(ศาสตราจารย์ ดร.เปี่ยมศักดิ์ เมนะเศวต)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.ธราพงษ์ วิทิตสานต์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(อาจารย์ ดร.เพ็ชรพรอค ทิศคร)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(อาจารย์ ม.ล.ศิริพัศตร์ ไชยันต์)

..... กรรมการ
(ศาสตราจารย์ ดร.ภัทรพรธณ ประศาสน์สารกิจ)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.สมเกียรติ งามประเสริฐสุสิทธิ์)

ชลธิณี ตั้งธีรรัตน์ : ออกซิเดชันของยางเม็ดและยางเส้นจากน้ำยางธรรมชาติ. (OXIDATION OF RUBBER PELLETS AND THREAD FROM NATURAL RUBBER LATEX)

อ. ที่ปรึกษา : อ.ดร.เพ็ชรพรอค ทศกร, อ.ที่ปรึกษาร่วม : อ.ม.ล.ศิริพัศตร์ ไชยันต์ จำนวนหน้า 76 หน้า. ISBN 974-17-6119-8.

งานวิจัยนี้มุ่งเน้นศึกษาออกซิเดชันของยางเม็ด และยางเส้นจากน้ำยางธรรมชาติ โดยในขั้นตอนแรกทำการศึกษาวิธีการผลิตยางเม็ด และยางเส้น จากน้ำยางธรรมชาติเข้มข้นชนิดแอมโมเนียต่ำ ปัจจัยที่มีผลในการผลิต คือ สารจับก้อนยาง ได้แก่ โพรพิลีนไกลคอล เอทิลแอลกอฮอล์ กรดฟอร์มิก น้ำเกลือ อิมัลชัน และน้ำปูนขาว เวลาที่ใช้ในการแยกน้ำออกจากน้ำยาง 5 ถึง 20 นาที ทำการผสมน้ำยางข้นกับกาวแก้ว(40%โซเดียมซัลเฟต) 10 และ 50 phr และ โซเดียม โดเดซิลซัลเฟตตั้งแต่ 0 ถึง 10 phr พบว่า น้ำยางข้นผสมโซเดียมซัลเฟต 10 phr กับ โซเดียมโดเดซิลซัลเฟต 10 phr โดยใช้เอทิลแอลกอฮอล์ เป็นสารแยกน้ำออกจากน้ำยางผสม เป็นเวลา 15 ถึง 20 นาที จะทำให้ได้ยางที่มีลักษณะร่วนไม่ติดกัน สูตรน้ำยางผสมดังกล่าวสามารถนำไปทำเป็นน้ำยางผสมสูตรวัลคาไนซ์ โดยการเติมสารวัลคาไนซ์ (ซัลเฟอร์ 2.8 phr ZDEC 3.2 phr และ ZnO 2.8 phr) เพื่อผลิตยางเม็ด และยางเส้นสูตรวัลคาไนซ์ได้

การศึกษาออกซิเดชันของยางเม็ด (แห้ง และเหนียว) ที่เตรียมจากการหยดน้ำยางข้นลงในเอทิลแอลกอฮอล์ผสมกับกรดฟอร์มิกในสัดส่วน 96 ต่อ 4 โดยปริมาตรในบรรยากาศออกซิเจน ในเครื่องปฏิกรณ์ทนแรงดันสูง ที่ความดันออกซิเจน 4 ถึง 20 บาร์ ซึ่งทำให้ได้สัดส่วนออกซิเจนต่อยางแห้งโดยน้ำหนักอยู่ในช่วง 1.64 ถึง 9.88 พบว่า สัดส่วนของออกซิเจนต่อยางแห้งส่งผลกระทบต่อร้อยละผลได้ของผลิตภัณฑ์แก๊ส ของเหลว และของแข็ง โดยที่สัดส่วนของออกซิเจนต่อยางแห้งโดยน้ำหนักเพิ่มขึ้น จะได้ผลิตภัณฑ์แก๊สเพิ่มขึ้น แต่ผลิตภัณฑ์ของเหลว และของแข็งจะลดลง และที่สัดส่วนออกซิเจนต่อยางแห้งโดยน้ำหนักเท่ากับ 1.64 มีร้อยละผลได้ของผลิตภัณฑ์ของเหลวเป็น 28.7% และร้อยละผลได้ของผลิตภัณฑ์ของแข็งเป็น 22.0% เมื่อทำการวิเคราะห์องค์ประกอบของผลิตภัณฑ์ของเหลวที่ได้จากออกซิเดชันที่สัดส่วนออกซิเจนต่อยางแห้งโดยน้ำหนักเท่ากับ 2.67 ได้เป็นแก๊สโซลีน 7% เคโรซีน 11% ไลต์แก๊สออยล์ 32% แก๊สออยล์ 21% และลองเรซิดิว 29%

การศึกษาออกซิเดชันของยางเม็ดที่ผสมกาวแก้ว และโซเดียมโดเดซิลซัลเฟต ที่สัดส่วนออกซิเจนต่อยางแห้งโดยน้ำหนักเท่ากับ 2.67 พบว่า ได้ร้อยละผลได้ของผลิตภัณฑ์ของเหลวเป็น 17.1% และร้อยละผลได้ของผลิตภัณฑ์ของแข็งเป็น 22.8% ซึ่งมีค่าสูงกว่าเมื่อเทียบกับผลิตภัณฑ์ที่ได้จากยางเม็ด ซึ่งมีร้อยละผลได้เป็น 14.4% และ 16.7% ตามลำดับ

ภาควิชา.....เคมีเทคนิค.....
สาขาวิชา.....เคมีเทคนิค.....
ปีการศึกษา.....2547.....

ลายมือชื่อนิสิต.....
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

4572268323 : MAJOR CHEMICAL TECHNOLOGY

KEY WORD: OXIDATION / NATURAL RUBBER / PELLET / THREAD

CHOLTINEE TANGTREERAT : OXIDATION OF RUBBER PELLET AND THREAD FROM NATURAL RUBBER LATEX. THESIS ADVISOR: PIENPAK TASAKORN, Ph.D., THESIS COADVISOR : M.L.SIRIPASTR JAYANTA, 76 pp. ISBN 974-17-6119-8.

Oxidation of rubber pellet and thread from natural rubber latex has been studied. The production techniques of pellet and thread from latex concentrate was first investigated. Coagulating media used in the process were propylene glycol, ethyl alcohol, formic acid, sodium chloride and calcium oxide. The resident time that latex was immersed in the medium were varied between 5-20 minutes. Latex was added with water glass (40% sodium silicate) at 10 and 50 phr, and sodium dodecyl sulphate varied between 0-10 phr. The result indicated that a latex containing water glass 10 phr and sodium dodecyl sulphate 10 phr coagulated in ethyl alcohol for 15-20 minutes yielded reasonably non-sticky solid. When the latex compounded with vulcanizing agents (sulphur 2.8 phr, ZDEC 3.2 phr and ZnO 2.8 phr) was mixed and prepared in a similar manner, the non-sticky solid can also be obtained.

The oxidation of pure rubber pellet (dry and sticky) prepared by coagulation in ethyl alcohol with 4% formic acid but without addition of water glass and sodium dodecyl sulphate, in oxygen atmosphere has been studied in a bomb calorimeter (Parr 1341) using oxygen pressure between 4-20 bar corresponding to ratios of oxygen to rubber of 1.64-9.88. The result showed that higher ratio yielded more combustion gas product and at a ratio of 1.64 the liquid yield was 28.7% and solid 22.0%. The liquid obtained from the oxidation at oxygen to rubber ratio of 2.67, when analyzed by a simulated distillation gas chromatography, showed a gasoline fraction 7%, kerosene 11%, light gas oil 32%, gas oil 21%, and long residue 29%.

The oxidation of rubber pellet, prepared by addition of water glass and sodium dodecyl sulphate, at oxygen to rubber ratio of 2.67 yielded a liquid product 17.1% and solid 22.8% which showed higher yield when compared to products obtained from pure rubber pellet 14.4% and 16.7% respectively

Department.....Chemical Technology.....	Student's signature.....
Field of study....Chemical Technology...	Advisor's signature.....
Academic year...2004.....	Co-advisor's signature.....

กิตติกรรมประกาศ

ขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์ ดร.เพียรพรรค ทศกร อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และอาจารย์ ม.ล.ศิริพัศตร์ ไชยันต์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษา แนะนำแนวทางการทำวิจัย ตลอดจนให้ความเห็นในการปรับปรุงงานวิจัยให้สำเร็จโดยสมบูรณ์

ขอกราบขอบพระคุณ ศาสตราจารย์ ดร.ภัทรพรรณ ประศาสน์สารกิจ ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ ดร.ชราพงษ์ วิทิตสานต์ และรองศาสตราจารย์ ดร.สมเกียรติ งามประเสริฐสิทธิ์ กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาให้ความเห็น และคำแนะนำในการจัดทำวิทยานิพนธ์

ขอกราบขอบพระคุณบัณฑิตวิทยาลัย และโครงการ ADB ที่ให้การสนับสนุนการวิจัย

ขอกราบขอบพระคุณเจ้าหน้าที่ภาควิชาเคมีเทคนิคทุกท่าน และเพื่อนนิสิตที่ช่วยเหลือให้คำแนะนำ ตั้งแต่เริ่มดำเนินการวิจัยจนเสร็จสิ้น

สุดท้ายนี้ ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ที่ให้คำสอน อบรมเลี้ยงดู ให้การสนับสนุน และเป็นกำลังใจให้เสมอมา



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ	ฉ
สารบัญ	ช
สารบัญตาราง	ฌ
สารบัญภาพ	ญ
บทที่	
1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	2
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	2
1.4 ขอบเขตและวิธีดำเนินการวิจัย.....	3
2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	5
2.1 แนวคิดและทฤษฎี	5
2.1.1 ยางธรรมชาติ.....	5
2.1.2 แรงตึงผิว.....	16
2.1.3 การหาค่าแรงตึงผิวของของเหลวด้วยวิธี Drop weight method.....	16
2.1.4 ปฏิกริยาการแตกตัวของยางธรรมชาติ.....	17
2.1.5 ปฏิกริยาออกซิเดชันของยางธรรมชาติ.....	18
2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	19
2.3 สมมติฐาน.....	22
3 วิธีดำเนินการวิจัย	23
3.1 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	23
3.2 ตัวอย่างและสารเคมีที่ใช้ในการทดลอง.....	24
3.3 การดำเนินงานวิจัย	25
3.4 ขั้นตอนการวิจัย	27
4 ผลการทดลองและอภิปรายผล.....	32

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
4.1 การศึกษาสมบัติทางกายภาพของน้ำยางผสม.....	32
4.2 การศึกษาการแยกน้ำออกจากน้ำยางด้วยสารจับก้อนยาง.....	33
4.3 ศึกษาสูตรน้ำยางผสมที่เหมาะสมในการผลิตยางเม็ดและยางเส้นจาก น้ำยางธรรมชาติ.....	35
4.4 การศึกษาสมบัติทางกายภาพของยางเม็ด.....	39
4.5 การศึกษาลักษณะพื้นผิวของยางเม็ด.....	39
4.6 การศึกษาองค์ประกอบที่ผิวของยางเม็ด.....	42
4.7 การศึกษาผลของค่าแรงดึงผิวของน้ำยางผสมกับขนาดของยางที่ได้.....	42
4.8 การผลิตยางเม็ดด้วยวิธีปั่น และยางเส้น.....	43
4.9 ศึกษาออกซิเดชันยางในบรรยากาศออกซิเจน.....	43
5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	52
5.1 สรุปผลการวิจัย.....	52
5.2 ข้อเสนอแนะ	52
รายการอ้างอิง	53
ภาคผนวก	56
ภาคผนวก ก	57
ภาคผนวก ข	58
ภาคผนวก ค	67
ภาคผนวก ง.....	69
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์	76

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2	ส่วนประกอบของน้ำยางธรรมชาติ..... 7
3.1	วัตถุดิบ และสารเคมีที่ใช้ในการทดลอง..... 24
3.2	สูตรน้ำยางผสม..... 26
3.3	สูตรผสมสารวัลคาไนซ์เพื่อให้เป็นสารแขวนลอย..... 27
3.4	ปัจจัยที่มีผลต่อการผลิตยางเม็ด และยางเส้นจากน้ำยางธรรมชาติ..... 27
3.5	การแบ่งช่วงจุดเดือดของผลิตภัณฑ์..... 31
4.1	สมบัติทางกายภาพของน้ำยางผสม..... 32
4.2	ผลของสารจับก้อนยางที่มีต่อลักษณะของยางเม็ดที่ได้..... 33
4.3	สมบัติทางกายภาพของยางเม็ด..... 39
4.4	ขนาดอนุภาคเฉลี่ยของผลิตภัณฑ์ของแข็งที่ความดันออกซิเจนต่างๆกัน..... 48
ก	สมบัติของน้ำยางธรรมชาติเข้มข้นชนิดแอมโมเนียต่ำ..... 56
ข	ปริมาณออกซิเจนต่อยางแห้งที่ความดันออกซิเจนต่างๆ..... 59
ง.1	ข้อมูลการศึกษาผลของค่าแรงดึงผิวของน้ำยางผสมกับขนาดของยางที่ได้..... 69
ง.2	ลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการศึกษาออกซิเดชันยางแห้งในบรรยากาศออกซิเจน โดยใช้เครื่อง Bomb Calorimeter..... 70
ง.3	ร้อยละผลได้ของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการศึกษาออกซิเดชันของยางแห้งในบรรยากาศออกซิเจน..... 71
ง.4	การเปรียบเทียบร้อยละผลได้ของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการศึกษาออกซิเดชันของยางแห้งที่มีลักษณะไม่ร่วน และร่วนในบรรยากาศออกซิเจน..... 71
ง.5	การวิเคราะห์สมบัติโดยประมาณของผลิตภัณฑ์ของแข็งที่ได้จากการศึกษาออกซิเดชันของยางในบรรยากาศออกซิเจน..... 72
ง.6	องค์ประกอบผลิตภัณฑ์แก๊สที่ได้จากการวิเคราะห์องค์ประกอบด้วยเครื่อง Micro Gas Chromatograph..... 73
ง.7	ค่าความร้อนของสาร..... 75

สารบัญภาพ

รูปที่	หน้า
2.1	โครงสร้างโมเลกุลของยางธรรมชาติ..... 6
2.2	ลักษณะอนุภาคยางธรรมชาติ..... 8
4.1	ลักษณะยางเม็ดยี่ได้จากนํ้ายางชั้นลงในเอทิลแอลกอฮอล์..... 34
4.2	ลักษณะยางเม็ดยี่ได้จากนํ้ายางชั้นลงในกรดฟอร์มิก..... 34
4.3	ลักษณะยางเม็ดยี่ได้จากนํ้ายางชั้นลงในเอทิลแอลกอฮอล์ผสมกรดฟอร์มิกในอัตราส่วน 96 ต่อ 4 โดยปริมาตร..... 34
4.4	ลักษณะของยางเม็ดยี่ได้จากนํ้ายางชั้นผสมโซเดียมซัลไฟด์ 50 phr..... 35
4.5	ลักษณะของยางเม็ดยี่ได้จากนํ้ายางชั้นผสมโซเดียมซัลไฟด์ 50 phr กับ โซเดียมโอดีซัลไฟด์ 1 phr 35
4.6	ลักษณะของยางเม็ดยี่ได้จากนํ้ายางชั้นผสมโซเดียมซัลไฟด์ 50 phr กับ โซเดียมโอดีซัลไฟด์ 5 phr..... 36
4.7	ลักษณะของยางเม็ดยี่ได้จากนํ้ายางชั้นผสมโซเดียมซัลไฟด์ 50 phr กับ โซเดียมโอดีซัลไฟด์ 7 phr..... 36
4.8	ลักษณะของยางเม็ดยี่ได้จากนํ้ายางชั้นผสมโซเดียมซัลไฟด์ 50 phr กับ โซเดียมโอดีซัลไฟด์ 9 phr..... 36
4.9	ลักษณะของยางเม็ดยี่ได้จากนํ้ายางชั้นผสมโซเดียมซัลไฟด์ 50 phr กับ โซเดียมโอดีซัลไฟด์ 10 phr..... 36
4.10	ลักษณะของยางเม็ดยี่ได้จากนํ้ายางชั้นผสมโซเดียมซัลไฟด์ 50 phr กับ โซเดียมโอดีซัลไฟด์ 10 phr หยดลงในเอทิลแอลกอฮอล์ผสมกรดฟอร์มิกในอัตราส่วน 96 ต่อ 4 โดยปริมาตร..... 37
4.11	ลักษณะของยางเม็ดยี่ได้จากนํ้ายางชั้นผสมโซเดียมซัลไฟด์ 10 phr กับ โซเดียมโอดีซัลไฟด์ 10 phr..... 38
4.12	ลักษณะของยางเม็ดยี่ได้จากนํ้ายางชั้นผสมสารวัลคาไนซ์ผสมโซเดียมซัลไฟด์ 10 phr กับ โซเดียมโอดีซัลไฟด์ 10 phr..... 38
4.13	ลักษณะพื้นผิวของยางเม็ดยี่ได้จากนํ้ายางชั้น..... 40
4.14	ลักษณะพื้นผิวของยางเม็ดยี่ได้จากนํ้ายางชั้นผสมโซเดียมซัลไฟด์ 10 phr กับ โซเดียมโอดีซัลไฟด์ 10 phr..... 40
4.15	ลักษณะพื้นผิวของยางเม็ดยี่ได้จากนํ้ายางชั้นผสมสารวัลคาไนซ์ผสมโซเดียมซัลไฟด์ 10 phr กับ โซเดียมโอดีซัลไฟด์ 10 phr..... 40

สารบัญญภาพ (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.16 การศึกษาองค์ประกอบที่ผิวของยางเม็คที่ได้จากการหยดน้ำยางชั้นผสม โซเดียมซิติลิกเตต 10 phr กับ โซเดียมโดเดซิลซัลเฟต 10 phr ลงในเอทิลแอลกอฮอล์.....	41
4.17 ความสัมพันธ์ของค่าแรงดึงผิวต่อขนาดของยางเม็คที่ได้.....	42
4.18 ลักษณะของยางเม็คที่ได้จากน้ำยางชั้นผสมสารวัลคาไนซ์ผสม โซเดียมซิติลิกเตต 10 phr กับโซเดียมโดเดซิลซัลเฟต 10 phr	43
4.19 ลักษณะของยางเส้นที่ได้จากน้ำยางชั้นผสมสารวัลคาไนซ์ผสม โซเดียมซิติลิกเตต 10 phr กับ โซเดียมโดเดซิลซัลเฟต 10 phr	43
4.20 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความดันออกซิเจนกับสัดส่วนของออกซิเจนต่อยางแห้ง..	44
4.21 ร้อยละผลได้ของผลิตภัณฑ์ของแข็ง ของเหลว และแก๊สที่ได้จากการศึกษาออกซิเดชันของยางแห้งที่ความดันออกซิเจนต่างๆ.....	45
4.22 ร้อยละผลได้ของผลิตภัณฑ์ของแข็ง ของเหลว และแก๊สที่ได้จากการศึกษาออกซิเดชันยางเม็คที่มีลักษณะไม่ร่วน และร่วนที่ความดันออกซิเจนเริ่มต้น 6 บาร์.....	46
4.23 เวลาที่ใช้ในการออกซิเดชันที่ความดันออกซิเจนต่างๆ.....	47
4.24 ลักษณะของผลิตภัณฑ์ของแข็งที่ความดันออกซิเจน 4 บาร์.....	48
4.25 ลักษณะของผลิตภัณฑ์ของแข็งที่ความดันออกซิเจน 6 บาร์.....	48
4.26 ลักษณะของผลิตภัณฑ์ของแข็งที่ความดันออกซิเจน 8 บาร์.....	48
4.27 ลักษณะของผลิตภัณฑ์ของแข็งที่ความดันออกซิเจน 10 บาร์.....	48
4.28 ลักษณะของผลิตภัณฑ์ของแข็งที่ความดันออกซิเจน 12 บาร์.....	48
4.29 ลักษณะของผลิตภัณฑ์ของแข็งที่ความดันออกซิเจน 14 บาร์.....	48
4.30 ความสัมพันธ์ของความดันออกซิเจนกับขนาดอนุภาคของผลิตภัณฑ์ของแข็ง.....	49
4.31 องค์ประกอบของผลิตภัณฑ์ของเหลว ที่ความดันออกซิเจน 6 และ 8 บาร์.....	50
ง.1 การแบ่งผลิตภัณฑ์ตามการกระจายของจุดเดือดของผลิตภัณฑ์ของเหลว.....	74

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ประเทศไทยเป็นประเทศผู้ผลิตยางธรรมชาติเป็นอันดับหนึ่งของโลก พื้นที่ปลูกยางส่วนใหญ่อยู่ในภาคใต้ และภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย ซึ่งยางธรรมชาตินี้เป็นแหล่งวัตถุดิบจำพวกสารไฮโดรคาร์บอนที่ผลิตได้เองตามธรรมชาติ สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ โดยนำไปแปรรูปให้อยู่ในสภาพที่เหมาะสม และสะดวกในการนำไปใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตผลิตภัณฑ์ยาง ยางพาราที่ผลิตได้แบ่งออกเป็น 5 ชนิด ได้แก่ ยางแผ่นรมควัน ยางแท่ง ยางเครป ยางผึ่งแห้ง และน้ำยางข้น ยางพาราเหล่านี้จะนำไปใช้ในการผลิตเป็นผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปอื่นๆ เช่น ยางยานพาหนะ ประกอบด้วย ยางรถยนต์ ยางรถจักรยานยนต์ ยางรถจักรยาน ถูมือยาง ถูยางอนามัย ยางรัดของ และท่อต่างๆ เป็นต้น ในพ.ศ. 2544 ประเทศไทยมีการใช้ยางในการผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ยางในประเทศปีละ 351,400 ตัน แบ่งเป็นการใช้ยางธรรมชาติ 253,105 ตัน และยางสังเคราะห์ 98,295 ตัน หากเปรียบเทียบปริมาณการใช้ยางกับประเทศอื่นในโลก ประเทศไทยมีการใช้ยางอยู่ในอันดับที่ 13 ของโลก

ในอนาคตทรัพยากรเชื้อเพลิงทางธรรมชาติมีแนวโน้มจะลดลงอย่างมาก การสังเคราะห์เชื้อเพลิงที่นำมาใช้ทดแทนจึงเป็นสิ่งสำคัญ อีกทั้งเครื่องจักรที่มีการสันดาปภายในจะถูกแทนที่ด้วย fuel cell ซึ่งมีประสิทธิภาพในการเปลี่ยนพลังงานในรูปสารเคมีเป็นไฟฟ้าได้สูงกว่า การคิดค้นรูปแบบของเชื้อเพลิงสังเคราะห์จึงทวีความสำคัญมากยิ่งขึ้น เนื่องจากน้ำยางธรรมชาติมีสมบัติที่สามารถนำมาใช้แปรรูปจากของเหลวให้เป็นผลิตภัณฑ์ของแข็งในรูปแบบต่างๆ ได้ มีสมบัติของพื้นผิวที่สามารถใช้ดูดซับสารไฮโดรคาร์บอนเหลวได้ และมีลักษณะโครงสร้างเป็นสายพอลิเมอร์ที่ประกอบไปด้วยสารประกอบไฮโดรคาร์บอน ซึ่งเมื่อได้รับความร้อนสายโซ่พอลิเมอร์จะแตกออกเป็นโมเลกุลที่เล็กกว่า จึงมีความเหมาะสมที่จะนำน้ำยางธรรมชาติมาแปรรูปให้อยู่ในรูปแบบต่างๆ เพื่อเหมาะแก่การใช้งาน กรรมวิธีการผลิต และการเผาไหม้ของยางจึงควรได้รับการศึกษา

ในงานวิจัยนี้ได้ศึกษาการแปรรูปน้ำยางธรรมชาติให้อยู่ในรูปแบบเม็ด และเส้น และศึกษาการออกซิเดชันในบรรยากาศออกซิเจน แต่เนื่องจากน้ำยางธรรมชาติประกอบด้วยอนุภาคขนาดเล็กๆ แฉวนลอยอยู่ในน้ำในลักษณะอิมัลชัน ในการเผาน้ำยางธรรมชาติจะต้องสูญเสียพลังงานความร้อนส่วนหนึ่งไปกับน้ำที่เป็นองค์ประกอบอยู่ การแยกน้ำออกจากน้ำยางจึงเป็นขั้นตอนที่มีความสำคัญ เพื่อประโยชน์ในการแปรรูปและประหยัดพลังงาน

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 แปรรูปร่างยางธรรมชาติให้อยู่ในรูปเม็ด และเส้น

น้ำยางธรรมชาติปกติจะอยู่ในรูปแบบอิมัลชันที่มีอนุภาคยางแขวนลอยอยู่ในน้ำ เมื่อนำมาใช้ประโยชน์ในรูปแบบของของแข็งจะต้องแยกเอาน้ำออกเสียก่อน การทำให้น้ำยางแปรรูปเป็นยางแห้งในรูปของเม็ด และเส้น จะเหมาะสมกับการใช้งานในด้านต่างๆต่อไป จึงได้ทำการออกแบบกรรมวิธีการผลิตในงานวิจัยนี้

1.2.2 ศึกษาออกซิเดชันของยางด้วยออกซิเจน

ยางที่อยู่ในรูปแบบเม็ด และเส้น สามารถนำไปใช้ในการดูดซับสารไฮโดรคาร์บอนเหลวได้ หลังจากนั้นอาจนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิง การศึกษาออกซิเดชันของยางที่ใช้ในงานในลักษณะนี้แล้ว จะเป็นแนวทางในการออกแบบวิธีใช้ประโยชน์ในแนวเชื้อเพลิงต่อไป

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.3.1 ได้ยางธรรมชาติในรูปแบบใหม่

ในปัจจุบันการนำยางธรรมชาติมาใช้งานอุตสาหกรรมจะนำยางธรรมชาติมาผสมกับสารเคมีที่เป็นของแข็งในเครื่อง Internal Mixer แล้วนำไปบดผสมด้วยเครื่อง Two Roll Mill ซึ่งเป็นกรรมวิธีที่ใช้พลังงานในการบดผสมสูง จึงเกิดแนวความคิดที่จะทำการผสมสารเคมีที่อยู่ในรูปสารแขวนลอยในน้ำยาง แล้วแปรรูปร่างยางผสมให้อยู่ในรูปแบบที่สามารถนำไปใช้งานได้สะดวกเช่น สามารถนำยางเม็ดที่เตรียมได้มาผสมกับผงพลาสติก เพื่อนำไปใช้เป็นวัสดุที่มีสมบัติเป็นเทอร์โมพลาสติกอิลาสโตเมอร์ (Thermoplastic Elastomer) อีกทั้งสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในด้านการดูดซับสารไฮโดรคาร์บอนเหลวได้ โดยในการนำไปใช้ดูดซับอาจมีการเติมสารย่อยยกลงในยางซึ่งจะทำให้ยางที่ได้มีลักษณะนุ่ม เพื่อให้ง่ายต่อการนำไปแปลงให้อยู่ในรูปของเชื้อเพลิง ซึ่งในงานวิจัยนี้ทำการศึกษาแนวทางเบื้องต้นในการนำไปประยุกต์ใช้งานต่อไป

1.3.2 ยางที่เตรียมได้สามารถนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิง และดูดซับสารไฮโดรคาร์บอนเหลว

สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในด้านการดูดซับน้ำมันที่ปนอยู่ในน้ำ เช่น น้ำมัน

ที่ปนออกมาจากเรือ หรือ จากโรงงานอุตสาหกรรม โดยการผ่านน้ำที่มีน้ำมันผสมอยู่ให้ไหลผ่านยางเม็ดยางของน้ำมันจะถูกดูดซับไว้กับยางเม็ดยาง ซึ่งหลังจากนั้นจะสามารถนำไปแปลงเป็นสารไฮโดรคาร์บอน หรือ เชื้อเพลิงได้

ในกรณีที่จะใช้เป็นเชื้อเพลิงจะสามารถใช้เป็นตัวนำในการเผาไหม้สารที่มีความชื้นสูงได้ เช่น ขยะเปียก แทนการใช้น้ำมันเชื้อเพลิง หรือ หากเกิดการลดลงของเชื้อเพลิงขณะเกิดการเผาไหม้ จะสามารถนำยางไปผสมกับสารอื่นๆ ได้เลย เพื่อให้การเผาไหม้เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง

1.4 ขอบเขตและวิธีดำเนินการวิจัย

1.4.1 ค้นคว้าข้อมูลและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังต่อไปนี้

- 1) ศึกษาการเตรียมยางแห้งจากน้ำยางธรรมชาติ เช่น ยางแผ่น และยางแท่ง เพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการทำการวิจัย
- 2) ค้นคว้าทฤษฎีการแตกตัวด้วยความร้อนจากผลงานวิจัยอื่น เช่น C. Franco, Thermal depolymerization and pyrolysis of cis-1,4-polyisoprene : preparation of liquid polyisoprene and terpene resin; C. Fengzhen and Q. Jialin, Study on the thermal degradation of cis-1,4-polyisoprene; และ G. Ivan และคณะ, Thermo-oxidative degradation of some elastomers with a high content of 3,4 isoprene units
- 3) ศึกษากระบวนการออกซิเดชันของยางธรรมชาติ เพื่อใช้อธิบายการเกิด Partial Oxidation ของยางในงานวิจัยนี้

1.4.2 ออกแบบการทดลอง เตรียมอุปกรณ์ และสารเคมี

เนื่องจากที่ผ่านมาได้มีการผลิตยางเม็ดยางจากยางแห้งมาก่อน โดยการนำยางแห้งมาบด และตัดให้เป็นเม็ดยางเล็กๆ แต่ยังไม่มีการผลิตยางเม็ดยางจากน้ำยางชั้น ในงานวิจัยนี้จึงได้ทำการออกแบบการผลิตที่มีความสะดวก และเหมาะสม และศึกษาการใช้สารจับก้อนยาง เวลาที่ใช้ในการแยกน้ำออกจากน้ำยาง และสูตรน้ำยางผสม

1.4.3 แปลรูปน้ำยางธรรมชาติให้อยู่ในรูปเม็ดยาง และเส้น

1) การผลิตยางเม็ดยาว และเส้น จากน้ำยางข้นจะต้องศึกษาการแยกน้ำออกจากน้ำยางก่อน โดยสารเคมีที่ใช้ในการศึกษามีดังนี้ แอลกอฮอล์ กรดฟอร์มิก โพรพิลีนไกลคอล น้ำเกลืออิ่มตัว และน้ำปูนขาว

2) เลือกภาวะที่เหมาะสมของปัจจัยที่มีผลต่อการผลิต ได้แก่ สารจับก้อนยาง เวลาที่ใช้ในการแยกน้ำออกจากน้ำยาง และสูตรน้ำยางผสม เพื่อใช้แปรรูปร่างน้ำยางให้เป็นยางเม็ดยาว โดยมีวิธีการผลิต 2 วิธี คือ การพ่นด้วยหัวฉีดขนาด 0.5 มิลลิเมตร และการหยด และแปรรูปร่างน้ำยางให้เป็นเส้น โดยการให้น้ำยางไหลลงในสารจับก้อนยางที่ทำการศึกษา

1.4.4 การศึกษาออกซิเดชันของยางแห้งในบรรยากาศออกซิเจน

โดยเผาอย่างธรรมชาติในเครื่อง Bomb Calorimeter โดยเปลี่ยนความดันของออกซิเจนดังนี้ 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18 และ 20 บาร์

1.4.5 วิเคราะห์ปริมาณ และสมบัติทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ที่ได้

1) หาค่าแรงดึงผิวของน้ำยางผสม เส้นผ่านศูนย์กลาง น้ำหนัก ปริมาตร และความหนาแน่นของผลิตภัณฑ์ยาง

2) วัดปริมาณของผลิตภัณฑ์ที่ได้โดยการชั่งน้ำหนัก คำนวณหาร้อยละผลได้ของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการศึกษาออกซิเดชันยางในบรรยากาศออกซิเจน

1.4.6 วิเคราะห์สมบัติ และองค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์ที่ได้

1) วัดค่าความร้อนของยางโดยใช้เครื่อง Bomb Calorimeter

2) วิเคราะห์ องค์ประกอบ ของผลิตภัณฑ์ แก๊ส โดยใช้เครื่อง Micro Gas Chromatograph

3) วิเคราะห์จุดเดือดของผลิตภัณฑ์ของเหลวโดยใช้เครื่อง Simulated Distillation Gas Chromatograph

4) วัดขนาดอนุภาคของผลิตภัณฑ์ของแข็ง โดยใช้ Scanning Electron Microscope และวิเคราะห์องค์ประกอบโดยประมาณด้วยวิธี Proximate Analysis

1.4.7 วิเคราะห์ข้อมูล สรุปผลการทดลอง และเขียนวิทยานิพนธ์

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 แนวคิดและทฤษฎี

2.1.1 ยางธรรมชาติ (Natural Rubber, NR)

พืชที่ให้ยางธรรมชาติเป็นไม้ยืนต้นขนาดใหญ่ เรียกว่า “ ต้นยางพารา “ มีชื่อทางพฤกษศาสตร์ว่า *Hevea brasiliensis* ซึ่งแต่เดิมมีอยู่เฉพาะในทวีปอเมริกาใต้เท่านั้น ต่อมาได้มีผู้นำมาปลูกในทวีปเอเชียและแอฟริกา เนื่องจากสภาพภูมิอากาศแบบร้อนชื้นเหมาะสำหรับการเจริญเติบโตของต้นยางพารา ดังนั้น ปัจจุบันในแถบภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้จึงสามารถผลิตยางธรรมชาติได้มากกว่าร้อยละ 90 ของยางธรรมชาติที่ใช้ในโลก ที่เหลือได้มาจากแถบแอฟริกากลาง สำหรับประเทศไทยสามารถปลูกยางพาราได้งอกงามดีทั้งในภาคใต้และภาคตะวันออก ซึ่งโดยปกติจะปลูกพันธุ์พื้นเมืองแล้วต่อตาด้วยพันธุ์ที่ให้น้ำยางดี เมื่อต้นยางโตเต็มที่แล้วซึ่งมีอายุประมาณ 7 ปี ชาวสวนจะเก็บน้ำยางโดยการกรีดเปลือกของลำต้น (Tapping) ให้น้ำยางไหลซึมออกมา การกรีดยางจะทำในช่วงเวลากลางคืนก่อนรุ่งเช้า เพราะต้นยางจะให้ น้ำยางมาก ในช่วงกลางวันจะให้ น้ำยางน้อย และช่วงที่ฝนตกน้ำฝนจะปนกับน้ำยางในถ้วยรองน้ำยางทำให้ชาวสวนกรีดยางไม่ได้

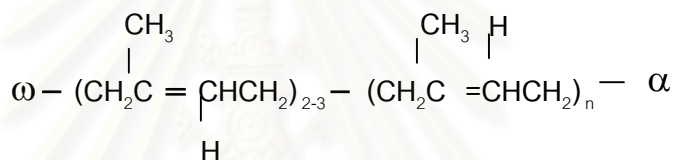
น้ำยางที่ได้มีลักษณะเป็นของเหลวสีขาวขุ่นข้นคล้ายน้ำนม มีกลิ่นหอมเล็กน้อย เรียกว่า น้ำยางสด (rubber latex) ประกอบด้วยอนุภาคยางเล็กๆ แขนวนลอยอยู่ในน้ำในลักษณะอิมัลชัน (emulsion) มีเนื้อของยางประมาณร้อยละ 25 ถึง 45 ขึ้นกับพันธุ์ของต้นยาง อายุของต้นยาง และฤดูกาล

เมื่อชาวสวนกรีดยางแล้วจะเติมแอมโมเนียลงไป ในน้ำยางสด เพื่อป้องกันไม่ให้ น้ำยางจับก้อน ก่อนจะนำไปแปรรูปให้เป็นยางดิบ ซึ่งมีหลายลักษณะต่างๆ กัน คือ อยู่ในรูปของน้ำยางข้น (concentrated latex) หรือ ยางดิบแห้งชนิดต่างๆ ได้แก่ ยางแผ่นรมควัน (ribbed smoked sheet, RSS) ยางแผ่นผึ่งแห้ง (air-dried sheet, ADS) ยางเครพขาว (crepes) หรือยางแท่ง (block rubber) เป็นต้น จากนั้นจึงนำไปเป็นวัตถุดิบให้กับโรงงานแปรรูปเพื่อแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ เช่น ยางรถยนต์ ยางล้อเครื่องบิน ยางรองคอสพาน ยางรองรับแรงสะเทือน หรือแผ่นดินไหว กาวยางรองเท้า ยาง ท่อ ยาง ลูกโป่ง เป็นต้น ทั้งนี้เนื่องจากยางมีสมบัติที่พิเศษแตกต่างจากวัสดุอื่นๆ คือ มีความยืดหยุ่นดี มีความต้านทานแรงดึง (tensile strength) มีความต้านทานต่อการฉีกขาด (tear strength) ดีมาก มีความสามารถในการกระดอน (resilience) สูง มีสมบัติเหนียวติดกันเองดีมาก การเกิดความร้อน

สะสมต่ำ และมีความต้านทานต่อการซึมผ่านของแก๊สได้ดี นอกจากนี้ ยังมีเนื้อที่ที่สามารถกักน้ำ และอากาศไม่ให้ผ่านได้โดยง่าย อีกทั้งไม่ยอมให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่าน ดังนั้น ยางจึงเป็นวัสดุที่มีประโยชน์และมีคุณค่ามาก เหมาะสำหรับการใช้ผลิตวัตถุสำเร็จรูปทั่วไปที่ไม่ต้องการสมบัติพิเศษ เช่น การทนต่อน้ำมัน หรือทนต่อความร้อนที่อุณหภูมิสูงๆ

2.1.1.1 องค์ประกอบทางเคมีของยางธรรมชาติ

ยางธรรมชาติมีชื่อทางเคมีว่า พอลิไอโซพรีน (polyisoprene, $(C_5H_8)_n$) ซึ่งได้จากหน่วยของไอโซพรีนต่อกันแบบหัวต่อหาง (head to tail) โครงสร้างหลักของยางธรรมชาติประกอบไปด้วยหมู่ทรานไอโซพรีน 2 หมู่ และที่เหลือเป็นซิสไอโซพรีน ดังนั้น โครงสร้างยางธรรมชาติจึงเป็นดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 แสดงโครงสร้างโมเลกุลของยางธรรมชาติ

โดย ω และ α เป็นหมู่ฟังก์ชันที่ปลายโมเลกุลที่มีสมมติฐานว่าเป็นโปรตีนและกรดไขมันตามลำดับ

2.1.1.2 สมบัติและส่วนประกอบของน้ำยาง

น้ำยางสดจากต้นยางพารา มีลักษณะเป็นของเหลวสีขาวหรือสีครีม ในทางเคมีจัดเป็นสารแขวนลอย มีความหนาแน่น 0.975 – 0.980 กรัมต่อมิลลิลิตร มีค่า pH 6.5 – 7.0 ความหนืดมีค่าประมาณ 12-15 เซนติพอยส์ (อาจมีค่าไม่แน่นอน ขึ้นกับส่วนประกอบในน้ำยางนอกจากนี้ยังขึ้นอยู่กับปัจจัยอื่นๆ เช่น พันธุ์ยาง อายุยาง ฤดูกาล เป็นต้น) มีน้ำหนักโมเลกุลประมาณ 1,000,000 รูปร่างของอนุภาคยางเป็นรูปกลม หรือ รูปลูกแพร์ น้ำยางจะมีขนาดอนุภาคต่างๆกันแขวนลอยหรือกระจายอยู่ในตัวกลางที่เป็นของเหลว (disperse medium) โดยอนุภาคเหล่านี้จะมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเล็กกว่า 5 ไมครอน และมีประจุลบผลัดกันอยู่ตลอดเวลาจึงทำให้อนุภาคเหล่านี้สามารถแขวนลอย และคงสภาพเป็นยางเหลวอยู่ได้นานจนกว่าจะมีภาวะแวดล้อม และปัจจัยต่างๆ มารบกวนจนทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลง

น้ำยางมีลักษณะเป็นสารละลายคอลลอยด์ (colloid) ชนิดที่มีน้ำเป็นตัวทำละลาย (hydrosol) แต่มีลักษณะพิเศษ คือ น้ำยางมีลักษณะก้ำกึ่งระหว่างสารที่ชอบน้ำ (hydrophilic) และสารที่ไม่ชอบน้ำ (hydrophobic) แต่ลักษณะไม่ชอบน้ำจะเด่นชัดกว่า โดยส่วนประกอบของน้ำยางธรรมชาติแสดงได้ดังตารางที่ 2

เนื้อยางแห้งในน้ำยาง (dry rubber content, DRC) มีอยู่ประมาณร้อยละ 20-45 โดยน้ำหนัก ประกอบด้วยสารรับเบอร์ไฮโดรคาร์บอน (rubber hydrocarbon) ประมาณร้อยละ 92 ที่เหลือเป็นสารอื่นที่ไม่ใช่ยางปนอยู่ ได้แก่ โปรตีน ไกลโคไซด์ ไขมัน เกลลิ่งแร และเอนไซม์ สารที่ไม่ใช่ยางเหล่านี้แม้มีเพียงเล็กน้อย จะมีผลต่อการวัลคาไนซ์ (vulcanization) และสมบัติของยางเป็นอย่างมาก นอกจากนี้น้ำยางที่ได้ยังมีส่วนประกอบไม่แน่นอน จะเปลี่ยนไปตามฤดูกาล สภาพดินฟ้าอากาศ ชนิดของดิน พันธุ์ยาง การกรีดยาง ความยาวของรอยกรีด อายุของต้นยาง ความถี่ของการกรีดยาง ช่วงเวลาของการกรีดยาง การใช้สารเคมีเร่งน้ำยาง และปัจจัยประกอบอื่นๆ เช่น ในฤดูฝนจะมีน้ำฝนปนอยู่ในถ้วยรองน้ำยาง

ตารางที่ 2 ตัวอย่างส่วนประกอบของน้ำยางธรรมชาติ

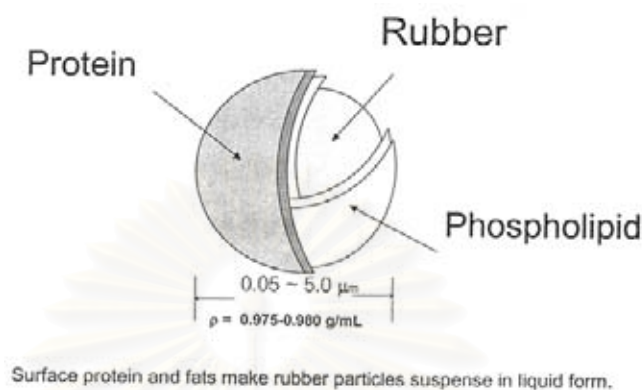
ส่วนประกอบ	เปอร์เซ็นต์ (โดยน้ำหนัก)
สารที่เป็นของแข็งทั้งหมด (Total Solid Content, TSC)	36
เนื้อยางแห้ง (Dry Rubber Content, DRC)	33
สารพวกโปรตีน	1-1.5
สารพวกเรซิน	1-1.25
เถ้า	สูงถึง 1
น้ำตาล	1
น้ำ... ในปริมาณที่รวมกับสารอื่นแล้วเป็น	100

ส่วนประกอบต่างๆ ในน้ำยาง สามารถแบ่งออกเป็น 2 ส่วนใหญ่ๆ คือ

- 1) ส่วนที่เป็นเนื้อยาง 35 เปอร์เซ็นต์
- 2) ส่วนที่ไม่ใช่ยาง 65 เปอร์เซ็นต์
 - ก. ส่วนที่เป็นน้ำ 55 เปอร์เซ็นต์
 - ข. ส่วนของกลูทอยด์ และสารอื่น 10 เปอร์เซ็นต์

1) ส่วนของเนื้อเยื่อแข็ง

ก. อนุภาคยาง



รูปที่ 2.2 ลักษณะอนุภาคยางธรรมชาติ

อนุภาคยางดังรูปที่ 2.2 ถูกห่อหุ้มด้วยสารจำพวกไขมันและโปรตีน โดยโปรตีนจะอยู่ชั้นนอก และอาจมีโลหะบางชนิด เช่น แมกนีเซียม โปแตสเซียม และทองแดงปะปนอยู่ปริมาณเล็กน้อย

ข. โปรตีน

ส่วนของสารพวกโปรตีนที่ห่อหุ้มอยู่ตรงบริเวณผิวรอบนอกของอนุภาคยางมี อยู่ประมาณ 25 เปอร์เซ็นต์ ของโปรตีนทั้งหมดที่มีอยู่ในยาง ส่วนที่เหลือประมาณ 50 เปอร์เซ็นต์ จะอยู่ในชั้นน้ำ และอีก 25 เปอร์เซ็นต์จะปะปนอยู่ในส่วนของสารลูทอยด์ โปรตีนบนผิวของอนุภาคยางนี้มีส่วนประกอบของกำมะถัน (Cystine disulphide linkage) อยู่ประมาณ 5 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นขณะที่น้ำยางเกิดการสูญเสียสภาพ จะเกิดการบดเน่าโดยโปรตีนส่วนนี้จะสลายตัวให้สารประกอบพวกไฮโดรเจนซัลไฟด์ และสารเมอร์แคปแทน (Mercaptan) ทำให้มีกลิ่นเหม็น

ค. ไขมัน

ไขมันซึ่งอยู่ระหว่างผิวของอนุภาคยางและโปรตีน ส่วนใหญ่เป็นสารพวกฟอสโฟไลปิด ชนิด α -Lecithin เชื่อว่าทำหน้าที่ยึดโปรตีนให้เกาะอยู่บนผิวของอนุภาคยาง น้ำยางในสถานะที่เป็นคาง เช่น มีแอมโมเนียอยู่ (ประมาณ 0.6% ขึ้นไป) ฟอสโฟไลปิดจะถูกไฮโดรไลซ์เป็นกรดไขมันที่มีโมเลกุลยาว (Long chain fatty acid) ซึ่งจะรวมตัวกับแอมโมเนียกลายเป็นสบู่ ทำให้น้ำยางมีความเสถียรมากขึ้น

2) ส่วนที่ไม่ใช่ยาง

ก. ส่วนที่เป็นน้ำ หรือซีรัม

ซีรัม (Serum) ของน้ำยาง มีความหนาแน่นประมาณ 1.02 กรัมต่อมิลลิลิตร ประกอบด้วยสารต่างๆ คือ

- คาร์โบไฮเดรต
- โปรตีนและกรดอะมิโน

ข. ส่วนของลูทอยด์และสารอื่นๆ

- ลูทอยด์

ลูทอยด์ เป็นอนุภาคค่อนข้างกลม ห่อหุ้มด้วยเยื่อบางๆ ภายในจะมีทั้งสารละลายและสารที่แขวนลอย ส่วนใหญ่ประกอบด้วยโปรตีน เนื่องจากถูกห่อหุ้มด้วยเนื้อเยื่อชั้นเดียวสามารถเกิดการออสโมซิสได้ง่าย ดังนั้นการเติมน้ำลงในน้ำยางสด จะทำให้ลูทอยด์บวมและแตกง่าย ขณะที่ลูทอยด์เกิดการพองตัวมีผลทำให้น้ำยางมีความหนืดมากขึ้น และเมื่อลูทอยด์แตกความหนืดก็จะลดลง

- อนุภาคเฟรย์-วิสลิง (Frey Wyssling)

อนุภาคเฟรย์-วิสลิง เป็นสารที่ไม่ใช่ยางมีขนาดอนุภาคใหญ่กว่ายาง แต่ความหนาแน่นน้อยกว่า มีรูปร่างค่อนข้างกลม มีผนังล้อมรอบสองชั้น มีปริมาณไม่มากนัก ประกอบด้วยสารเม็คตีฟกคาโรตินอยด์ ซึ่งทำให้ยางมีสีเหลืองเข้ม สามารถรวมตัวกับแอมโมเนียและแยกตัวออกจากยางมาอยู่ในส่วนของเซรัม

2.1.1.3 การเก็บรักษาสภาพน้ำยาง

น้ำยางสดที่ได้จากการกรีดยาง จะคงสภาพความเป็นน้ำยางอยู่ได้ช่วงระยะเวลาหนึ่ง ไม่เกิน 6 ชั่วโมง จากนั้นน้ำยางจะเริ่มจับตัวเป็นเม็ดเล็กๆ คล้ายเม็ดพริก แล้วค่อยๆ หนืดขึ้น อนุภาคยางจะเริ่มจับตัวเป็นก้อนใหญ่ขึ้น จนกระทั่งน้ำยางเกิดการสูญเสียสภาพ โดยน้ำยางจะถูกแยกออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่เป็นเนื้อยาง และส่วนที่เป็นซีรัม ต่อมาน้ำยางจะเริ่มเกิดการบูดเน่าและมีกลิ่นเหม็น

ปัจจัยสำคัญที่ทำให้น้ำยางเกิดการสูญเสียสภาพ คือ สภาพแวดล้อม อุณหภูมิ การเจริญเติบโตของแบคทีเรียในน้ำยาง ความเสถียรของน้ำยางในแต่ละพันธุ์ ซึ่งเกี่ยวข้องกับปริมาณธาตุโลหะอินทรีย์ที่มีอยู่ในน้ำยาง และการแตกของสารคอลลอยด์หลังการกรีดยาง ดังนั้นเพื่อป้องกันการสูญเสียสภาพของน้ำยาง เพื่อไม่ให้อนุภาคยางเกิดการรวมตัวกันเองตามธรรมชาติ จำเป็นต้องเติมสารเคมีลงในน้ำยางเพื่อเก็บรักษาน้ำยาง

1) สมบัติของสารเคมีที่ใช้ในการเก็บรักษาน้ำยาง

สารเคมีที่ใช้ในการเก็บรักษาน้ำยางควรมีสมบัติดังนี้

ก. มีสมบัติยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรียที่มีอยู่ในน้ำยาง เรียกสารนี้ว่าสารฆ่าแบคทีเรีย

ข. เป็นสารที่เพิ่มเสถียรภาพของอนุภาคยางให้อยู่ในสภาพของคอลลอยด์ได้ โดยเพิ่มประจุระหว่างอนุภาคยาง และน้ำที่อยู่รอบๆผิวอนุภาคยาง ซึ่งผิวของอนุภาคยางมีประจุเป็นประจุลบ และมีฤทธิ์เป็นด่าง ดังนั้น สารเคมีที่ใช้ในการเก็บรักษาน้ำยางจึงควรมีฤทธิ์เป็นด่างหรือเป็นพวกสารเสถียร

ค. เป็นสารซึ่งสามารถทำให้อนุผลของโลหะหนักไม่ว่องไวต่อปฏิกิริยา หรือเกิดการตกตะกอนเป็นเกลือที่ไม่ละลายน้ำ เช่น อนุผลของโลหะแคลเซียม หรือ แมกนีเซียม เป็นต้น

ง. มีความสามารถทำปฏิกิริยากับสารพวกคาร์โบไฮเดรต ซึ่งมีอยู่ในน้ำยางทำให้ไม่มีสารที่เป็นอาหารของแบคทีเรียเหลืออยู่

จ. ต้องมีสมบัติไม่ทำให้คุณภาพของยางเปลี่ยน เช่น สียางเปลี่ยนไป

ฉ. ไม่เป็นอันตรายต่อผู้ใช้ กลิ่นไม่รุนแรงจนเกินไป สะดวก และปลอดภัยในการเก็บรักษา และการขนส่ง

ช. ราคาถูก

2) ชนิดของสารเคมีที่ใช้เก็บรักษาน้ำยาง

สารเคมีที่ใช้เก็บรักษาน้ำยางสามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภท ตามระยะเวลาในการเก็บรักษา คือ

ก. สารเคมีเก็บรักษาน้ำยางในระยะสั้น

การเก็บรักษาน้ำยางโดยวิธีนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อรักษาน้ำยางให้คงสภาพในช่วงระยะเวลาสั้นๆ ซึ่งอาจเป็นเพียง 2-3 วันเท่านั้น ก่อนที่จะนำน้ำยางมาแปรรูปเป็นยางแห้ง

หรือ น้ำยางข้นต่อไป สารเคมีที่ใช้ในการเก็บรักษาน้ำยางชนิดนี้ เรียกว่า สารป้องกันการจับตัว ได้แก่ แอมโมเนีย โซเดียมซัลไฟต์ โพร์มาลดีไฮด์ เป็นต้น

ข. สารเคมีเก็บรักษาน้ำยางในระยะเวลาสั้น

สารเคมีชนิดนี้ส่วนใหญ่จะใช้เพื่อเก็บรักษาน้ำยางข้น ให้คงสภาพเป็นของเหลวไม่ให้เกิดการบูดเน่า หรือ มีกลิ่นเหม็น น้ำยางอาจต้องถูกลำเลียงไปในระยะทางไกลๆ เช่น ส่งออกต่างประเทศ หรือน้ำยางที่เก็บไว้ในคลังเก็บสินค้าก่อนนำมาใช้ผลิตผลิตภัณฑ์ สารเคมีที่ใช้เก็บรักษาน้ำยางชนิดนี้ เรียกว่า สารรักษาสภาพน้ำยาง ได้แก่ แอมโมเนีย และแอมโมเนียใช้ร่วมกับสารเคมีอื่น สารเคมีที่ใช้ร่วมกันนี้ เรียกว่า สารรักษาสภาพน้ำยางทุติยภูมิ (Secondary Preservative) ได้แก่ ซิงค์ออกไซด์ โซเดียมเพนตะคลอโรฟิเนต เป็นต้น

2.1.1.4 สารเคมีที่ใช้ผสมกับน้ำยาง

สารเคมีที่ใช้กับน้ำยาง และผลิตภัณฑ์น้ำยางมีหลายชนิด ซึ่งใช้ในหน้าที่ต่างๆ กัน ในที่นี้จะขอกล่าวเฉพาะสารเคมีที่มีความจำเป็นในการทดลอง และสารเคมีที่เกี่ยวข้องเท่านั้น ซึ่งสามารถแบ่งได้ตามหน้าที่ของสารเคมี ดังนี้

1) สารเพิ่มความคงตัว (Stabilizer)

เป็นสารที่รักษาความคงตัวของน้ำยาง ช่วยให้เติมสารอื่นๆ และดำเนินการกระบวนการผลิตได้ ความคงตัวของน้ำยางขึ้นอยู่กับปัจจัย 2 ประการ คือ ชั้นของน้ำยางที่ห่อหุ้มอนุภาคยาง และประจุไฟฟ้าบนอนุภาคยาง ในน้ำยางธรรมชาติจะใช้ แอมโมเนียมโปแตสเซียมไฮดรอกไซด์ เป็นสารรักษาประจุไฟฟ้าบนอนุภาคยาง สารเพิ่มความคงตัวสามารถแบ่งได้เป็นหลายประเภท ดังนี้

ก. ประเภทมีประจุไฟฟ้าลบ

สารพวกนี้จะช่วยเพิ่มประจุไฟฟ้าลบ ช่วยผลัดประจุ และพลังงานระหว่างอนุภาคยางกับส่วนที่เป็นน้ำ สารที่เพิ่มประจุลบบนอนุภาคยาง ได้แก่ พวกสบู่ของกรดไขมัน เช่น โปแตสเซียมโอเลเอต แอมโมเนียมลอเรต นอกจากนี้ยังมีพวกซัลเฟต และซัลโฟเนตของสารอินทรีย์ ตัวอย่างการแตกตัวของโปแตสเซียมโอเลเอต



โดยโปแตสเซียมโอเลอเตจจะแตกตัวให้ทั้งประจุไฟฟ้าบวก และประจุไฟฟ้าลบ แต่เนื่องจากอนุมูล Ole^- เป็นสารไฮโดรคาร์บอนจะชอบอนุภาคยางซึ่งเป็นสารไฮโดรคาร์บอนด้วยกัน ดังนั้น จะเกิดการรวมตัวกับอนุภาคยาง ทำให้มีประจุลบมากขึ้น

ข. ประเภทมีประจุไฟฟ้าบวก

สารพวกนี้จะช่วยเพิ่มประจุไฟฟ้าบวก ซึ่งส่วนใหญ่ได้จากอนุมูลของแอมโมเนีย สารพวกนี้จะไม่ค่อยได้รับผลกระทบเนื่องจากอนุมูลของโลหะหนัก บางครั้งเมื่อใช้น้ำยางธรรมชาติจะเป็นสารลดความคงตัว ทั้งนี้ เนื่องจากในกระบวนการผลิตน้ำยางมีความคงตัวมากเกินไป

ค. ประเภทที่ไม่มีประจุไฟฟ้า

เป็นสารที่ช่วยห่อหุ้มอนุภาคของน้ำยาง โดยทั่วไปจะมีสภาพเป็นกลาง การทำหน้าที่ไม่ขึ้นกับความเป็นกรด-เบสของน้ำยาง ดังนั้น แม้ว่า pH ของน้ำยางจะเปลี่ยนแปลงแต่น้ำยางจะคงตัวเสมอ

ง. ประเภทที่มีทั้งประจุบวก และประจุลบ

เป็นสารที่อาจจะแสดงอนุภาคบวก หรือ ลบก็ได้ ขึ้นอยู่กับสถานะของความเป็นกรด-เบส ของตัวกลาง สำหรับน้ำยางธรรมชาติ ได้แก่ พวกโปรตีน ที่นิยมใช้มาก ได้แก่ พวก Caseine Ammonium Casenate เป็นต้น

2) สารในระบบวัลคาไนซ์ (Vulcanizing System)

สารในระบบวัลคาไนซ์มีดังนี้

ก. สารที่ทำให้ยางวัลคาไนซ์ (Vulcanizing Agent)

สารทำให้น้ำยางวัลคาไนซ์ที่นิยมใช้ คือ

- ซัลเฟอร์

ซัลเฟอร์เป็นสารวัลคาไนซ์ ที่ใช้กันทั่วไปทั้งกับยางธรรมชาติ และยางสังเคราะห์ และต้องเป็นชนิดคุณภาพดี เมื่อละเอียดขนาดอนุภาคเล็ก ปริมาณการใช้ 0.5-2 ส่วน ต่อเนื้อยาง 100 ส่วน โดยเตรียมให้อยู่ในรูปดิสเพอร์ชัน

- สารที่ให้ซัลเฟอร์

สารพวกนี้ได้แก่ พวกไทอูเรม พอลิซัลไฟด์ เช่น Tetramethyl Thiuram Disulphide (TMTD) สารพวกนี้อาจใช้เดี่ยว หรือ ใช้ร่วมกับซัลเฟอร์ ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะมีสมบัติทนความร้อนสูง ถ้าใช้ TMTD และ ZnO โดยไม่เติมซัลเฟอร์ ต้องใช้อุณหภูมิในการทำยางคงรูปสูงถึง 140 องศาเซลเซียส

ข. สารกระตุ้นปฏิกิริยาคาลคาไนซ์ (Activator)

สำหรับน้ำยางจะใช้ ZnO เดิมลงไปเป็นน้ำยางเป็นขั้นตอนสุดท้ายของการผสมสารเคมีต่างๆ หรือ บางครั้งอาจเติมในขณะที่เริ่มการแปรรูปเป็นวัตถุดิบสำเร็จรูป ทั้งนี้เนื่องจากการเติม ZnO ในน้ำยางจะทำให้ความหนืดเพิ่มขึ้น แล้วเกิดเป็นคริมแข็ง ปริมาณการใช้ จะขึ้นอยู่กับช่วงระหว่าง 0.2-2.0 ส่วน ต่อ เนื้อยางแห้ง 100 ส่วน การเพิ่มปริมาณ ZnO ในช่วง 0.1-2.0 ส่วน ต่อ เนื้อยางแห้ง 100 ส่วน จะทำให้ยางมีโมดูลัสสูงขึ้น ถ้าต้องการให้ยางมีความโปร่งแสง จะต้องใช้ปริมาณ ZnO ต่ำประมาณ 0.25 ส่วน ต่อ เนื้อยางแห้ง 100 ส่วน

ค. สารเร่งปฏิกิริยาคาลคาไนซ์ (Accelerator)

สามารถแบ่งสารเร่งปฏิกิริยาคาลคาไนซ์ออกเป็นกลุ่ม ดังนี้

- กลุ่มไดไทโอคาร์บาเมต (Dithiocarbamate)

สารในกลุ่มนี้มีอยู่หลายชนิด แต่ที่นิยมใช้กันมากที่สุด ได้แก่ ซิงค์ไดเอทิล ไดไทโอคาร์บาเมต (Zinc Diethyl Dithiocarbamate, ZDEC) เป็นสารสีขาว ไม่มีกลิ่น ไม่ละลายน้ำ ปริมาณการใช้อยู่ระหว่าง 0.3-1.5 ส่วน ต่อ เนื้อยางแห้ง 100 ส่วน ZDEC จะเพิ่มอัตราเร็วของการคงรูปขึ้นอย่างชัดเจนในอุณหภูมิที่สูงกว่า 70 องศาเซลเซียส โดยที่ ZDEC จะไม่ทำให้น้ำยางเกิดการวัลคาไนซ์ขึ้นก่อน (Pre-Vulcanization) เมื่อเก็บน้ำยางที่ผสม ZDEC ไว้ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส หรือ ต่ำกว่า ดังนั้น ทำให้สามารถใช้น้ำยางที่ผสม ZDEC ในกระบวนการผลิตที่แตกต่างกันได้ ข้อเสียของสารในกลุ่มนี้ คือ มีความว่องไวปฏิกิริยาต่อสารทองแดง ทำให้เมื่อผลิตภัณฑ์ยางสัมผัสสารที่มีทองแดงเป็นองค์ประกอบจะเปลี่ยนสีเป็นสีน้ำตาล

- กลุ่มแซนเทต (Xanthate)

สารกลุ่มนี้ว่องไวต่อปฏิกิริยามาก สามารถเกิดปฏิกิริยาได้ที่อุณหภูมิห้อง มีกลิ่นรุนแรงมาก ได้แก่ พวก Sodium Isopropyl Xanthate (NaPX) และ Zinc Isopropyl Xanthate (ZnPX)

- กลุ่มไทอะโซล (Thiazole)

ตัวอย่างสารกลุ่มนี้ ได้แก่ Zinc salt of 2-Mercaptobenzothiazole (MZ ZnMBT) และ Cyclohexylamine salt of 2-Mercaptobenzothiazole (CMBT) นิยมใช้พวกที่ไม่ละลายน้ำกับน้ำยาง เช่น Zinc 2-Mercaptobenzothiazole (ZMBT) มีลักษณะเป็นผงสีขาว ไม่ละลายน้ำ ใช้ร่วมกันกับ ZDEC ปริมาณการใช้ คือ ZDEC 1 ส่วน ต่อ ZMBT 0.25-0.5 ส่วน ต่อ เนื้อยางแห้ง 100ส่วน นอกจากนี้จะทำให้ค่าโมดูลัสของยางสูงขึ้นแล้ว ยังมีผลช่วยในการเสริมประสิทธิภาพการคงรูปโดยมีผลเร็วกว่าการใช้สารตัวเดียว

- สารกลุ่มไทยูเรม (Thiuram)

ตัวอย่างสารกลุ่มนี้ ได้แก่ Tetramethyl Thiuram Monosulfide (TS, TMTM) Tetramethyl Thiuram Disulfide (TT, TMTD) และ Dipentamethylene Thiuram Hexasulfide (DPTH) พวกไทยูเรมไม่มีความว่องไวในปฏิกิริยา เพียงพอที่จะใช้กับ สารระบบวัลคาไนซ์ เช่น ซัลเฟอร์ ได้ แต่อย่างไรก็ตามอาจใช้เป็นตัวช่วยพวกสารเร่งปฏิกิริยากลุ่มไดไทโอคาร์บาเมทได้

ง. สารป้องกันการเสื่อมเนื่องจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Antioxidation)

สารป้องกันการเสื่อมเนื่องจากปฏิกิริยาออกซิเดชันที่ใช้ในน้ำยางมี 2 ชนิดใหญ่ๆ คือ ชนิดที่เป็นเอมีน (Amine) และชนิดที่เป็นฟีนอล (Phenol) โดยสารเหล่านี้เป็นสารที่เติมลงในผลิตภัณฑ์ยางเพื่อป้องกันการถูกออกซิไดซ์ของโมเลกุลยาง ที่นิยมใช้กันในผลิตภัณฑ์ถุงมือยาง ได้แก่ พวกฟีนอล ซึ่งสารในตระกูลนี้จะไม่ทำให้ผลิตภัณฑ์เปลี่ยนสี หรือ สีดก แต่การป้องกันจะสู้พวกตระกูลเอมีนไม่ได้

2.1.1.5 การแปรรูปยางธรรมชาติ

1) การผลิตน้ำยางข้น

การผลิตน้ำยางข้นได้จากการนำน้ำยางสดที่รักษาสภาพด้วย สารละลายแอมโมเนียหรือ สารละลายโซเดียมซัลไฟท์ แล้วนำมาปั่นแยกด้วยเครื่องปั่นความเร็วสูง เพื่อแยกน้ำและสารอื่นๆ ที่ละลายอยู่ในน้ำออกไปบางส่วน จะได้น้ำยางแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ

ก. น้ำยางข้น 60% (Concentrated latex) รักษาสภาพด้วย 0.7% สารละลายแอมโมเนียชนิดเข้มข้น หรือ 0.2% สารละลายแอมโมเนียชนิดเจือจาง ร่วมกับสารช่วยรักษาสภาพน้ำยาง

ข. หางน้ำยาง (Skim latex) นำมาไล่แอมโมเนีย แล้วเติมกรดซัลฟูริก (H_2SO_4) แล้วผ่านกระบวนการรีดเครพ หรือตัดย่อย เพื่อผลิตเป็นสกิมเครพ หรือ สกิมบล็อก

2) การผลิตยางแผ่น

การผลิตยางแผ่นทำได้โดยการนำน้ำยางสดมากรองแยกสิ่งสกปรกแล้วทำให้จับตัวด้วยกรดฟอร์มิก หรือ กรดอะซิติก จากนั้นนำมาขนาด และรีดด้วยจักรรีดยางจนยางมีแผ่นหนาประมาณ 2-3 มิลลิเมตร แล้วนำไปผึ่งไว้ในที่ร่มจะได้ยางแผ่นดิบ (Unsmoked sheet, USS) ซึ่งสามารถนำมาแปรรูปต่อได้ 2 ทางคือ

ก. ทำยางแผ่นผึ่งแห้ง โดยการอบด้วยลมร้อน อุณหภูมิ 45-65 องศาเซลเซียส ใช้เวลาประมาณ 3-5 วัน บรรจุหีบห่อเพื่อรอการจำหน่าย

ข. ทำยางแผ่นรมควัน โดยการเข้าโรงรมควัน อุณหภูมิประมาณ 50-60 องศาเซลเซียส ใช้เวลาประมาณ 4-10 วัน แล้วจัดชั้นด้วยสายตา บรรจุหีบห่อรอการจำหน่าย

3) การผลิตยางแท่ง

วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตยางแท่งใช้ได้ทั้งน้ำยางสดที่ต้องทำให้จับตัวเป็นก้อนก่อน และยางแห้งที่จับตัวแล้ว เช่น ยางแผ่นดิบ เศษยางก้นถ้วย โดยมีขั้นตอนการผลิตแตกต่างกัน คือ

ก. การใช้น้ำยางสด ทำได้โดยการนำน้ำยางสดมาเทรวมในถังรวมยางแล้วทำให้ยางจับตัวแล้วตัดเป็นก้อน จึงผ่านเข้าเครื่องเครพ จากนั้นย่อยยางเป็นเม็ดเล็กๆ แล้วจึงอบยางให้แห้งและอัดเป็นแท่งขนาด 33.3 กิโลกรัม

ข. การใช้ยางแห้งที่จับตัวแล้ว สำหรับยางแผ่นดิบสามารถนำมาตัดแล้วอบแล้วอัดเป็นแท่งได้เลย ส่วนเศษยางต้องมารวมในถังรวมยางแล้วตัด ทำความสะอาด แล้วบรรจุใส่ถังรวมอีกครั้งก่อนผ่านเข้าเครื่องเครพ ย่อยยางเป็นชิ้นเล็กๆ จึงอบให้แห้งแล้วอัดเป็นแท่งสี่เหลี่ยมขนาด 33.3 กิโลกรัม

2.1.1.6 น้ำยางวัลคาไนซ์ (Prevulcanized Latex)

น้ำยางคงรูป หรือ น้ำยางวัลคาไนซ์ หรือ น้ำยางพรีวัลคาไนซ์ หมายถึง น้ำยางที่โมเลกุลยางเกิดพันธะเชื่อมโยง (Crosslinked) อันเนื่องมาจากการให้ความร้อนกับน้ำยางที่ผสมสารเคมีที่จำเป็นแล้ว

น้ำยางผสมสารเคมี (Compound Latex) หมายถึง น้ำยางที่ได้ผสมสารเคมีต่างๆ แล้ว และส่วนใหญ่จะมีสารเคมีช่วยเร่งปฏิกิริยาวัลคาไนซ์ (Accelerator) พวก Dithiocabamate อยู่ด้วย โดยปกติจะทำการผสมสารเคมีกับน้ำยางแล้วบ่ม หรือ เก็บไว้ (Maturation) ก่อนนำไปทำการขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์ เนื่องจากน้ำยางที่ผสมสารเคมีส่วนใหญ่จะผสมสารเร่งปฏิกิริยาวัลคาไนซ์ไว้ด้วย ดังนั้น ขณะบ่ม หรือ เก็บน้ำยางจึงอาจเกิดปฏิกิริยาวัลคาไนซ์บางส่วน ทำให้โมเลกุลยางเกิดพันธะเชื่อมโยงได้ ซึ่งการที่ยางจะคงรูปมาก หรือ น้อยเพียงใด จะขึ้นอยู่กับภาวะในการเก็บน้ำยางและความว่องไวของสารช่วยเร่งปฏิกิริยาวัลคาไนซ์

2.1.2 แรงตึงผิว (Surface Tension)

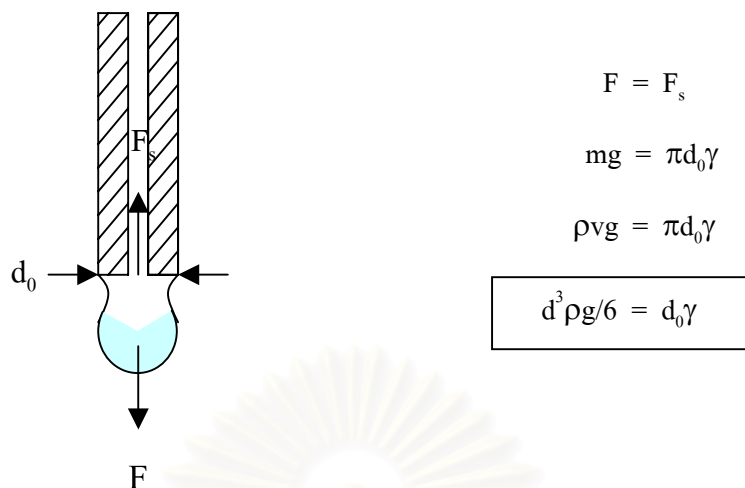
แรงตึงผิว คือ แรงที่กระทำในระนาบของพื้นผิวของเหลวต่อหนึ่งหน่วยความยาว ซึ่งเกิดจากการที่โมเลกุลผิวหน้าของของเหลวถูกกระทำโดยแรงดึงดูดจากโมเลกุลที่อยู่ภายในของเหลวทำให้โมเลกุลที่ผิวหน้าของของเหลวพยายามจัดตัวให้เล็กที่สุดเท่าที่จะทำได้

2.1.3 การหาค่าแรงตึงผิวของของเหลวด้วยวิธี Drop weight method

Drop weight method เป็นวิธีที่ใช้หาค่าแรงตึงผิวของของเหลวโดยใช้น้ำหนัก หรือ ปริมาตรของหยดของของเหลว โดยหยดออกจาก Tip ของท่อแนวตั้ง โดยมีสมมติฐานดังนี้

- ก. ของเหลวจะค่อยๆ เกิดเป็นหยดอย่างช้าๆ ออกจากปลาย Tip
- ข. หยดของเหลวจะหยดตัวเองออกจากปลาย Tip อย่างสมบูรณ์ด้วยแรงโน้มถ่วง

โดยในการคำนวณจะใช้สูตรคำนวณตามสมการดังนี้



โดยที่

d = เส้นผ่านศูนย์กลางของหยดของเหลว

ρ = ความหนาแน่นของของเหลว

g = ค่าคงที่แรงโน้มถ่วง

d_0 = เส้นผ่านศูนย์กลางของ Tip

γ = ค่าแรงตึงผิวของของเหลว

หมายเหตุ : ก่อนทำการวัดค่าแรงตึงผิวของของเหลว จำเป็นต้องทำความสะอาดบริเวณพื้นผิวที่จะทำการศึกษาเสียก่อน เพื่อจะกำจัดสารปนเปื้อน เนื่องจากหากมีสารปนเปื้อนปนอยู่จะทำให้ได้ค่าแรงตึงผิวที่ต่ำกว่าความเป็นจริง (โดยวิธีการคำนวณหาค่าแรงตึงผิว แสดงไว้ดังภาคผนวก ข)

2.1.4 ปฏิกริยาการแตกตัวของยางธรรมชาติ

การแตกตัวของยางธรรมชาติเป็นการที่ทำให้เกิดการลดน้ำหนักโมเลกุลของยางธรรมชาติ ซึ่งสามารถแบ่งการแตกตัวได้เป็น 4 ประเภท ตามระดับการแตกตัวดังนี้

ก. การแตกตัวในระดับต้น คือ มีน้ำหนักโมเลกุลเฉลี่ย (Weight-average Molecular Weight; M_w) อยู่ในช่วง 400,000 ถึง 1,000,000 จะทำให้ได้ยางที่มีความหนืดเริ่มต้นลดลง เมื่อนำไปใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตในโรงงานอุตสาหกรรมจะทำให้ผลิตง่ายขึ้น

ข. การแตกตัวในระดับปานกลาง (Moderately Degraded Rubber) คือ มีน้ำหนักโมเลกุลเฉลี่ยอยู่ในช่วง 150,000 ถึง 400,000 จะทำให้ได้ยางที่มีลักษณะนิ่ม และมีสมบัติการยึดติดเพิ่มขึ้น

ค. การแตกตัวในระดับสูง (Extensively Degraded Material) คือ มีน้ำหนักโมเลกุลเฉลี่ยต่ำกว่า 150,000 จะได้เป็นของเหลวเหนียว มีชื่อเรียกว่า ยางเหลว (liquid rubber)

ง. การแตกตัวอย่างสมบูรณ์ (Essentially Completely Degraded Hydrocarbon) คือ มีน้ำหนักโมเลกุลเฉลี่ยต่ำกว่า 500 ซึ่งได้จากกระบวนการไพโรไลซิส

วิธีทำให้เกิดการแตกตัวใน 3 ระดับแรกจะใช้วิธีเดียวกัน คือ Oxidative Breakdown ของสายโซ่ยาว ซึ่งในกลไกการเกิดจะได้เป็นอนุมูลอิสระ (Free radical) ออกซิเดชันจะเกิดได้โดยใช้ ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (Hydrogen Peroxide) หรือ ออกานิกไฮโดรเปอร์ออกไซด์ (Organic Hydroperoxide) แต่ใช้อากาศ หรือ แก๊สออกซิเจนจะถูกที่สุด และสารที่นิยมใช้มากที่สุด คือ แอโรแมติก ไทออล (Aromatic Thiols) สารอื่นที่นิยมใช้จะเป็นพวก ซิงค์ไทโอเลต (Zinc Thiolates) สารประกอบไทโอคาร์บอนิล (Thiocarbonyl compounds) กรดซัลฟินิก (Sulphinic acids) และเฟนิลไฮไดรราซีน (Phenylhydrazine) ซึ่งการเลือกสารเคมีดังกล่าวจะขึ้นอยู่กับระดับการแตกตัว และกระบวนการที่ใช้

วิธี Redox System เป็นวิธีที่ใช้ในการลดน้ำหนักโมเลกุลของยางธรรมชาติ ซึ่งจะใช้ออกซิไดซิง เอเจนต์ เป็น ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ออกานิกไฮโดรเปอร์ออกไซด์ (Organic Hydroperoxide) หรือ Inorganic Peroxy Compound และ Reducing Agent เป็น ไนไตรต์ (Nitrite) หรือ คลอไรต์ (Chlorite) หรือ ใช้ร่วมกันเป็น ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์กับโซเดียมไนไตรต์ (Sodium Nitrite) และไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์กับโซเดียมคลอไรต์ (Sodium Chlorite) ในกระบวนการจะใช้น้ำยาสด หรือ น้ำยาล้างก็ได้ ผ่านการทำให้เสถียรด้วยสารลดแรงตึงผิวที่ไม่มีประจุ (Non-Ionic Surfactant) จะได้ค่า pH คงที่ประมาณ 6.0-8.0 ระดับการแตกตัวสามารถควบคุมได้จากความเข้มข้นของ reagent และภาวะของกระบวนการ

2.1.5 ปฏิริยาออกซิเดชันของยางธรรมชาติ

การแตกตัวของยางธรรมชาติสามารถเกิดได้โดยการใช้พลังงานหลายรูปแบบ เช่น ความร้อน พลังงานกล สารเคมี หรือพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้า เป็นต้น พลังงานเหล่านี้สามารถทำให้เกิดการแตกออกของพันธะคาร์บอน-ไฮโดรเจน (C-H) และพันธะคาร์บอน-คาร์บอน (C-C) ได้เป็นอนุมูลที่ไม่เสถียร (R^{\cdot}) ซึ่งมีความว่องไวในการเกิดปฏิกิริยากับออกซิเจนมาก จากโมเลกุลของยางธรรมชาติมีพันธะคู่อยู่ ที่บริเวณนี้จะสามารถเกิดการแตกพันธะได้ง่าย ทำให้เกิดการเสื่อมสภาพโดยเกิดปฏิกิริยากับออกซิเจน สารที่ใช้ในการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันจะต้องเป็นสารที่สามารถให้ออกซิเจนได้ เช่น ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ออกานิกไฮโดรเปอร์ออกไซด์ หรือ ใช้ออกซิเจนโดย

ตรง กลไกการเกิดออกซิเดชันในยางจะมีกลไกการเกิดแตกต่างไปจากกระบวนการออกซิเดชันในไฮโดรคาร์บอนอิ่มตัว และไม่อิ่มตัว

ปฏิกิริยาออกซิเดชันจะเกิดแบบ Autooxidation คือ ผลของการเกิดออกซิเดชันหรืออนุมูลอิสระ (Free radical) จะเป็นตัวเร่งให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันได้เร็วขึ้น โดยมีกลไกการเกิดปฏิกิริยา ดังนี้

Initiation



Propagation



Termination



2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

C. Franco [32] ศึกษาการควบคุมการเกิด thermal depolymerization ของยางธรรมชาติ และยางสังเคราะห์ (3,4-polyisoprene) โดยทำการศึกษาที่ช่วงอุณหภูมิ 300 – 380 องศาเซลเซียส ภายใต้อุณหภูมิที่ต่ำกว่า พบว่าจะเกิดเป็น liquid polyisoprene ที่มีน้ำหนักโมเลกุลที่ต่ำกว่า cis-1,4-polyisoprene เริ่มต้น มี microstructure เป็น trans-1,4- และ 3,4-units และ vinylidene units กลไกของการแตกตัวจะเกิดที่พันธะเดี่ยวตรงตำแหน่ง β ของพันธะคู่ และมีการแตกแบบส้อมตลอดสายโมเลกุลยาง ผลิตภัณฑ์หลักของยางทั้งสองประเภทจะเกิดเป็น dipentene (DL-limonene) ซึ่ง dipentene ที่ได้จาก cis-1,4-polyisoprene สามารถนำไปทำเป็น terpene resin ได้

C. Fengzhen and Q. Jialin [33] ศึกษาการแตกตัวด้วยความร้อนของ cis-1,4-polyisoprene ภายใต้อุณหภูมิที่ช่วงอุณหภูมิระหว่างอุณหภูมิห้องไปจนถึง 600 องศาเซลเซียส เพื่อพิจารณาผลของช่วงอุณหภูมิต่อผลิตภัณฑ์ที่ได้ วิเคราะห์ปริมาณผลิตภัณฑ์ และกลไกที่เกิดขึ้น พบว่า ผลิตภัณฑ์หลักที่เกิดขึ้นเป็น dipentene และจะเกิดได้ดีที่สุดในช่วงอุณหภูมิที่ต่ำกว่า 431 องศาเซลเซียส ส่วนที่

อุณหภูมิสูงจะเกิดสารประกอบแอโรแมติก และสารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่มีโมเลกุลเล็กมากขึ้น เนื่องจากในช่วงแรกจะเกิด depolymerization เมื่อเพิ่มอุณหภูมิสูงจะเกิด decomposition, dehydrogenation และ aromatization ด้วย

G. Ivan และคณะ [34] ศึกษาพฤติกรรมของ elastomers ที่มีองค์ประกอบของ cis-1,4 units, trans-1,4 units, 3,4 units และ vinyl (1,2) units โดยใช้วิธี Thermo-oxidative degradation พบว่า 3,4 isoprene units จะได้รับผลกระทบน้อยที่สุด โดย cis-1,4 units จะเริ่มเกิด degradation ก่อน แล้วตามด้วย trans-1,4-units ส่วน 3,4 units และ 1,2 units จะเกิดน้อย degradation ส่วนใหญ่ประกอบด้วย การแตกตัวของสายโซ่หลักในช่วงอุณหภูมิ 80 ถึง 100 องศาเซลเซียส ส่วนที่อุณหภูมิสูง (120 ถึง 130 องศาเซลเซียส) จะเกิดเป็น branching และจะเกิดได้ดีในพอลิเมอร์ที่มี 3,4 units เป็นองค์ประกอบมาก

C. Fengzhen and Q. Jialin [35] ยางรถยนต์ที่ใช้แล้วในประเทศจีนได้ถูกใช้เป็นชิ้นงานตัวอย่างในการทดลอง pyrolysis ภายใต้ภาวะเฉื่อย โดยใช้ thermo-gravimetric apparatus (TGA) และ differential thermal analysis (DTA) ในช่วงอุณหภูมิ pyrolysis ต่างกันจะได้ reaction transition temperature จาก TGA และ DTA จากนั้นในแต่ละช่วงของอุณหภูมิจะทำการวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์ที่เป็นแก๊สโดยใช้ gas chromatography (GC) ได้ศึกษาอิทธิพลของช่วงอุณหภูมิที่มีต่อร้อยละผลได้ของผลิตภัณฑ์หลัก และกลไกการเกิดองค์ประกอบหลัก จากผลการทดลองแสดงว่า pyrolysis ของยางที่ใช้แล้วจะเป็นไปตาม radical mechanism และ ผลิตภัณฑ์หลักจะได้รับผลน้อยจากการเพิ่มอุณหภูมิจากอุณหภูมิห้อง ถึง 420 องศาเซลเซียส และจาก 421 ถึง 600 องศาเซลเซียส แต่ degradation ของ blend rubber จะแตกต่างกับแต่ละ degradation ขององค์ประกอบของ elastomer

คัทลียา ชะโรจน์บวร [24] ศึกษาการถ่ายโอนสารอินทรีย์เข้าไปในยางธรรมชาติ โดยใช้คาร์บอนไดออกไซด์ภาวะเหนือวิกฤตเป็นตัวพาเข้าไปในอนุภาคยาง แล้วทำให้ยางพองตัวขึ้น เกิดระยะห่างระหว่างสายโมเลกุลมากขึ้น แต่ไม่ทำให้เกิดการขาด หรือ ทำลายโมเลกุลยางให้สั้นลงโดยยงที่ดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ภาวะเหนือวิกฤตแล้วยังคงมีน้ำหนักโมเลกุลเฉลี่ยใกล้เคียงกับยางเริ่มต้น เมื่อบดยงด้วยวิธีกลเป็นเวลา 15 นาที ความหนืดมูนิ และน้ำหนักโมเลกุลจะลดลงร้อยละ 20 และร้อยละ 32 ของค่าเริ่มต้น ตามลำดับ และทำให้ไซพาราฟิน และ โพรพิลีนไกลคอล สามารถแทรกซึมเข้าไปในยางธรรมชาติมากขึ้น และจากการทดลองที่ภาวะต่างๆ พบว่า อุณหภูมิมีผลต่อปริมาณการแทรกซึมของโพรพิลีนไกลคอล เพราะโพรพิลีนไกลคอลเป็นโมเลกุลมีขั้วขนาดเล็กที่สามารถแทรกซึมเข้าไปในยางธรรมชาติได้น้อยมากในภาวะปกติ ดังนั้น คาร์บอนไดออกไซด์ภาวะเหนือวิกฤตจึงเป็นตัวพาที่ดี ที่ช่วยให้โพรพิลีนไกลคอลแทรกซึมเข้าไปได้มากขึ้น

วรรณนิภา อมาตยกุล [25] ศึกษาการแปรรูปร่างธรรมชาติผสมกลไกไนต์ให้เป็นของเหลวในคาร์บอนไดออกไซด์ภาวะเหนือวิกฤต ที่อุณหภูมิ 300-375 องศาเซลเซียส เวลาที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา 30 นาที ปริมาณถ่านหินในวัฏศักระยะ 0-75 และใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาเป็นหลักออกไซด์และซิงค์คลอไรด์ โดยใช้ถังความดันขนาด 4 ลิตร ทำงานแบบกะ ผลการทดลองแสดงว่าเพดานอุณหภูมิ 340-375 องศาเซลเซียสมีค่าต่ำสุด ปริมาณถ่านหินในวัฏศักระยะ 25 ให้ของเหลวในผลิตภัณฑ์ได้สูงสุดถึงร้อยละ 56 การใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาช่วยลดความหนืดของผลิตภัณฑ์ได้

ไพศาล แหวนทองคำ [26] ศึกษาการแตกตัวด้วยความร้อนของน้ำยางชั้นชนิดแอมโมเนียต่ำ ในภาวะเหนือวิกฤตของคาร์บอนไดออกไซด์ โดยเติมไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 30 เปอร์เซ็นต์ ที่อุณหภูมิ 400 องศาเซลเซียส ความดัน 100 ถึง 800 บาร์ มีตัวแปรที่ศึกษา คือ เวลาในการเกิดปฏิกิริยา 0 ถึง 60 นาที, ความดันคาร์บอนไดออกไซด์เริ่มต้น 10 ถึง 20 บาร์, สัดส่วนของออกซิเจนต่ออย่างแห้ง 0-108.10 ต่อ 100 ส่วนของยางแห้ง ซึ่งสัดส่วนนี้จะมีผลต่อร้อยละผลได้ของผลิตภัณฑ์แก๊ส, ของเหลว และของแข็ง ส่วนความดันเริ่มต้นของคาร์บอนไดออกไซด์ไม่มีผล และยังพบว่าที่สัดส่วนออกซิเจนต่ออย่างแห้ง 54.0 ต่อ 100 ส่วนของยางแห้ง ที่อุณหภูมิ 400 องศาเซลเซียส เวลา 0 นาที ความดันคาร์บอนไดออกไซด์เริ่มต้น 10 บาร์ ได้ผลิตภัณฑ์ของแข็ง 0.47 เปอร์เซ็นต์, ลอเรนซิคว 17.28 เปอร์เซ็นต์, แก๊สไฮโดรเจน 14.67 เปอร์เซ็นต์, ไลด์แก๊สไฮโดรเจน 12.31 เปอร์เซ็นต์, เกลือโซเดียม 10.28 เปอร์เซ็นต์, แก๊สโซเดียม 30.68 เปอร์เซ็นต์ และผลิตภัณฑ์แก๊ส 14.31 เปอร์เซ็นต์ การเพิ่มเวลาในการเกิดปฏิกิริยาจะทำให้องค์ประกอบเหล่านี้มีปริมาณลดลง แต่ผลิตภัณฑ์แก๊สจะเพิ่มขึ้น

สุพิน ท้าวพูนวงศ์ [27] ศึกษาการสังเคราะห์เชื้อเพลิงจากน้ำยางธรรมชาติผสมกับแป้งมันสำปะหลัง ในเครื่องปฏิกรณ์แบบกะขนาด 250 มิลลิลิตร ที่อัตราส่วนยางต่อแป้ง 8:2 ถึง 10:0 อุณหภูมิ 325-400 องศาเซลเซียส ความดันคาร์บอนไดออกไซด์ 0-20 บาร์ และเวลาในการเกิดปฏิกิริยา 30-60 นาที ตัวแปรกระบวนการที่ศึกษา คือ อัตราส่วนยางต่อแป้ง อุณหภูมิ ความดันคาร์บอนไดออกไซด์ และเวลาในการเกิดปฏิกิริยา ทำการทดลองแบบแฟกทอเรียลสองระดับ พบว่าอัตราส่วนยางต่อแป้ง และอุณหภูมิ ส่งผลกระทบบต่อร้อยละผลได้ของแก๊ส ของแข็ง และของเหลวอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งที่อัตราส่วนยางต่อแป้ง 9:1 อุณหภูมิ 350 องศาเซลเซียส ความดันคาร์บอนไดออกไซด์ 0 บาร์ เวลาในการเกิดปฏิกิริยา 30 นาที ได้ร้อยละของของเหลวสูงสุดถึง 86.86 และพบว่าการใช้แป้งผสมน้ำยางเป็นสารป้อนช่วยเสริมให้ได้ปริมาณของเหลวเพิ่มขึ้น การวิเคราะห์สมบัติของของเหลว พบว่าองค์ประกอบหลักเป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอนอิ่มตัว นอกจากนี้ยังพบว่า การเติมแป้งในสารป้อนจะได้ผลิตภัณฑ์ที่มีหมู่ออกซิเจนในโครงสร้างโมเลกุลของส่วนสารประกอบไฮโดรคาร์บอนอิ่มตัว และสารประกอบแอมโรแมติก ขณะที่การใช้ยางเป็นสารป้อนจะไม่พบหมู่ออกซิเจนนี้ และของเหลวที่สังเคราะห์ได้มีค่าความร้อนสูงใกล้เคียงน้ำมันดิบ

2.3. สมมติฐาน

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาการผลิตยางแห้งในรูปแบบใหม่ เพื่อให้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในงานอุตสาหกรรมได้อย่างสะดวก โดยในการศึกษาการผลิตยางเม็ด และยางเส้นจะต้องคำนึงถึงการผลิตที่ง่าย และเหมาะสม การใช้สารแยกน้ำออกจากน้ำยางที่มีประสิทธิภาพ สูตรของน้ำยางผสม และเวลาที่ใช้ในการผลิต ซึ่งในงานวิจัยนี้เลือกวิธีในการผลิตยางเม็ด และยางเส้น เป็นการหยด และการทำให้น้ำยางผสมไหลเป็นเส้นลงไปในสารแยกน้ำออกจากน้ำยาง ส่วนสารที่ใช้ในการแยกน้ำออกจากน้ำยางจะต้องเป็นสารที่สามารถแยกเฟสของน้ำออกจากส่วนที่เป็นเนื้อยางได้ และต้องมีสมบัติที่ทำให้ยางมีลักษณะคงรูปในรูปแบบที่ต้องการได้ และสารที่จะนำมาผสมในสูตรน้ำยางผสมจะต้องพิจารณาสารที่ช่วยให้ยางมีลักษณะคงรูป และช่วยให้ผลิตภัณฑ์มีลักษณะร่วนไม่ติดกันเพื่อประโยชน์สูงสุดในการนำไปใช้งาน ในส่วนของการศึกษาออกซิเดชันของยางด้วยออกซิเจน โดยทำการศึกษาที่ภาวะความดันออกซิเจนต่างๆกัน การให้ความร้อนกับยางแห้งในภาวะที่มีออกซิเจนจะทำให้เกิดการเผาไหม้ ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะขึ้นกับปริมาณออกซิเจนต่ออย่างแห้งที่ป้อนเข้าไปในเครื่องปฏิกรณ์ ซึ่งจะเกิดการแตกตัวของสายโซ่พอลิโอโซพรีนเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ที่มีน้ำหนักโมเลกุลเล็กลง โดยปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นจะเป็นปฏิกิริยาที่มีการกระตุ้นให้เกิดเป็นปฏิกิริยาแบบต่อเนื่องด้วยตัวอนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นในปฏิกิริยา

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

3.1.1 เครื่องพ่นยาง

ประกอบด้วยส่วนที่ใช้บรรจุน้ำยางทำจากเหล็กกล้าไร้สนิม ปริมาตร 0.28 ลิตร ต่อกับท่อสแตนเลสส่งน้ำยางไปยังหัวฉีด ซึ่งทำจากเหล็กกล้าไร้สนิม ที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางรูฉีด 0.5 มิลลิเมตร

3.1.2 เครื่องปฏิกรณ์

เครื่องปฏิกรณ์ที่ใช้ในการศึกษาออกซิเดชันเป็นเครื่องบอมบ์แคลอริมิเตอร์ (Bomb Calorimeter) ทนแรงดันสูงของ Parr รุ่น 1341 ตัวปฏิกรณ์ทำจากเหล็กกล้าไร้สนิม ปริมาตร 0.4 ลิตร

3.1.3 เครื่องบดสารเคมี (Ball Mill)

เป็นเครื่องที่ใช้บดสารเคมี ประกอบด้วยหม้อบดที่มีลูกหิน และมอเตอร์สำหรับหมุน

3.1.4 เครื่องปั่นผสม (Stirrer)

จากบริษัท Jika ประกอบด้วยมอเตอร์ และใบกวนที่สามารถปรับความเร็วรอบ และความสูงของใบพัดตามต้องการได้ แกนใบกวนทำจากเหล็กกล้าไร้สนิม ใบกวนทำจากเทฟลอน

3.1.5 เครื่องระเหยแบบหมุน (Rotary Evaporator)

จาก บริษัท BUCHI รุ่น R-200

3.1.6 เครื่องให้ความร้อน

จากบริษัท Jika สามารถปรับระดับความร้อนตามต้องการได้

3.2 ตัวอย่างและสารเคมีที่ใช้ในการทดลอง

ตัวอย่างและสารเคมีที่ใช้ในการทดลองแสดงดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 แสดงวัตถุดิบ และสารเคมีที่ใช้ในการทดลอง

สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง	คุณสมบัติ	หน้าที่	ที่มา
1. น้ำยางธรรมชาติเข้มข้นชนิดแอมโมเนียต่ำ	มีเนื้อยางแห้ง 60%	เป็นวัตถุดิบหลักในงานวิจัย	บริษัท ไทยรับเบอร์เอนด์เลเท็กซ์ จำกัด (องค์ประกอบแสดงในภาคผนวก ก)
2. เอทิลแอลกอฮอล์	ความเข้มข้น 99.9%	สารจับก้อนยาง	บริษัท กิมฮวด จำกัด
3. กรดฟอร์มิก	ความเข้มข้น 99.9%	สารจับก้อนยาง	บริษัท กิมฮวด จำกัด
4. โพรพิลีนไกลคอล	ความเข้มข้น 99.9%	สารจับก้อนยาง	บริษัท กิมฮวด จำกัด
5. น้ำเกลืออิ่มตัว	สารละลายใสไม่มีสี	สารจับก้อนยาง	บริษัท เบนไมเออร์ เคมีคอล (ที) จำกัด
6. ปูนขาว	ผงสีขาว	สารจับก้อนยาง	บริษัท เบนไมเออร์ เคมีคอล (ที) จำกัด
7. ซัลเฟอร์	ผงสีเหลือง	สารวัลคาไนซ์	บริษัท เบนไมเออร์ เคมีคอล (ที) จำกัด
8. ซิงค์ไดเอทิลไดไทโอคาร์บาเมท (ZDEC)	ผงสีขาว	ตัวกระตุ้นปฏิกิริยาวัลคาไนซ์	บริษัท เบนไมเออร์ เคมีคอล (ที) จำกัด
9. ซิงค์ออกไซด์ (ZnO)	ผงสีขาว	ตัวเร่งปฏิกิริยาวัลคาไนซ์	บริษัท เบนไมเออร์ เคมีคอล (ที) จำกัด
10. ซอฟเท็กซ์เอ	เกล็ดสีเหลือง	ช่วยกระจายตัว	บริษัท กิมฮวด จำกัด

11. เบนโทไนต์	ผงสีน้ำตาล	ช่วยกระจายตัว	บริษัท เบนไมเออร์ เคมีคอล (ที) จำกัด
12. โซเดียมซิลิเกต	ความเข้มข้น 40.0% $\text{Na}_2\text{O}:\text{Si}_2\text{O}_5$, 1 : 3	ช่วยการคงรูป ของยาง	บริษัท ไลออน จำกัด
13. โซเดียมโคเดซิลซัลเฟต	เม็ดสีขาว	สารลดแรงตึงผิว	บริษัท กิมฮวด จำกัด
14. ออกซิเจน	ความเข้มข้น 99.5%	แก๊สเชื้อเพลิง	บริษัท ยูไนเต็ด อินดัสตรีแยลแก๊ส จำกัด
15. ไนโตรเจน	ความเข้มข้น 99.5%	ใช้พ่นยางผง	บริษัท ยูไนเต็ด อินดัสตรีแยลแก๊ส จำกัด
16. เตตระไฮโดรฟูแรน	ความเข้มข้น 99.9%	ตัวทำละลาย	บริษัท เคมีเคิลเฮาส์ แล็บ แอนด์ อินสตรูเมนต์ จำกัด

3.3 การดำเนินงานวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการผลิตยางเม็ด และยางเส้นจากน้ำยางธรรมชาติ และศึกษาออกซิเดชันของยางในบรรยากาศออกซิเจน โดยในส่วนของ การผลิตยางเม็ด และยางเส้น ทำการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการผลิตดังนี้ สารจับก้อนยาง เวลาที่ใช้ในการแยกน้ำออกจากน้ำยาง และสูตรน้ำยางผสม (โดยสูตรน้ำยางผสมแสดงดังตารางที่ 3.2) ในการทดลองทำการหาค่าแรงตึงผิวของน้ำยางผสม เส้นผ่านศูนย์กลาง น้ำหนัก ปริมาตร และความหนาแน่นของผลิตภัณฑ์ที่ได้ และในส่วนของออกซิเดชันยางในบรรยากาศออกซิเจน ศึกษาการแตกตัวของยางแห้งด้วยความร้อน และออกซิเจน โดยปรับความดันออกซิเจนเริ่มต้นตั้งแต่ 4 ถึง 20 บาร์ ผลิตภัณฑ์ที่ได้นำไปคำนวณหาค่าร้อยละผลได้ ศึกษาสมบัติทางกายภาพ และองค์ประกอบของผลิตภัณฑ์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3.2 แสดงสูตรน้ำยางผสม

สาร	phr
Rubber	100.00
Sulphur	2.80
ZDEC	3.20
Sodium silicate	0, 10 และ 15
ZnO	2.80
SDS	0, 1, 3, 5, 7, 9 และ 10

หมายเหตุ : phr คือ ส่วนต่อเนื้อยาง 100 ส่วน และ Sulphur, ZDEC และ ZnO จะต้องมิลักษณะเป็นสารแขวนลอย

การผสมน้ำยางผสมตามสูตรดังตารางจะใส่สารเคมีตามลำดับดังนี้

1. น้ำยางข้น
2. Sulphur
3. ZDEC
4. Sodium silicate
5. ZnO
6. SDS

การปั่นผสมจะเติมสารเคมีทีละ 1 ตัว แล้วปั่นต่อเนื่องเป็นระยะเวลา 10 นาที แล้วจึงเติมสารเคมีตัวถัดไป หลังจากเติม ZnO แล้วจะปั่นต่อเนื่องเป็นระยะเวลา 50 นาที แล้วจึงเติม SDS ลงไป แล้วปั่นต่อเนื่องอีก 10 นาที จึงจะได้น้ำยางผสมเพื่อใช้ในการทำการทดลอง

สารเคมีที่นำไปเติมเพื่อเป็นสารวัลคาไนซ์จะต้องนำมาบดในเครื่องบดสารเคมีก่อน เพื่อให้ได้สารเคมีที่มีขนาดเล็กลง โดยทำการผสมสารวัลคาไนซ์กับสารเคมีดังสูตรผสมในตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 แสดงสูตรผสมสารวัลคาไนซ์เพื่อให้เป็นสารแขวนลอย

สาร	%โดยน้ำหนัก
Sulphur	50
Bentonite	1
Softex A	1
H ₂ O	48
Total	100

หมายเหตุ : สารวัลคาไนซ์ ZDEC และ ZnO จะใช้ส่วนผสมเช่นเดียวกันกับซัลเฟอร์ แล้วนำไปบดด้วยเครื่องบดสารเคมี

ปัจจัยที่มีผลต่อการผลิตยางเม็ด และยางเส้นจากน้ำยางธรรมชาติ แสดงดังตารางที่ 3.4

ตารางที่ 3.4 แสดงปัจจัยที่มีผลต่อการผลิตยางเม็ด และยางเส้นจากน้ำยางธรรมชาติ

สารจับก้อนยาง	โพรพิลีน ไกลคอล เอทิลแอลกอฮอล์ กรดฟอร์มิก น้ำเกลืออิ่มตัว และน้ำปูนขาว
เวลาที่ใช้ในการแยกน้ำออกจากน้ำยาง	5, 10, 15 และ 20 นาที

3.4 ขั้นตอนการวิจัย

3.4.1 การเตรียมสารเคมีและน้ำยางผสม

3.4.1.1 บดสารเคมีที่ใช้เป็นสารวัลคาไนซ์ตามอัตราส่วนผสมที่กำหนดไว้ด้วยเครื่องบดสารเคมีเพื่อให้ได้เป็นสารแขวนลอย โดยซัลเฟอร์จะใช้เวลาบดนาน 72 ชั่วโมง และสารเคมีอื่นจะใช้เวลาบด 48 ชั่วโมง

3.4.1.2 นำสารเคมีที่บดเป็นสารแขวนลอยแล้วมาปั่นผสมกับน้ำยางธรรมชาติตามอัตราส่วน และลำดับที่กำหนดไว้ด้วยเครื่องปั่นผสม

3.4.2 การวิเคราะห์ตัวอย่างยางธรรมชาติ

3.4.2.1 การวิเคราะห์ค่าแรงตึงผิว

นำน้ำยางธรรมชาติไปวิเคราะห์หาค่าแรงตึงผิวโดยวิธี Drop Weight Method ซึ่งแสดงวิธีการทดลอง และการคำนวณในภาคผนวก ข

3.4.2.2 การวิเคราะห์ค่าความร้อน

นำยางธรรมชาติไปวิเคราะห์หาค่าความร้อนด้วยเครื่องบอมบ์แคลอริมิเตอร์ของ Parr รุ่น 1314 ตามวิธีมาตรฐาน ASTM D 240

3.4.3 การทดลอง

แบ่งการทดลองออกเป็น 3 ขั้นตอน คือ

1. การศึกษาการแยกน้ำออกจากน้ำยางด้วยสารจับก้อนยางโดยทำเป็นยางเม็ด

ก. นำน้ำยางผสมที่เตรียมไว้แล้วตามอัตราส่วนต่างๆ มาใส่ในบิวเรต ปริมาตร 25 มิลลิลิตร แล้วปล่อยให้ น้ำยางผสมหยดลงในสารจับก้อนยางที่ต้องการศึกษาในกระบอก ตวง โดยมีระยะหยดระหว่างปลายบิวเรต และผิวหน้าของสารจับก้อนยางไม่เกิน 0.5 เซนติเมตร

ข. แช่ทิ้งไว้เป็นระยะเวลาตามที่ต้องการศึกษา แล้วจึงนำยางเม็ดที่ได้มาผึ่งให้แห้งที่อุณหภูมิห้องเป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง

ค. เลือกอัตราส่วนน้ำยางผสม สารจับก้อนยาง และเวลาที่ใช้ในการผลิตที่เหมาะสมสำหรับการทดลองต่อไป

2. การผลิตยางเม็ด และยางเส้นจากน้ำยางธรรมชาติ

2.1 การผลิตยางเม็ด

การผลิตสามารถแบ่งได้เป็น 2 วิธี ดังนี้

2.1.1 การผลิตยางเม็ดโดยใช้เครื่องพ่นยาง

- ก. นำน้ำยางผสมที่เตรียมไว้ มาใส่ลงในเครื่องพ่นยาง ใส่ปะเก็นรองฝาเครื่องผลิตยางผง ปิดฝาเครื่อง และล็อกฝาให้แน่น
- ข. นำถังใส่สารจับก้อนน้ำยางมารองไว้ใต้เครื่องพ่นยางให้อยู่ในระยการพ่นของน้ำยางผสม
- ค. เปิดแก๊สไนโตรเจนเข้าไปในเครื่องพ่นยาง จะทำให้น้ำยางผสมพ่นลงในถังใส่สารจับก้อนยาง
- ง. แซ่ทิ้งไว้ตามระยะเวลาที่กำหนด แล้วนำยางเม็ดที่ผลิตได้มาผึ่งให้แห้งที่อุณหภูมิห้องเป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง

2.1.2 การผลิตยางเม็ดโดยการหยด

- ก. นำน้ำยางผสมที่เตรียมไว้แล้วตามอัตราส่วนต่างๆ ใส่ในบิวเรตปริมาตร 25 มิลลิลิตร แล้วปล่อยให้หยดลงในสารจับก้อนยางในกระบอกตวง โดยมีระยะหยดไม่เกิน 0.5 เซนติเมตร
- ข. แซ่ทิ้งไว้ตามระยะเวลาที่กำหนด แล้วนำยางเม็ดที่ผลิตได้มาผึ่งให้แห้งที่อุณหภูมิห้องเป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง

2.2 การผลิตยางเส้น

- ก. นำน้ำยางผสมที่เตรียมไว้แล้วตามอัตราส่วนต่างๆ ใส่ในบิวเรตปริมาตร 25 มิลลิลิตร แล้วปล่อยให้ไหลเป็นเส้นลงในสารจับก้อนยาง โดยมีระยะระหว่างปลายบิวเรตและผิวหน้าของสารจับก้อนยางไม่เกิน 0.5 เซนติเมตร
- ข. แซ่ทิ้งไว้ตามระยะเวลาที่กำหนด แล้วนำยางเส้นที่ผลิตได้มาผึ่งให้แห้งที่อุณหภูมิห้องเป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง

3. ศึกษาออกซิเดชันของยางในบรรยากาศออกซิเจน

- ก. ชั่งตัวอย่างยางแห้ง 1 กรัม (น้ำหนักสารป้อนในการทดลองแต่ละครั้งแตกต่างกันไม่เกิน 0.01 กรัม) มาใส่ลงในตัวปฏิกรณ์ ปิดฝา และล็อกให้แน่น
- ข. อัดแก๊สออกซิเจนเข้าไปในตัวปฏิกรณ์ จนมีความดันตามที่ต้องการศึกษา

- ค. ประกอบเครื่องปฏิกรณ์ให้มีสภาพพร้อมใช้งาน โดยบรรจุถึงน้ำหล่อเย็น ปริมาตร 2000 มิลลิลิตร แล้วใส่ตัวปฏิกรณ์ลงไป ต่อสายไฟ ปิดฝา และต่อสายพานให้เรียบร้อย
- ง. เปิดสวิทช์เครื่องปฏิกรณ์ ให้ใบพัดกวนน้ำหล่อเย็นจนกระทั่งมีอุณหภูมิคงที่ หรือประมาณ 5 นาที บันทึกอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นเริ่มต้น
- จ. กดปุ่มจุกระเบิด จะมีไฟสีแดงขึ้นแล้วหายไป พร้อมทั้งเริ่มจับเวลาที่ใช้ในการออกซิเดชัน
- ฉ. บันทึกอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นสุดท้ายเมื่ออุณหภูมิคงที่ และเริ่มลดลง และเวลาที่ใช้ตั้งแต่เริ่มจุกระเบิดจนถึงอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นคงที่ และเริ่มลดลง
- ช. ปิดสวิทช์ใบพัดกวน ถอดสายพาน ปิดฝาเครื่องปฏิกรณ์ ถอดสายไฟ แล้วนำตัวปฏิกรณ์ออกจากเครื่องปฏิกรณ์
- ซ. นำผลิตภัณฑ์ออก โดยผลิตภัณฑ์แก๊สที่ได้จะเก็บใส่ในกระเปาะเก็บแก๊ส แล้วนำไปวิเคราะห์ห้องค์ประกอบด้วยเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี (Gas Chromatograph) และคำนวณร้อยละผลได้ของผลิตภัณฑ์แก๊ส
- ณ. ใช้เตตระไฮโดรฟูแรนล้างเครื่องปฏิกรณ์ แล้วแยกผลิตภัณฑ์ของเหลว และผลิตภัณฑ์ของแข็งออกจากกันโดยการกรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 42
- ญ. นำผลิตภัณฑ์ของแข็งไปอบที่อุณหภูมิ 100-105 องศาเซลเซียส และคำนวณร้อยละผลได้ของผลิตภัณฑ์ของแข็ง
- ฎ. ผลิตภัณฑ์ของเหลวเก็บใส่ขวดที่มีฝาปิด แล้วนำไปกลั่นแยกเตตระไฮโดรฟูแรนออก ด้วยเครื่องระเหยแบบหมุน (Rotary Evaporator) เพื่อนำไปวิเคราะห์ห้องค์ประกอบด้วยเครื่อง Simulated Distillation Gas Chromatograph และคำนวณร้อยละผลได้ของผลิตภัณฑ์ของเหลว
- ฏ. ทำความสะอาดเครื่องปฏิกรณ์ให้เรียบร้อย เพื่อเตรียมพร้อมสำหรับการทดลองครั้งต่อไป

3.4.4 การวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์

3.4.4.1 การหาค่าร้อยละผลได้

ทำการหาค่าร้อยละผลได้ของผลิตภัณฑ์โดยการชั่งน้ำหนักแล้วนำไปคำนวณค่าร้อยละผลได้ (สูตรการคำนวณแสดงดังภาคผนวก ข)

3.4.4.2 การวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์แก๊ส

วิเคราะห์องค์ประกอบของผลิตภัณฑ์แก๊สด้วยเครื่อง Micro GC ของ Aglient รุ่น 3000A ประกอบด้วย 3 Channel คือ A, B และ C ชนิดของคอลัมน์ในแต่ละ Channel คือ Molecular sieve, Plot Q และ OV-1 ตามลำดับ อุณหภูมิคอลัมน์ 30 องศาเซลเซียส Detector ชนิด TCD และใช้ฮีเลียมเป็นแก๊สพา

3.4.4.3 การวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์ของเหลว

วิเคราะห์องค์ประกอบของผลิตภัณฑ์ของเหลวด้วยเครื่อง Simulated Distillation Gas Chromatograph ของ Varian รุ่น CP-3800 ใช้ Capillary Column CP-Sil 5 CB ภาวะ Injector 298 องศาเซลเซียส อุณหภูมิคอลัมน์เริ่มต้น 30 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิสุดท้าย 320 องศาเซลเซียส โดยอัตราการเพิ่มอุณหภูมิเป็น 20 องศาเซลเซียสต่อนาที และคงที่ที่ 320 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8.50 นาที อุณหภูมิ FID Detector 298 องศาเซลเซียส อัตราการไหลเชิงปริมาตรของแก๊สพา 1.5 มิลลิเมตรต่อนาที วิเคราะห์ด้วยวิธีมาตรฐานตาม ASTM 2887 การแบ่งช่วงจุดเดือดของผลิตภัณฑ์ แสดงดังตารางที่ 3.5

ตารางที่ 3.5 แสดงการแบ่งช่วงจุดเดือดของผลิตภัณฑ์

ผลิตภัณฑ์	ช่วงจุดเดือด (องศาเซลเซียส)
Gasoline	ตั้งแต่ต่ำๆ จนถึง 200
Kerosene	200 - 250
Light Gas Oil	250 – 300
Gas Oil	300 - 370
Long Residue	มากกว่า 370

3.4.4.4 การวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์ของแข็ง

วิเคราะห์องค์ประกอบของผลิตภัณฑ์ของแข็งด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด หรือ Scanning Electrom Microscope (SEM) ของ JEOL รุ่น JSM-5800LV

บทที่ 4

ผลการทดลอง และอภิปรายผล

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการผลิตยางเม็ด และยางเส้นจากน้ำยางธรรมชาติ และศึกษาออกซิเดชันของยางแห้งในบรรยากาศออกซิเจน ในส่วนของการศึกษาการผลิตยางเม็ด และยางเส้นจากน้ำยางธรรมชาติ จะเริ่มจากทำการเลือกภาวะในการผลิต และสูตรน้ำยางผสมที่เหมาะสมในการผลิตยางเม็ด แล้วจึงนำไปใช้ในการผลิตยางเส้นต่อไป ส่วนการศึกษาออกซิเดชันของยางแห้งในบรรยากาศออกซิเจน จะศึกษาผลการแตกตัวของยางแห้งที่สัดส่วนยางแห้งต่อออกซิเจนต่างๆ กัน รวมทั้งวิเคราะห์สมบัติและองค์ประกอบของผลิตภัณฑ์ที่ได้

4.1 การศึกษาสมบัติทางกายภาพของน้ำยางผสม

สมบัติทางกายภาพของน้ำยางผสมที่สนใจ ได้แก่ ค่าแรงดึงผิว ค่าความหนาแน่น น้ำหนักของน้ำยางผสม 1 หยด และเส้นผ่านศูนย์กลางของน้ำยางผสม 1 หยด ทำการทดลองที่อัตราส่วนน้ำยางผสมต่างๆกัน ได้ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 4.1(ตัวอย่างการคำนวณหาค่าแรงดึงผิวแสดงในภาคผนวก ข)

ตารางที่ 4.1 แสดงสมบัติทางกายภาพของน้ำยางผสม

Formular	γ (N/M)	ρ (g/cm ³)	dia (cm.)	m (g)
Latex	0.0526	0.9232	0.4122	0.0339
Latex + NaSi(10) + SDS(0)	0.0443	0.9343	0.3859	0.0281
Latex + NaSi(10) + SDS(5)	0.0371	0.9030	0.3678	0.0225
Latex + NaSi(10) + SDS(10)	0.0354	0.9329	0.3582	0.0225
Latex + NaSi(10) + SDS(15)	0.0338	0.9422	0.3515	0.0214

- โดย
- Latex คือ น้ำยางข้น
 - Latex + NaSi(10) + SDS(0) คือ น้ำยางข้นผสม โซเดียมซิลิเกต 10 phr กับ โซเดียมโดเดซิลซัลเฟต 0 phr

- Latex + NaSi(10) + SDS(5) คือ น้ำยางชั้นผสมโซเดียมซิลิเกต 10 phr กับ โซเดียมโดเดซิล ซัลเฟต 5 phr
- Latex + NaSi(10) + SDS(10) คือ น้ำยางชั้นผสมโซเดียมซิลิเกต 10 phr กับ โซเดียมโดเดซิล ซัลเฟต 10 phr
- Latex + NaSi(10) + SDS(15) คือ น้ำยางชั้นผสมโซเดียมซิลิเกต 10 phr กับ โซเดียมโดเดซิล ซัลเฟต 15 phr

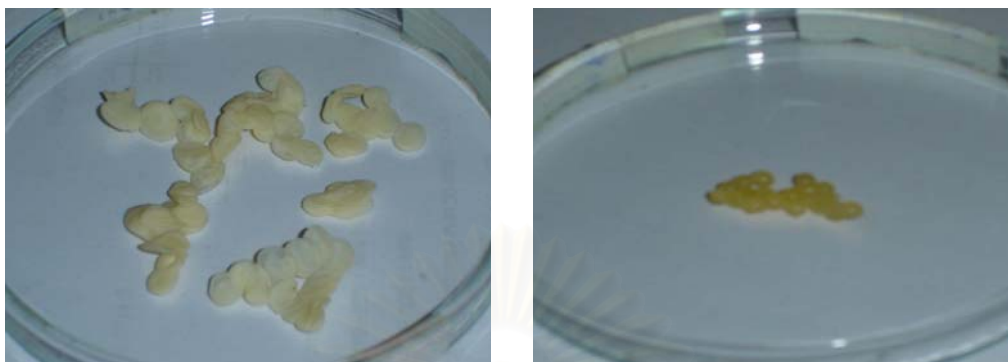
4.2 การศึกษาการแยกน้ำออกจากน้ำยางด้วยสารจับก้อนยาง

ศึกษาการแยกน้ำออกจากน้ำยางชั้นของสารจับก้อนยางต่างๆ ดังนี้ เอทิลแอลกอฮอล์ กรดฟอร์มิค โพรพิลีนไกลคอล น้ำปูนขาว น้ำเกลืออิ่มตัว และเอทิลแอลกอฮอล์ผสมกรดฟอร์มิคในอัตราส่วน 96 ต่อ 4 โดยปริมาตร ที่มีผลต่อการแข็งตัวของยางเม็ด และลักษณะของยางเม็ดที่ได้ ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 แสดงผลของสารจับก้อนยางที่มีต่อลักษณะของยางเม็ดที่ได้

สารจับก้อนยาง	ลักษณะของยางเม็ดที่ได้
เอทิลแอลกอฮอล์	ยางเม็ดมีลักษณะเป็นเม็ดแบน ติดกันในแต่ละเม็ด จมลงในสารละลาย ใช้เวลาแข็งตัว 15-20 นาที
กรดฟอร์มิค	ยางเม็ดมีลักษณะเป็นเม็ดกลมแบนเล็กน้อย เกาะติดกันเป็นก้อน จมลงในสารละลาย ใช้เวลาแข็งตัว 15-20 นาที
โพรพิลีนไกลคอล	ยางเม็ดแข็งตัวบางส่วน เนื่องจากหยคน้ำยางลอยอยู่บนสารละลาย ทำให้เกิดการแข็งตัวบริเวณที่สัมผัสกับสารละลายเท่านั้น
น้ำปูนขาว	หยคน้ำยางไม่แข็งตัว มีลักษณะเป็นแผ่นฟิล์มบางๆ ลอยอยู่ที่ผิวสารละลาย
น้ำเกลืออิ่มตัว	หยคน้ำยางไม่แข็งตัว มีลักษณะเป็นแผ่นฟิล์มบางๆ ลอยอยู่ที่ผิวสารละลาย
เอทิลแอลกอฮอล์ผสมกรดฟอร์มิค 96 ต่อ 4 โดยปริมาตร	ยางเม็ดมีลักษณะเป็นเม็ดกลม เกาะติดกันเป็นก้อน จมลงในสารละลาย ใช้เวลาแข็งตัว 15-20 นาที

ลักษณะของยางเม็ดที่ได้แสดงดังรูปที่ 4.1 ถึง 4.3



รูปที่ 4.1 และ 4.2 ลักษณะยางเม็ดที่ได้จากการหยคน้ำยางชั้นลงในเอทิลแอลกอฮอล์ และ กรดฟอร์มิก ตามลำดับ



รูปที่ 4.3 ลักษณะยางเม็ดที่ได้จากการหยคน้ำยางชั้นลงในเอทิลแอลกอฮอล์ผสมกรดฟอร์มิกในอัตราส่วน 96 ต่อ 4 โดยปริมาตร

จากการเปรียบเทียบผลของสารจับก้อนยางพบว่า เอทิลแอลกอฮอล์ กรดฟอร์มิก และ เอทิลแอลกอฮอล์ผสมกรดฟอร์มิกที่อัตราส่วน 96 ต่อ 4 โดยปริมาตร สามารถแยกน้ำออกจากน้ำยางได้ คือ ทำใหยางแข็งตัวได้ เวลาที่ใช้ในการแยกน้ำออกจะใกล้เคียงกัน คือ ประมาณ 15-20 นาที แต่ลักษณะของยางเม็ดที่ได้จะต่างกัน โดยเอทิลแอลกอฮอล์ผสมกรดฟอร์มิกที่อัตราส่วน 96 ต่อ 4 โดยปริมาตร จะทำให้ได้ยางเม็ดที่มีลักษณะเป็นเม็ดกลมตามที่ต้องการได้

4.3 ศึกษาสูตรน้ำยางผสมที่เหมาะสมในการผลิตยางเม็ด และยางเส้นจากน้ำยางธรรมชาติ

ทดลองสูตรน้ำยางผสมตามสูตรต่างๆ โดยจะทำการปรับปริมาณโซเดียมซลิเกต และโซเดียมโคเคซิลซัลเฟตที่ปริมาณต่างๆกัน เพื่อหาสูตรที่เหมาะสมในการผลิต

4.3.1 ผลของปริมาณโซเดียมโคเคซิลซัลเฟต

4.3.1.1 ผลการหยคน้ำยางผสมลงในเอทิลแอลกอฮอล์

ศึกษาสูตรน้ำยางชั้นผสมโซเดียมซลิเกต 50 phr กับ ปริมาณโซเดียมโคเคซิลซัลเฟตที่ 0, 1, 5, 7, 9 และ 10 phr หยดลงในเอทิลแอลกอฮอล์ ได้ลักษณะยางเม็ดดังรูปที่ 4.4 ถึง 4.9 ตามลำดับ



รูปที่ 4.4 ลักษณะของยางเม็ดที่ได้
จากน้ำยางชั้นผสมโซเดียมซลิเกต 50 phr



รูปที่ 4.5 ลักษณะของยางเม็ดที่ได้จาก
น้ำยางชั้นผสมโซเดียมซลิเกต 50 phr กับ
โซเดียมโคเคซิลซัลเฟต 1 phr

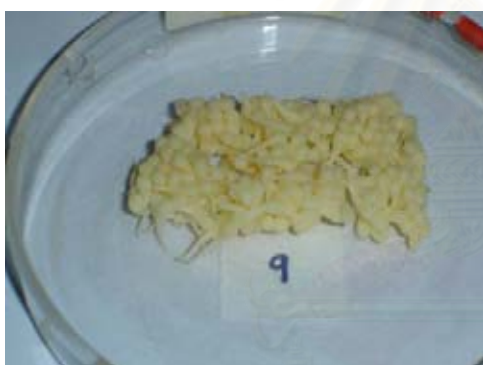
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.6 ลักษณะของยางเม็ดที่ได้จาก
น้ำยางชั้นผสมโซเดียมซลิเกต 50 phr กับ
โซเดียม โดเดซิลซัลเฟต 5 phr



รูปที่ 4.7 ลักษณะของยางเม็ดที่ได้จาก
น้ำยางชั้นผสม โซเดียมซลิเกต 50 phr กับ
โซเดียม โดเดซิลซัลเฟต 7 phr



รูปที่ 4.8 ลักษณะของยางเม็ดที่ได้จาก
น้ำยางชั้นผสมโซเดียมซลิเกต 50 phr กับ
โซเดียม โดเดซิลซัลเฟต 9 phr

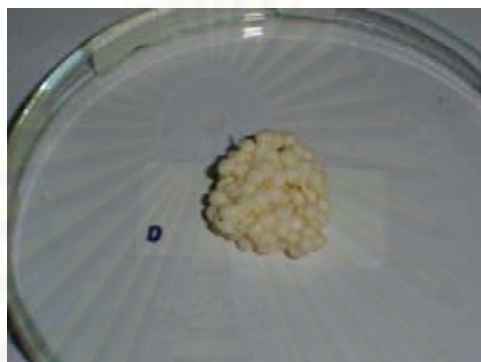


รูปที่ 4.9 ลักษณะของยางเม็ดที่ได้จาก
น้ำยางชั้นผสม โซเดียมซลิเกต 50 phr กับ
โซเดียม โดเดซิลซัลเฟต 10 phr

เมื่อพิจารณาผลของปริมาณโซเดียม โดเดซิลซัลเฟต พบว่าเมื่อปริมาณโซเดียม โดเดซิลซัลเฟตเพิ่มขึ้นจนถึงปริมาณ 10 phr จะทำให้ได้ยางเม็ดที่มีลักษณะร่วนมากขึ้น แต่จะมีลักษณะเป็นเม็ดไม่ค่อยกลม มีหางคล้ายหยดน้ำ แสดงว่าที่อัตราส่วนผสมของน้ำยางชั้นผสมโซเดียมซลิเกต 50 phr กับโซเดียม โดเดซิลซัลเฟต 10 phr เป็นอัตราส่วนเหมาะสมที่ทำให้ยางเม็ดแยกออกจากกันได้ดี จึงเลือกปริมาณโซเดียม โดเดซิลซัลเฟต 10 phr เป็นปริมาณที่เหมาะสมสำหรับการทดลองต่อไป

4.3.1.2 ผลของการหยคน้ำอย่างผสมลงในเอทิลแอลกอฮอล์ผสมกรดฟอร์มิกในอัตราส่วน 96 ต่อ 4 โดยปริมาตร

ศึกษาสูตรน้ำอย่างข้นผสมโซเดียมซลิเกต 50 phr กับ ปริมาณโซเดียมโคเคซิลซัลเฟต 10 phr หยดลงใน เอทิลแอลกอฮอล์ผสมกรดฟอร์มิกในอัตราส่วน 96 ต่อ 4 โดยปริมาตรได้ลักษณะยางเม็ดดังรูปที่ 4.10



รูปที่ 4.10 ลักษณะของยางเม็ดที่ได้จากน้ำอย่างข้นผสมโซเดียมซลิเกต 50 phr กับ โซเดียมโคเคซิลซัลเฟต 10 phr หยดลงในเอทิลแอลกอฮอล์ผสมกรดฟอร์มิกในอัตราส่วน 96 ต่อ 4 โดยปริมาตร

จากผลการทดลองพบว่า ยางเม็ดที่ได้จากการหยคน้ำอย่างผสมลงในเอทิลแอลกอฮอล์ผสมกรดฟอร์มิกในอัตราส่วน 96 ต่อ 4 โดยปริมาตร จะไม่สามารถทำให้ได้ยางเม็ดที่มีลักษณะร่วน แต่จะมีลักษณะเกาะกันเป็นก้อน ดังนั้นการหยคน้ำอย่างผสมลงในเอทิลแอลกอฮอล์ผสมกรดฟอร์มิกในอัตราส่วน 96 ต่อ 4 โดยปริมาตร จึงไม่เหมาะที่จะนำไปใช้ในการทดลองต่อไป

4.3.2 ผลของปริมาณโซเดียมซลิเกต

ศึกษาปริมาณโซเดียมซลิเกตที่ 10 และ 50 phr ทั้งนี้เนื่องจากการทดลองข้างต้นทำการทดลองที่อัตราส่วนโซเดียมซลิเกต 50 phr พบว่ายางเม็ดมีลักษณะมีหางคล้ายหยดน้ำ ดังนั้นจึงได้ทำการลดปริมาณโซเดียมซลิเกตลงเหลือเพียง 10 phr ได้ลักษณะยางเม็ดดังรูปที่ 4.11 และในรูปที่ 4.12 เป็นลักษณะของยางเม็ดที่ผสมสารวัลคาไนซ์



รูปที่ 4.11 ลักษณะของยางเม็ดที่ได้จากน้ำยางข้นผสมโซเดียมซลิเกต 10 phr กับ โซเดียมโดเดซิลซัลเฟต 10 phr



รูปที่ 4.12 ลักษณะของยางเม็ดที่ได้จากน้ำยางข้นผสมสารวัลคาไนซ์ผสมโซเดียมซลิเกต 10 phr กับ โซเดียมโดเดซิลซัลเฟต 10 phr

จากการทดลองลดปริมาณโซเดียมซลิเกตลงเหลือ 10 phr พบว่า ยางเม็ดที่ได้จะมีลักษณะเป็น เม็ดกลม ทั้งนี้เนื่องจากการใส่โซเดียมซลิเกต 50 phr ซึ่งเป็นปริมาณที่มากเกินไป ทำให้น้ำยางมีความหนืดสูง เมื่อทำการหยดน้ำยางผสมลงในเอทิลแอลกอฮอล์จะทำให้ได้ยางเม็ดที่มีลักษณะมีหางคล้ายหยดน้ำ และจากที่สูตรน้ำยางผสมโซเดียมซลิเกต 10 phr กับ โซเดียมโดเดซิลซัลเฟต 10 phr จะทำให้ได้ยางเม็ดที่เป็นเม็ดกลม และร่วนไม่ติดกัน เนื่องจากเมื่อหยดน้ำยางผสมลงในเอทิลแอลกอฮอล์ น้ำจะถูกดึงออก โซเดียมซลิเกตที่ผิวจะเกิดการแข็งตัว ช่วยทำให้ยางมีลักษณะคงรูปเป็นเม็ดกลม และโซเดียมโดเดซิลซัลเฟต ซึ่งเป็นสารลดแรงตึงผิวที่มีประจุลบ จะช่วยผลักอนุภาคยางไม่ให้เกาะกันเป็นก้อน

ดังนั้นจึงเลือกสูตรน้ำยางผสมโซเดียมซิลิเกต 10 phr กับโซเดียมโดเดซิลซัลเฟต 10 phr เป็นสูตรที่เหมาะสมในการผลิตยางเม็ด และจะนำไปใช้ในการผลิตยางเส้นต่อไป

4.4 การศึกษาสมบัติทางกายภาพของยางเม็ด

สมบัติทางกายภาพของน้ำยางผสมที่สนใจ ได้แก่ เส้นผ่านศูนย์กลาง น้ำหนัก ปริมาตร และความหนาแน่นของยางเม็ด ทำการทดลองที่อัตราส่วนน้ำยางผสมต่างๆกัน ได้ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 4.3 (สูตร และตัวอย่างการคำนวณแสดงในภาคผนวก ข)

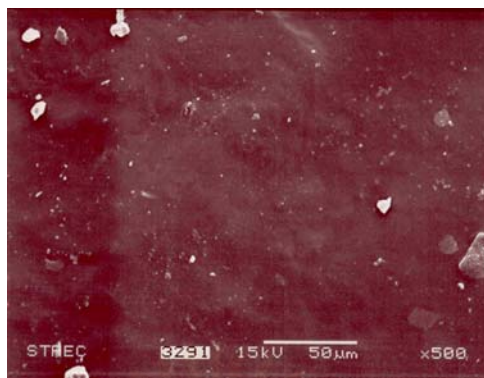
ตารางที่ 4.3 แสดงสมบัติทางกายภาพของยางเม็ด

Formular	dia (cm.)	m (g)	V (cm ³)	Bulk density (g/cm ³)
Latex	0.3744	0.01197	0.0275	0.4354
Latex + NaSi(10) + SDS(0)	0.2943	0.01044	0.0134	0.7815
Latex + NaSi(10) + SDS(5)	0.2687	0.00958	0.0102	0.9422
Latex + NaSi(10) + SDS(10)	0.2637	0.00961	0.0096	1.0005
Latex + NaSi(10) + SDS(15)	0.2637	0.00978	0.0096	1.0182

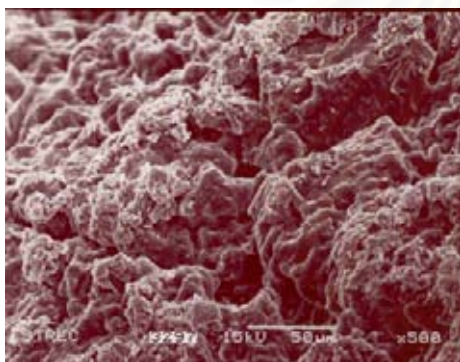
พบว่าที่ปริมาณโซเดียมโดเดซิลซัลเฟตเพิ่มขึ้น จะได้ขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางยางเม็ดเล็กลง เนื่องจากการเติมสารลดแรงตึงผิวจะทำให้ น้ำยางผสมมีความตึงผิวลดลง เมื่อทำการหยดเป็นเม็ดจะได้ยางเม็ดที่มีขนาดเล็กลง และมีปริมาตรของยางเม็ดลดลง ส่วนน้ำหนักของยางเม็ดจะลดลงเล็กน้อย ดังนั้นจึงทำให้ความหนาแน่นมีค่าเพิ่มขึ้น

4.5 การศึกษาลักษณะพื้นผิวของยางเม็ด

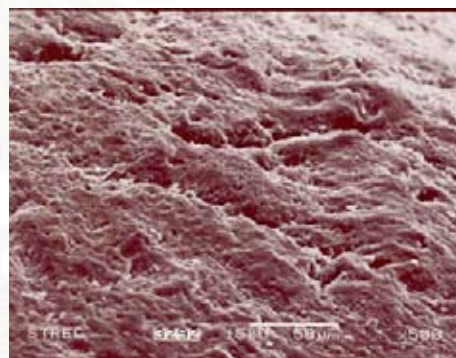
ศึกษาลักษณะพื้นผิวของยางเม็ดที่ได้จากน้ำยางข้น ยางเม็ดที่ได้จากน้ำยางผสมโซเดียมซิลิเกต 10 phr กับโซเดียมโดเดซิลซัลเฟต 10 phr และยางเม็ดที่ได้จากน้ำยางผสมสารวัลคาไนซ์ผสมโซเดียมซิลิเกต 10 phr กับโซเดียมโดเดซิลซัลเฟต 10 phr ด้วยเครื่อง Scanning Electron Microscope (SEM) แสดงได้ดังรูปที่ 4.13 ถึง 4.15



รูปที่ 4.13 ลักษณะพื้นผิวของยางเม็ดที่ได้จากน้ำยางชั้น

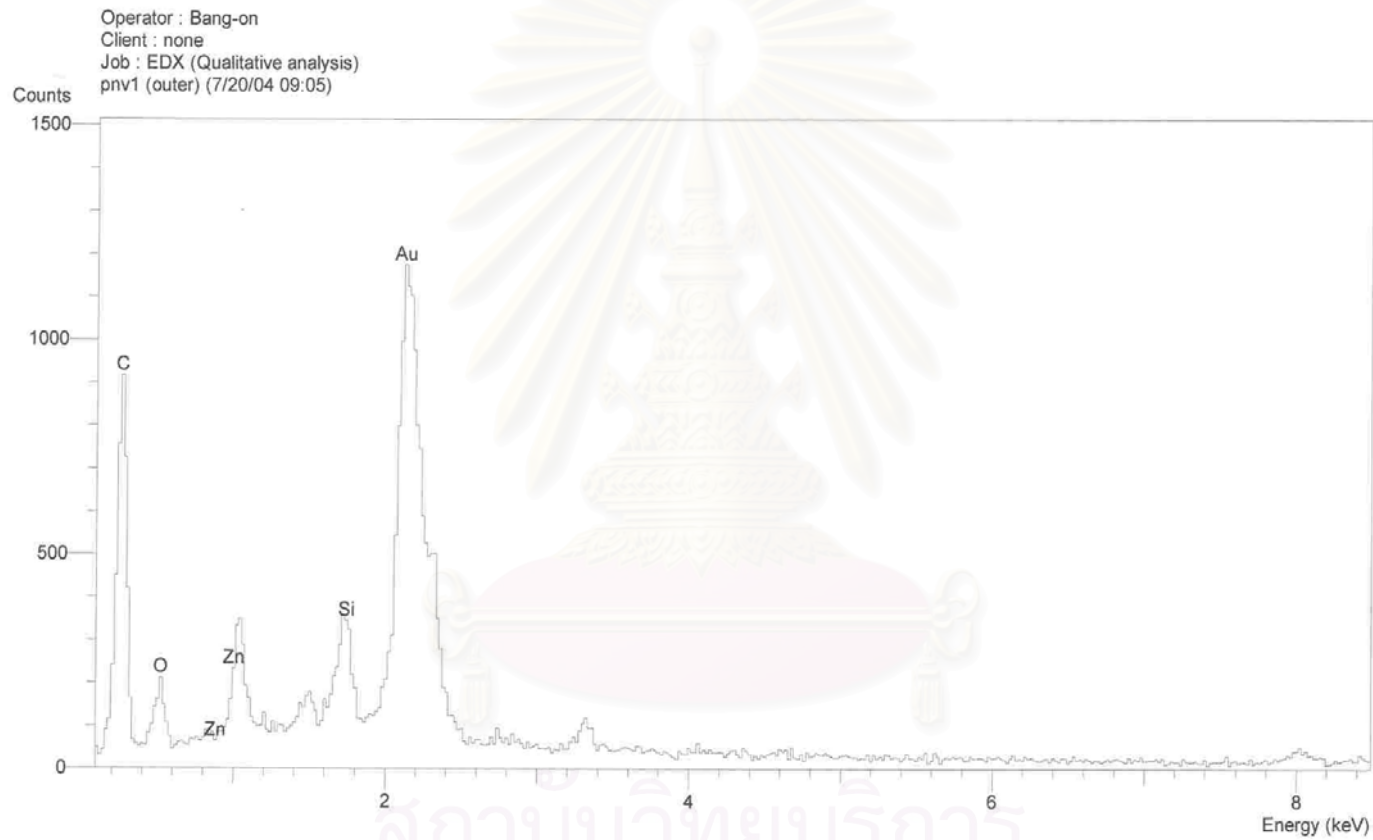


รูปที่ 4.14 ลักษณะพื้นผิวของยางเม็ดที่ได้จากน้ำยางชั้นผสมโซเดียมซลิเกต 10 phr กับโซเดียมโคเดซิลซัลเฟต 10 phr



รูปที่ 4.15 ลักษณะพื้นผิวของยางเม็ดที่ได้จากน้ำยางชั้นผสมสารวัลคาไนซ์ผสมโซเดียมซลิเกต 10 phr กับโซเดียมโคเดซิลซัลเฟต 10 phr

จากรูปที่ 4.13 จะเห็นได้ว่า ยางเม็ดที่ได้จากน้ำยางชั้นมีลักษณะพื้นผิวเป็นพื้นผิวเรียบ ส่วนยางเม็ดที่ได้จากน้ำยางผสมโซเดียมซลิเกต 10 phr กับโซเดียมโคเดซิลซัลเฟต 10 phr และยางเม็ดที่ได้จากน้ำยางผสมสารวัลคาไนซ์ผสมโซเดียมซลิเกต 10 phr กับโซเดียมโคเดซิลซัลเฟต 10 phr ดังรูปที่ 4.14 และรูปที่ 4.15 จะมีลักษณะพื้นผิวเป็นพื้นผิวขรุขระ ทั้งนี้เนื่องจากเป็นผลของโซเดียมโคเดซิลซัลเฟตที่เป็นส่วนผสมในน้ำยาง โดยโซเดียมโคเดซิลซัลเฟตนี้เป็นสารลดแรงตึงผิวที่ทำให้เกิดฟอง ดังนั้น เมื่อผ่านกระบวนการแยกน้ำออกจากน้ำยางจึงเกิดเป็นพื้นผิวขรุขระ ซึ่งมีประโยชน์ในด้านการเพิ่มพื้นที่ผิวของยางเม็ด



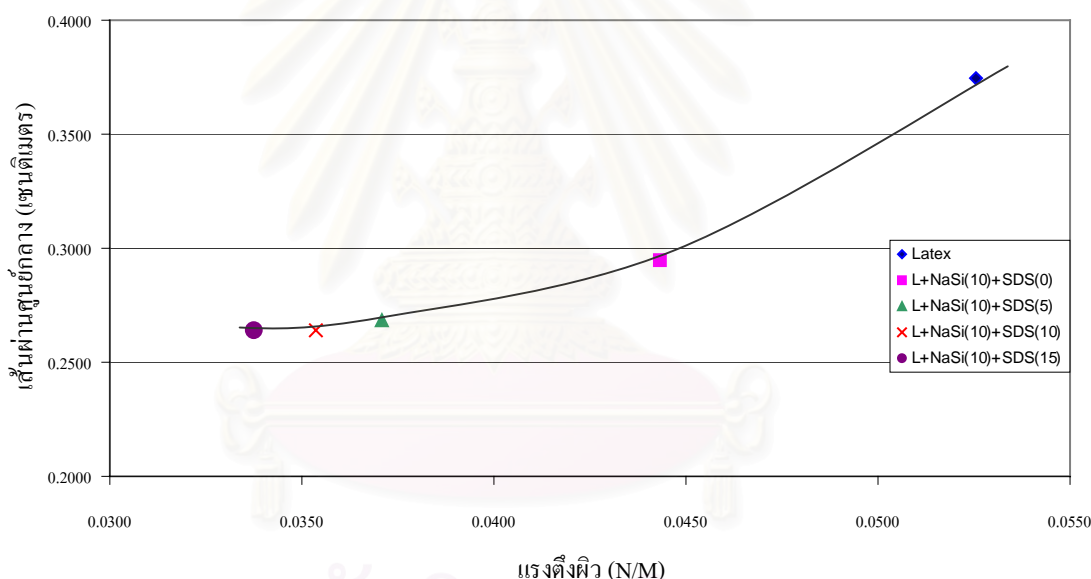
รูปที่ 4.16 แสดงการศึกษาองค์ประกอบที่ผิวของยางเม็ดที่ได้จากการหยดน้ำยางข้นผสมโซเดียมซัลไฟด์ 10 phr กับ โซเดียมโดเดซิลซัลเฟต 10 phr ลงในเอทิลแอลกอฮอล์

4.6 การศึกษาองค์ประกอบที่ผิวของยางเม็ด

ศึกษาองค์ประกอบที่ผิวของยางเม็ดด้วยเครื่อง X-rays analysis ผลการศึกษาแสดงดังรูปที่ 4.16 พบว่าที่ผิวของยางเม็ดที่ได้จากน้ำยางผสมโซเดียมซิลิเกต 10 phr กับโซเดียมโอดีซิลซัลเฟต 10 phr มีธาตุซิลิกอนเป็นองค์ประกอบ แสดงว่ามีซิลิเกตอยู่ที่ผิวของยางเม็ด ซึ่งช่วยให้ยางเม็ดไม่เกาะกันเป็นก้อน

4.7 การศึกษาผลของค่าแรงดึงผิวของน้ำยางผสมกับขนาดของยางที่ได้

ศึกษาผลของค่าแรงดึงผิวของน้ำยางผสมในอัตราส่วนต่างๆกัน ได้ผลแสดงดังรูปที่ 4.17 (ข้อมูลการทดลองแสดงดังตารางที่ ง.1 ในภาคผนวก ง)



รูปที่ 4.17 แสดงความสัมพันธ์ของค่าแรงดึงผิวต่อขนาดของยางเม็ดที่ได้

จากการศึกษาพบว่าค่าแรงดึงผิวจะมีผลต่อขนาดของยางเม็ดที่ได้ โดยที่ค่าแรงดึงผิวของน้ำยางขึ้น ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.052 นิวตันต่อเมตร จะได้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของยางเม็ดเท่ากับ 0.375 เซนติเมตร และที่ค่าแรงดึงผิวของน้ำยางผสมเพิ่มขึ้น จะทำให้ได้ขนาดของยางเม็ดลดลงด้วย เนื่องจากการเติมสารลดแรงดึงผิวจะทำให้ได้ค่าแรงดึงผิวลดลง ดังนั้นการเกิดเป็นหยดจะใช้แรงที่ชนะแรงดึงผิวของสารลดแรงดึงผิวให้เกิดเป็นหยดได้เล็กลง

4.8 การผลิตยางเม็ดยางด้วยวิธีพ่น และยางเส้น

ทดลองโดยใช้สูตรน้ำยางผสมเดียวกันกับการผลิตยางเม็ดยางข้น ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะดังรูปที่ 4.18 และ 4.19 ตามลำดับ



รูปที่ 4.18 แสดงลักษณะของยางเม็ดยางด้วยวิธีพ่นที่ได้จากน้ำยางข้นผสมสารวัลคาไนซ์ผสม

โซเดียมซัลเฟต 10 phr กับ

โซเดียมโดเดซิลซัลเฟต 10 phr



รูปที่ 4.19 แสดงลักษณะของยางเส้นที่ได้จากน้ำยางข้นผสมสารวัลคาไนซ์ผสม

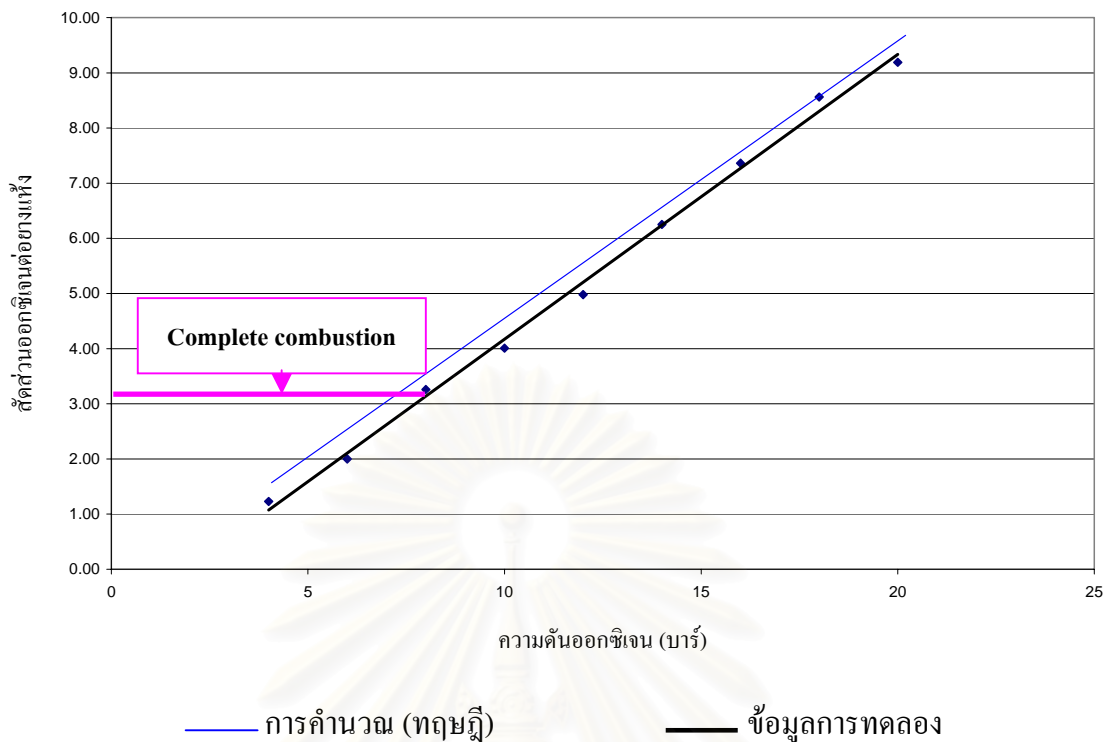
โซเดียมซัลเฟต 10 phr กับ

โซเดียมโดเดซิลซัลเฟต 10 phr

จากการพ่นน้ำยางผสมด้วยเครื่องพ่นยางจะได้ยางเม็ดยางที่มีลักษณะดังรูปที่ 4.18 ซึ่งจะทำได้ยางเม็ดยางที่มีขนาดเล็กกว่าการผลิตยางเม็ดยางด้วยวิธีหกด แต่ยางเม็ดยางที่ได้จะมีลักษณะไม่เป็นเม็ดกลม ส่วนการผลิตยางเส้นจะได้ยางเส้นที่มีลักษณะดังรูปที่ 4.19 โดยยางเส้นที่ได้จะมีลักษณะเป็นเส้นค่อนข้างแบน

4.9 ศึกษาออกซิเดชันของยางในบรรยากาศออกซิเจน

จากการศึกษาออกซิเดชันของยางในบรรยากาศออกซิเจนที่ความดันเริ่มต้นต่าง ๆ กัน ซึ่งแสดงการเปรียบเทียบความสัมพันธ์ของความดันออกซิเจน และสัดส่วนของออกซิเจนต่ออย่างแห้ง โดยน้ำหนัก ที่ได้จากการคำนวณ และได้จากการทดลอง ดังรูปที่ 4.20 จะได้ผลิตภัณฑ์เป็นของแข็ง ของเหลว และแก๊ส ลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่ได้แสดงตารางที่ ง.2 ภาคผนวก ง



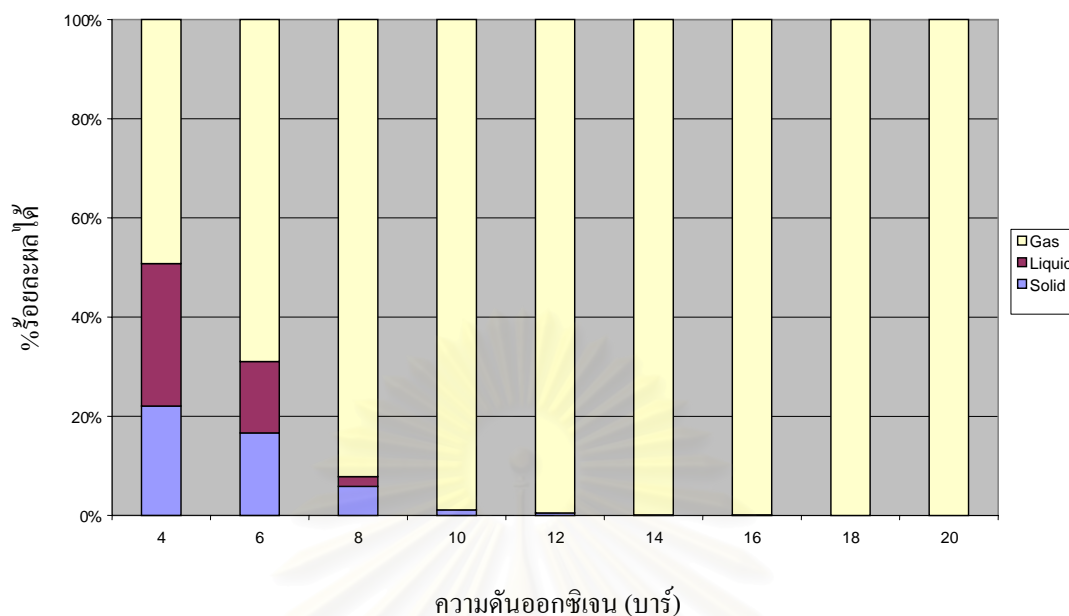
รูปที่ 4.20 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความดันออกซิเจนกับสัดส่วนของออกซิเจนต่อของแห้งโดย
น้ำหนัก

จากรูปที่ 4.20 จะเห็นว่าสัดส่วนของออกซิเจนต่อของแห้งที่ได้จากการคำนวณตามทฤษฎี และที่ได้จากการทดลองมีแนวโน้มไปในทางเดียวกัน และมีค่าใกล้เคียงกัน และจากการคำนวณพบว่า จะเกิดการเผาไหม้อย่างสมบูรณ์ที่ความดันออกซิเจนเริ่มต้น 8 บาร์ หรือ ที่สัดส่วนออกซิเจนต่อของแห้งโดยน้ำหนักเท่ากับ

3.29

4.9.1 ร้อยละผลได้ของผลิตภัณฑ์

ศึกษาออกซิเดชันที่ความดันออกซิเจนเริ่มต้น 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18 และ 20 บาร์ ได้ร้อยละผลได้ของผลิตภัณฑ์แสดงดังรูปที่ 4.21 (ข้อมูลการทดลองแสดงดังตารางที่ ง.3 ภาคผนวก ง)

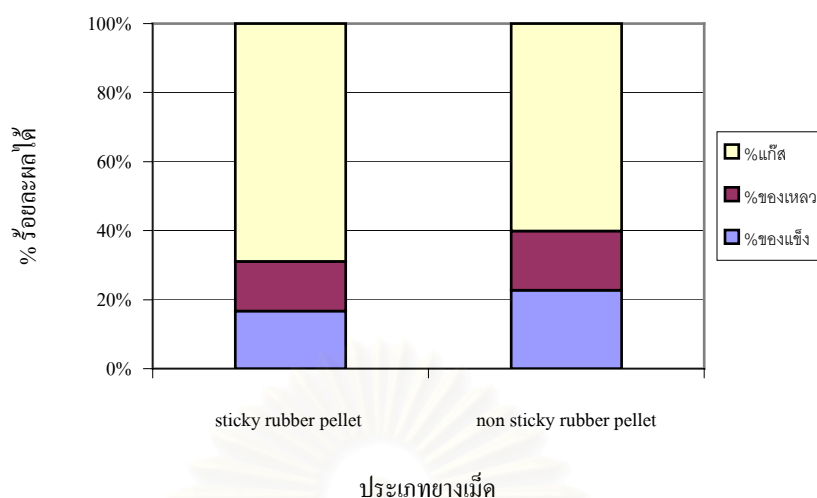


รูปที่ 4.21 แสดงร้อยละผลได้ของผลิตภัณฑ์ของแข็ง ของเหลว และแก๊สที่ได้จากการศึกษาออกซิเดชันของยางที่ความดันต่างๆ

จากรูปจะเห็นว่าที่ความดันออกซิเจน หรือ สัดส่วนของออกซิเจนต่อยางแห้งเพิ่มขึ้นจะทำให้ได้เป็นผลิตภัณฑ์แก๊สเพิ่มขึ้น ส่วนผลิตภัณฑ์ของเหลวจะได้จากภาวะความดันออกซิเจน 3 ค่า คือ ที่ความดันออกซิเจน 4, 6 และ 8 บาร์ โดยที่สัดส่วนของออกซิเจนต่อยางแห้งเพิ่มขึ้นจะได้ผลิตภัณฑ์ของเหลวลดลง ในส่วนของผลิตภัณฑ์ของแข็งจะมีปริมาณลดลง เมื่อสัดส่วนของออกซิเจนต่อยางแห้งเพิ่มขึ้น และที่ความดันออกซิเจนตั้งแต่ 16 บาร์ขึ้นไปจะเกิดเป็นผลิตภัณฑ์แก๊สทั้งหมด ทั้งนี้เนื่องมาจาก ที่ความดันออกซิเจนเพิ่มขึ้น จะมีปริมาณออกซิเจนในการทำปฏิกิริยาเพิ่มขึ้น ทำให้เกิดการเผาไหม้ได้สมบูรณ์กลายเป็นผลิตภัณฑ์แก๊สมากขึ้น และจะทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ของเหลว และของแข็งลดลง

4.9.2 การเปรียบเทียบร้อยละผลได้ของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการออกซิเดชันยางเม็ดที่มีลักษณะไม่ร่วน และร่วนที่ความดันออกซิเจนเริ่มต้น 6 บาร์

ศึกษาออกซิเดชันของยางเม็ดที่มีลักษณะไม่ร่วน และร่วนที่ความดันออกซิเจนเริ่มต้น 6 บาร์ เพื่อเปรียบเทียบการเผาไหม้เมื่อเติมโซเดียมซัลไฟด์ และ โซเดียมโตะเคซิลซัลเฟตลงในยาง ร้อยละผลได้ของผลิตภัณฑ์แสดงดังรูปที่ 4.22 (ข้อมูลการทดลองแสดงดังตารางที่ ง.4 ภาคผนวก ง)

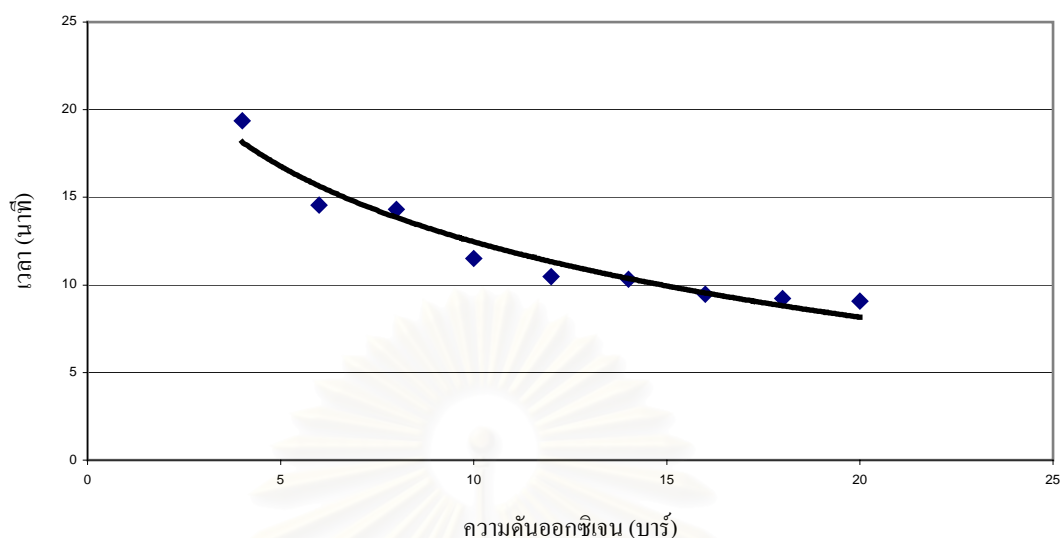


รูปที่ 4.22 แสดงร้อยละผลได้ของผลิตภัณฑ์ของแข็ง ของเหลว และแก๊สที่ได้จากการศึกษาออกซิเดชันของยางเม็ดที่มีลักษณะไม่รวน และรวนที่ความดันออกซิเจนเริ่มต้น 6 บาร์

จากรูปเมื่อเปรียบเทียบร้อยละผลได้ของผลิตภัณฑ์ของแข็ง ของเหลว และแก๊สที่ได้จากการศึกษาออกซิเดชันของยางเม็ดที่มีลักษณะไม่รวน ซึ่งคือ ยางเม็ดที่เตรียมได้จากน้ำยางชั้นหยดในเอทิลแอลกอฮอล์ผสมกรดฟอร์มิกที่สัดส่วน 96 ต่อ 4 โดยปริมาตร และยางเม็ดที่มีลักษณะรวน ซึ่งคือ ยางเม็ดที่เตรียมจากน้ำยางชั้นผสม โซเดียมซิติเกต และ โซเดียม โดเดซิลซัลเฟต หยดลงในเอทิลแอลกอฮอล์ พบว่า ยางเม็ดที่มีลักษณะรวนจะเกิดเป็นผลิตภัณฑ์ของเหลว และของแข็งมากกว่า ทั้งนี้เนื่องจากการเติม โซเดียมซิติเกต และ โซเดียม โดเดซิลซัลเฟต จะทำให้อย่างเกิดการเผาไหม้ได้น้อยลง

4.9.3 เวลาที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา

เวลาที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาจะ ได้จากการจับเวลาในการทำการทดลองตั้งแต่เริ่มจุดระเบิดจนถึงเวลาที่อุณหภูมิน้ำหล่อเย็นคงที่ และเริ่มลดลงสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 4.23 (ข้อมูลการทดลองแสดงดังตารางที่ ง.3 ภาคผนวก ง)



รูปที่ 4.23 แสดงเวลาที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาที่ความดันออกซิเจนต่างๆ

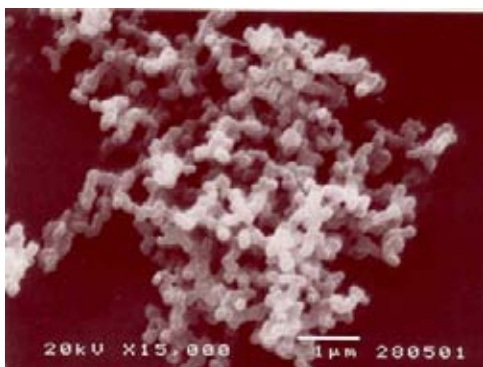
เมื่อพิจารณาที่ความดันออกซิเจน หรือ สัดส่วนของออกซิเจนต่ออย่างแห้งเพิ่มขึ้น จะเห็นว่าเวลาที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาลดลง โดยทั้งนี้ที่ความดันออกซิเจนต่ำ จะเกิดปฏิกิริยาอย่างช้าๆ เนื่องจากมีออกซิเจนน้อย และที่ความดันออกซิเจนสูง มีออกซิเจนมาก จึงเกิดปฏิกิริยาอย่างรวดเร็ว

4.9.4 การวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์

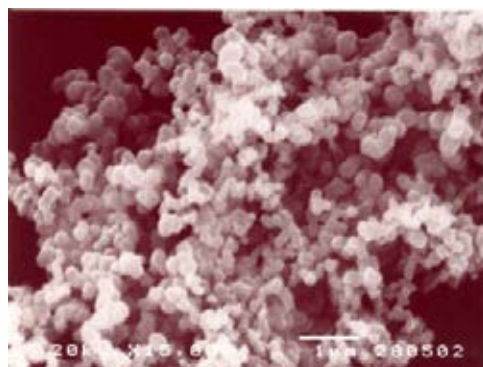
4.9.4.1 การวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์ของแข็ง

1. การวิเคราะห์ขนาดอนุภาค

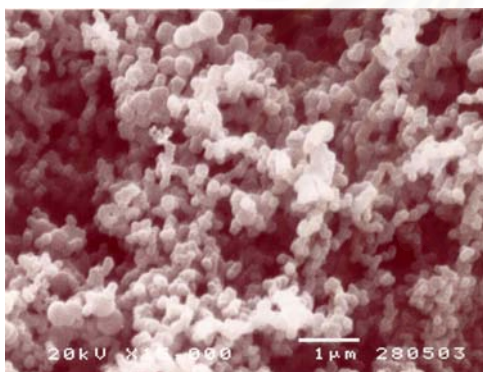
ผลิตภัณฑ์ของแข็งที่ได้จากการศึกษาออกซิเดชันที่ความดันออกซิเจน หรือ ที่ สัดส่วนของออกซิเจนต่ออย่างแห้งต่างๆ นำไปวิเคราะห์ขนาดอนุภาคด้วยเครื่อง Scanning Electron Microscope (SEM) ได้ผลการวิเคราะห์แสดงดังรูปที่ 4.24 ถึง 4.29



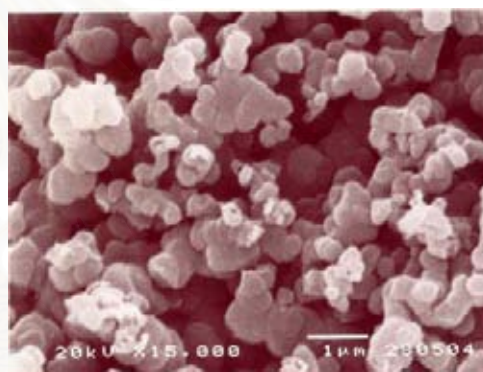
รูปที่ 4.24 ลักษณะของผลิตภัณฑ์ของแข็ง
ที่ความดันออกซิเจน 4 บาร์



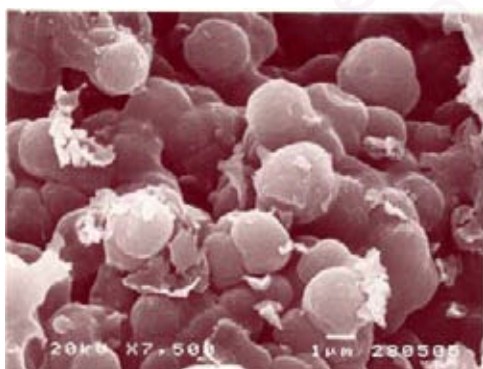
รูปที่ 4.25 ลักษณะของผลิตภัณฑ์
ของแข็งที่ความดันออกซิเจน 6 บาร์



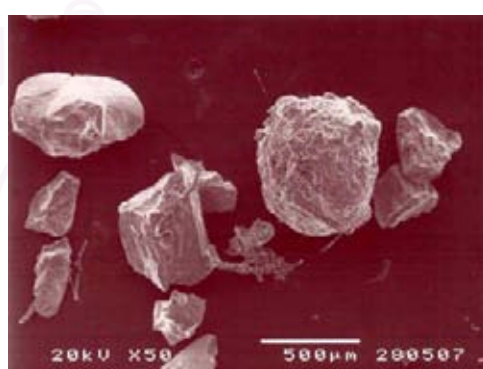
รูปที่ 4.26 ลักษณะของผลิตภัณฑ์ของแข็ง
ที่ความดันออกซิเจน 8 บาร์



รูปที่ 4.27 ลักษณะของผลิตภัณฑ์ของแข็ง
ที่ความดันออกซิเจน 10 บาร์



รูปที่ 4.28 ลักษณะของผลิตภัณฑ์ของแข็ง
ที่ความดันออกซิเจน 12 บาร์



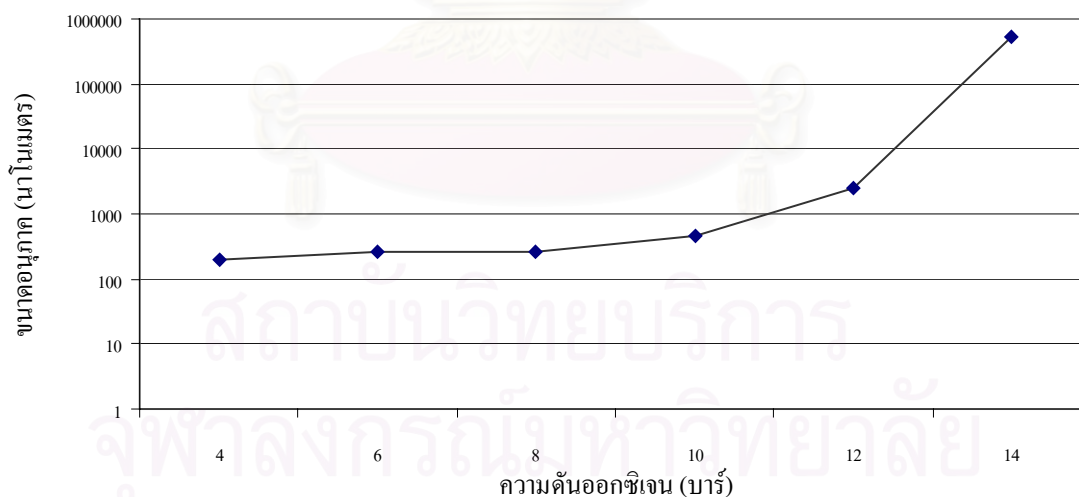
รูปที่ 4.29 ลักษณะของผลิตภัณฑ์
ของแข็งที่ความดันออกซิเจน 14 บาร์

ตารางที่ 4.4 แสดงขนาดอนุภาคเฉลี่ยของผลิตภัณฑ์ของแข็งที่ความดันออกซิเจนต่างๆกัน

P (bar)	4	6	8	10	12	14
Dia.(nm.)	200	266	267	467	2,468	520,410

จากรูปจะเห็นว่าที่ความดันออกซิเจน หรือ สัดส่วนของออกซิเจนต่ออย่างแห้งเพิ่มขึ้น ผลิตภัณฑ์ของแข็งที่ได้จะมีขนาดอนุภาคใหญ่ขึ้น โดยที่ความดันออกซิเจน 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18 และ 20 บาร์ จะได้ขนาดอนุภาคเฉลี่ยเป็น 200, 266, 267, 467, 2,468 และ 520,410 นาโนเมตร ตามลำดับ เนื่องจากที่ความดันออกซิเจนต่ำ การทำปฏิกิริยาจะเกิดขึ้นอย่างช้าๆ ทำให้ค่อยๆเกิดการเผาไหม้ จึงได้ผลิตภัณฑ์ของแข็งที่มีขนาดเล็ก และค่อนข้างจะมีขนาดใกล้เคียงกันในแต่ละอนุภาค ส่วนที่ความดันออกซิเจนสูง จะเกิดปฏิกิริยาอย่างรวดเร็ว จึงได้ผลิตภัณฑ์ที่มีขนาดอนุภาคใหญ่กว่า และมีการกระจายขนาดอนุภาคมาก

ขนาดอนุภาคของผลิตภัณฑ์ของแข็งสามารถสรุปได้ดังรูปที่ 4.30



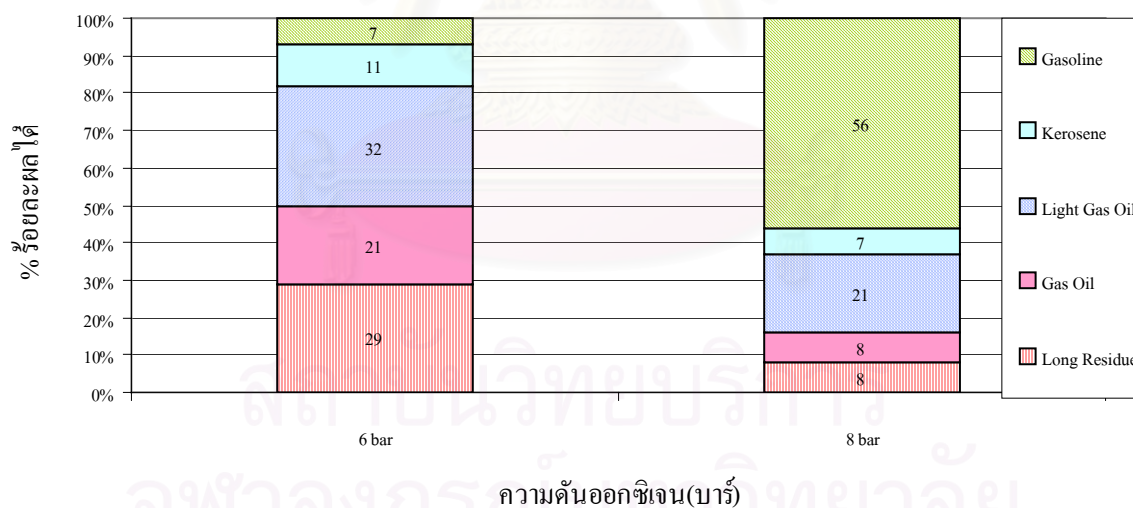
รูปที่ 4.30 แสดงความสัมพันธ์ของความดันออกซิเจนกับขนาดอนุภาคของผลิตภัณฑ์ของแข็ง

2. การวิเคราะห์องค์ประกอบโดยประมาณของผลิตภัณฑ์ของแข็ง

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบโดยประมาณตาม ASTM D 1762-84 ได้ผลการวิเคราะห์ที่แสดงดังตารางที่ ง.4 ภาคผนวก ง พบว่าสัดส่วนของออกซิเจนต่ออย่างแห้งไม่มีผลต่อองค์ประกอบของผลิตภัณฑ์ของแข็ง เนื่องจาก เมื่อพิจารณาร้อยละขององค์ประกอบซึ่งได้แก่ ความชื้น สารระเหย ปริมาณเถ้า และคาร์บอนคงตัว พบว่ามีร้อยละขององค์ประกอบใกล้เคียงกัน

4.9.4.2 การวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์ของเหลว

ผลิตภัณฑ์ของเหลวที่ได้จากการศึกษาออกซิเดชันยางด้วยออกซิเจน นำไปวิเคราะห์องค์ประกอบของผลิตภัณฑ์ด้วยเครื่อง Simulated Distillation Gas Chromatograph สามารถแบ่งผลิตภัณฑ์ตามการกระจายของจุดเดือดแสดงดังรูป ง.1 ภาคผนวก ง ซึ่งสามารถนำองค์ประกอบของผลิตภัณฑ์ของเหลวมาแสดงได้ดังรูปที่ 4.31



รูปที่ 4.31 แสดงองค์ประกอบของผลิตภัณฑ์ของเหลว ที่ความดันออกซิเจน 6 และ 8 บาร์

จากรูปแสดงให้เห็นว่าที่ความดันออกซิเจน 6 บาร์ จะได้องค์ประกอบของผลิตภัณฑ์ส่วนใหญ่เป็น Light Gas Oil และผลิตภัณฑ์ที่มีจุดเดือดสูงมากกว่า ส่วนผลิตภัณฑ์ของเหลวที่ความดันออกซิเจน 8 บาร์ จะได้องค์ประกอบของผลิตภัณฑ์ส่วนใหญ่เป็น Gasoline ทั้งนี้เนื่องมาจากที่ความดันออกซิเจน

มากกว่า สัดส่วนของออกซิเจนต่ออย่างแห้งจะมากกว่า ซึ่งจะทำให้เกิดการเผาไหม้ได้ดีกว่า จึงได้องค์ประกอบของผลิตภัณฑ์เป็นสารเบามากกว่า

4.9.4.3 การวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์แก๊ส

ผลิตภัณฑ์แก๊สที่ได้จากการศึกษาออกซิเดชันของด้วยออกซิเจนนำไปวิเคราะห์องค์ประกอบของผลิตภัณฑ์ด้วยเครื่อง Micro Gas Chromatography ได้องค์ประกอบแสดงดังตารางที่ ๖.๖ ภาคผนวก ๖

พบว่าผลิตภัณฑ์แก๊สที่ความดันออกซิเจนเริ่มต้นตั้งแต่ 4 ถึง 10 บาร์ องค์ประกอบส่วนใหญ่จะประกอบไปด้วยคาร์บอนไดออกไซด์ ส่วนองค์ประกอบที่เหลือจะเป็นสารไฮโดรคาร์บอนตั้งแต่ C_1 - C_6 ได้แก่ มีเทน อีเทน โพรเพน นอมอล-เพนเทน ในปริมาณเล็กน้อย ส่วนที่ความดันออกซิเจนเริ่มต้นมากกว่า 10 บาร์ พบว่าจะมีองค์ประกอบเป็นคาร์บอนไดออกไซด์ทั้งหมด

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

5.1.1 การผลิตยางเม็ด และยางเส้น

- สูตรน้ำยางผสมที่เหมาะสมในการผลิตยางเม็ด และยางเส้น คือ น้ำยางข้นผสม โซเดียมซัลไฟเกต 10 phr กับ โซเดียมโคเคซิลซัลเฟต 10 phr
- สารที่เหมาะสมในการใช้เป็น สารแยกน้ำ ออกจากน้ำยางผสม คือ เอทิลแอลกอฮอล์
- สูตรน้ำยางผสมดังกล่าวสามารถนำไปทำเป็นน้ำยางผสมสูตรวัลคาไนซ์ เพื่อผลิตยางเม็ด และยางเส้นสูตรวัลคาไนซ์ได้
- การเติมโซเดียมโคเคซิลซัลเฟตจะช่วยให้ยางที่ได้มีพื้นผิวขรุขระ ซึ่งเป็นการเพิ่มพื้นที่ผิวของผลิตภัณฑ์ยางที่ได้
- น้ำยางที่เติมสารลดแรงดึงผิวมากขึ้น จะทำให้ได้ขนาดของเม็ดยางเล็กลง

5.1.2 ออกซิเดชันของยางแห้งในบรรยากาศออกซิเจน

- ที่สัดส่วนของออกซิเจนต่อยางแห้งเพิ่มขึ้น ได้ร้อยละผลได้ของผลิตภัณฑ์แก๊สเพิ่มขึ้น แต่ผลิตภัณฑ์ของเหลว และของแข็งลดลง
- ออกซิเดชันของยางเม็ดมีร้อยละผลได้ของผลิตภัณฑ์ของเหลว และของแข็งมากกว่าออกซิเดชันของยางเม็ดผสมโซเดียมซัลไฟเกต และโซเดียมโคเคซิลซัลเฟต
- สัดส่วนของออกซิเจนต่อยางแห้งเพิ่มขึ้น ทำให้มีขนาดอนุภาคและการกระจายตัวขนาดอนุภาคของผลิตภัณฑ์ของแข็งเพิ่มขึ้น
- ที่สัดส่วนของออกซิเจนต่อยางแห้งเพิ่มขึ้นทำให้ได้องค์ประกอบของผลิตภัณฑ์ของเหลวเป็นผลิตภัณฑ์เบามากขึ้น

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 น้ำยางที่ผลิตได้มาผสมกับพลาสติก เพื่อใช้เป็นวัสดุที่มีสมบัติเป็นเทอร์โมพลาสติก อีลาสโตเมอร์ (Thermoplastic Elastomer)

5.2.2 พัฒนายางที่ผลิตได้ไปเป็นยางที่ใช้เก็บสารเชื้อเพลิง

รายการอ้างอิง

1. พรพรรณ นิธิอุทัย. สารเคมีสำหรับยาง. คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี, (ม.ป.ป.).
2. กัญญา บุญเกียรติ. การคำนวณขั้นต้นในวิชาวิศวกรรมเคมี. กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2540.
3. กัญญา บุญเกียรติ. เชื้อเพลิงและการเผาไหม้. กรุงเทพมหานคร, 2541.
4. แม้น อมรสิทธิ์, อมร เพชรสม. Principles and Techniques of Instrumental Analysis. กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์ชวนพิมพ์, 2539.
5. James E. Mark, Burak Erman, Frederick R. Eirich. Science and Tecnology of Rubber. Second Edition. (n.p.) : Academic Press, 1994.
6. Fred W. Barlow. Rubber Compounding Principles, Materials and Techniques. Second Edition. (n.p.) : Academic Press, 1993.
7. A. D. Roberts. Natural Rubber Science and Technology : Oxford University Press, 1988.
8. Maurice Morton. Rubber Technology : Litton Educational Publishing, 1959.
9. Walter E. Burton. Engineering with Rubber. McGraw-Hill Book Company, 1949.
10. Alford J. Moses. The Practicing Scientist's Handbook. California Department of Justice Investigative Services Branch Riverside Reginal Laboratory Riverside, California, 1978.
11. Virgil B. Guthrie. Petroleum Products Handbook. McGraw-Hill Book Company, 1960.
12. James G. Speight. Handbook of Petroleum Analysis. United States of America, 2001.
13. W. Schnabel. Polymer Degradation Principles and Practical Applications, 1981.
14. Martin Rhodes. Introduction to Particle Technology. John Wiley & Sons, 1998.
15. Enrique J. Lavernia and Yue Wu. Spray Atomization and Deposition. John Wiley & Sons, 1996.
16. Arthur H. Lefebure. Atomization and Sprays. The United States of America, 1989.
17. J. T. Davies, E. K. Rideal. Interfacial Phenomena : Academic Press, 1963.
18. Milos Hudlicky. Oxidations in Organic Chemistry. The United States of America, 1997.
19. Stig Sunner and Margret Mansson. Combustion Calorimetry : Pergamon Press, 1979.
20. R. Byron Bird, Warren E. Stewart, Edwin N. Lightfoot. Transport Phenomena. John Wiley & Sons, 1960.

21. วาทีต ศาสตราวาทิต. การแตกตัวด้วยความร้อนของยางธรรมชาติโดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาเหล็ก-คาร์บอน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารบัณฑิต ภาควิชาเคมีเทคนิค คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2543.
22. ธนากร วัชรหิรัญ. การแปรรูปถ่านหินลิกไนต์และยางรถยนต์ใช้แล้วให้เป็นของเหลวด้วยไฮโดรเจนบนตัวเร่งปฏิกิริยาเหล็กบนถ่านกัมมันต์ นิกเกิล โมลิบดีนัมบนอะลูมินา และโคบอลต์ โมลิบดีนัมบนอะลูมินา. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารบัณฑิต ภาควิชาเคมีเทคนิค คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2543.
23. อนันตพร ชัยวพร, อินทิรา มีสถาน. เม็ดยางคูดซ์บ่มน้ำมัน. ภาควิชาเคมีเทคนิค คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2544.
24. คัทลียา ชะโรจน์บวร. การถ่ายโอนสารอินทรีย์เข้าไปในยางธรรมชาติโดยใช้คาร์บอนไดออกไซด์ช่วย. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารบัณฑิต ภาควิชาเคมีเทคนิค คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2540.
25. วรรณนิภา อมาตยกุล. การแปรรูปน้ำยางธรรมชาติผสมลิกไนต์ให้เป็นของเหลวในคาร์บอนไดออกไซด์ภาวะเหนือวิกฤต. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารบัณฑิต ภาควิชาเคมีเทคนิค คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2540.
26. ไพศาล แหวนทองคำ. การแตกตัวด้วยความร้อนของยางธรรมชาติโดยการเติมเพอร์ออกไซด์. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารบัณฑิต ภาควิชาเคมีเทคนิค คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2545.
27. สุพิน ท้าวพวงมณี. การสังเคราะห์เชื้อเพลิงจากน้ำยางธรรมชาติผสมกับแป้งมันสำปะหลัง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารบัณฑิต ภาควิชาเคมีเทคนิค คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2545.
28. ดร.อรสา ภัทรไพบลุย์ชัย และคณะ. โครงการการปรับปรุงสภาพยางธรรมชาติเพื่อลดพลังงานที่ใช้ผลิตผลิตภัณฑ์ยาง. ภาควิชาเทคโนโลยียางและพอลิเมอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี, (ม.ป.ป.).
29. H. L. Arthur. Atomization and Sprays. Purdue University. West Lafayette, Indiana, 1989.
30. เสาวนีย์ ก่อวุฒิกุลรังษี. การผลิตยางธรรมชาติ. คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ภาควิชาเทคโนโลยียางและพอลิเมอร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, 2541.
31. G. G. Nasr, A. J. Yule and L. Bendig. Industrial Sprays and Atomization. London. Cromwell Press. Trowbridge, Wiltshire, 2002.
32. Franco Cataldo. Thermal depolymerization and pyrolysis of cis-1,4-polyisoprene : preparation of liquid polyisoprene and terpene resin. Analytical and Applied Pyrolysis 44(1998) : 121-130.

33. Fengzhen Chen and Jialin Qian. Study on the thermal degradation of cis-1,4-polyisoprene. Fuel 81(2002) : 2071-2077.
34. G. Ivan, Aurelia Meghea, Maria Giurginga, Nicoleta Iftimie. Thermo-oxidative degradation of some elastomers with a high content of 3,4 isoprene units. Polymer Degradation and Stability 80(2003) : 397-402.
35. Fengzhen Chen, Jialin Qian. Studies of the thermal degradation of waste rubber. Waste Management, 2003.



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาคผนวก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก

สมบัติของน้ำยางธรรมชาติเข้มข้นชนิดแอมโมเนียต่ำ

น้ำยางธรรมชาติเข้มข้นชนิดแอมโมเนียต่ำที่ใช้ในการทดลองได้มาจาก บริษัท ไทยรับเบอร์ แอนด์เลทีทซ์ จำกัด มีสมบัติดังนี้

ตารางที่ ก. สมบัติของน้ำยางธรรมชาติเข้มข้นชนิดแอมโมเนียต่ำ

Properties	Test Results
Total Solid Content, %	61.78
Dry Rubber Content, %	60.09
Non Rubber Solids, %	1.69
Ammonia Content (on Total Weight), %	0.27
Ammonia Content (on Water Weight), %	0.71
pH Value	10.19
KOH Number	0.7443
Volatile Fatty Acid Number (V.F.A.)	0.0462
Mechanical Stability Time @ 55% TS. , sec.	960 on (17-05-2003)
Speccific Gravity at 25°C	0.946
Megnesium Content (on Solids), ppm.	33
Chemical Stability Test (CST), mi.	2.0
Coagulum Content, (80 mesh), ppm.	18
Viscosity (60% TS, Spindle no.1, 60 rpm.), cps.	97.9

Remark : Free from pentachlorophenol.

ภาคผนวก ข

การคำนวณ

1. การคำนวณร้อยละผลได้ของผลิตภัณฑ์

การคำนวณทั้งหมดนี้อ้างอิงเป็นปราศจากน้ำ

สูตรการคำนวณ

$$\text{น้ำหนักยาง} = \text{น้ำหนักน้ำยางข้น} \times \%DRC$$

$$\% \text{แก๊ส} = \frac{\text{น้ำหนักแก๊ส}}{\text{น้ำหนักยาง} + \text{แก๊สออกซิเจน}} \times 100$$

$$\% \text{ของเหลว} = \frac{\text{น้ำหนักของเหลว}}{\text{น้ำหนักยาง} + \text{แก๊สออกซิเจน}} \times 100$$

$$\% \text{ของแข็ง} = \frac{\text{น้ำหนักของแข็ง}}{\text{น้ำหนักยาง} + \text{แก๊สออกซิเจน}} \times 100$$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2. การคำนวณปริมาณออกซิเจนในเครื่องปฏิกรณ์

คำนวณหาปริมาณออกซิเจนในอากาศ

หาปริมาณอากาศในตัวปฏิกรณ์

จาก	$P_1 V_b$	=	$n_1 RT$
ปริมาตรตัวปฏิกรณ์ (V_b)		=	0.4 L
R		=	0.08206 atm.L/gmole.K
อุณหภูมิ (T)		=	30 °C
		=	303 K
ความดัน P_1		=	1 bar
n_1		=	ปริมาณอากาศในตัวปฏิกรณ์
MW Air		=	28.97 g
n_1		=	0.016087 mole
		=	0.466052 g
ปริมาณออกซิเจนในอากาศมี		=	21 %
หาปริมาณออกซิเจนจากอากาศในตัวปฏิกรณ์		=	
O_2		=	0.097871 g

2.2 หาปริมาณออกซิเจนที่ความดันต่างๆ

$$\text{จากสูตร } V_b = \frac{n_2 RT}{(P_2 - P_1)}$$

ปริมาตรตัวปฏิกรณ์ (V_b)	=	0.4 L
R	=	0.08206 atm.L/gmole.K
อุณหภูมิ (T)	=	30 °C
	=	303 K
ความดัน P_1	=	1 bar

$$\frac{n_2}{\text{MW O}_2} = \frac{\text{ปริมาณออกซิเจนในตัวปฏิกรณ์}}{32}$$

จะได้ปริมาณออกซิเจนต่ออย่างแห้งโดยน้ำหนักดังตารางที่ ข

ตาราง ข แสดงปริมาณออกซิเจนต่ออย่างแห้งที่ความดันต่างๆ

ความดัน P ₂ (bar)	n ₂	gO ₂	g rubber	ทฤษฎี	ทดลอง
4	0.05	1.54	1.00	1.54	1.23
6	0.08	2.57	1.00	2.57	2.00
8	0.11	3.60	1.00	3.60	3.26
10	0.14	4.63	1.00	4.63	4.01
12	0.18	5.66	1.00	5.66	4.98
14	0.21	6.69	1.00	6.69	6.25
16	0.24	7.72	1.00	7.72	7.36
18	0.27	8.75	1.00	8.75	8.56
20	0.31	9.78	1.00	9.78	9.19

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3. วิธีหาค่าแรงตึงผิวโดยวิธี Drop-Weight Method

3.1 ทำความสะอาดปากบิวเรตที่ใช้ทำการทดลอง

3.1.1 นำบิวเรตมาแช่ในสารละลายกรดซัลฟูริก (H_2SO_4) ความเข้มข้น 70% ผสมกับ Potassiumdichromate (K_2CrO_7) ความเข้มข้น 10% เป็นเวลา 1 คืน

3.1.2 ล้างบิวเรตด้วยน้ำสะอาด แล้วล้างด้วยน้ำกลั่นให้สะอาด

3.1.3 อบบิวเรตให้แห้งในตู้อบ ที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 ชั่วโมง

3.2 กำหนดหาเส้นผ่านศูนย์กลางของบิวเรต

ในการคำนวณจะใช้น้ำกลั่นซึ่งรู้ความหนาแน่นที่แน่นอนเติมลงในบิวเรตแล้วทำการทดลองตามลำดับดังนี้

3.2.1 ชั่งน้ำหนักน้ำกลั่นที่มีปริมาตร 50 มิลลิลิตร เพื่อคำนวณหาความหนาแน่นของน้ำกลั่น

3.2.2 ชั่งน้ำหนักน้ำกลั่นที่หยดจากบิวเรตจำนวน 20 หยดเพื่อคำนวณหาเส้นผ่านศูนย์กลางของน้ำกลั่น 1 หยด

3.2.3 กำหนดหาค่าเส้นผ่านศูนย์กลางของหยดน้ำกลั่น 1 หยด จากสมการ

$$m = \frac{\pi}{6} \rho d^3$$

โดย m = น้ำหนักของน้ำกลั่น 1 หยด

ρ = ความหนาแน่นของน้ำกลั่น

d = เส้นผ่านศูนย์กลางของน้ำกลั่น 1 หยด

3.2.4 กำหนดหาเส้นผ่านศูนย์กลางของปลายบิวเรต จากสมการ

$$d_0 = \frac{d^3 \rho g}{6\gamma}$$

โดย d_0 = เส้นผ่านศูนย์กลางของปลายบิวเรต
 d = เส้นผ่านศูนย์กลางของน้ำกลั่น 1 หยด
 ρ = ความหนาแน่นของน้ำกลั่น
 γ = ค่าแรงตึงผิวของน้ำกลั่น

3.3 คำนวณหาค่าแรงตึงผิวของน้ำยาสผสม

ในการคำนวณจะเติมน้ำยาสผสมลงในบิวเรตแล้วทำการทดลองตามลำดับดังนี้

3.3.1 ชั่งน้ำหนักน้ำยาสผสมที่มีปริมาตร 50 มิลลิลิตร เพื่อคำนวณหาความหนาแน่นของน้ำยาสผสม

3.3.2 ชั่งน้ำหนักน้ำยาสผสมที่หยดจากบิวเรตจำนวน 20 หยดเพื่อคำนวณหาเส้นผ่านศูนย์กลางของน้ำยาสผสม 1 หยด

3.3.3 คำนวณหาค่าเส้นผ่านศูนย์กลางของหยดน้ำยาสผสม 1 หยด จากสมการ

$$m = \frac{\pi}{6} \rho d^3$$

โดย m = น้ำหนักของน้ำยาสผสม 1 หยด
 ρ = ความหนาแน่นของน้ำยาสผสม
 d = เส้นผ่านศูนย์กลางของน้ำยาสผสม 1 หยด

3.3.4 คำนวณหาค่าแรงตึงผิวของน้ำยาสผสม จากสมการ

$$\frac{\pi}{6} d^3 \rho g = \pi d_0 \gamma$$

โดย d_0 = เส้นผ่านศูนย์กลางของปลายบิวเรต
 d = เส้นผ่านศูนย์กลางของน้ำยาสผสม 1 หยด
 ρ = ความหนาแน่นของน้ำยาสผสม
 γ = ค่าแรงตึงผิวของน้ำยาสผสม

วิธีการคำนวณหาแรงตึงผิว

$$\begin{aligned} \text{แรงตึงผิวของน้ำกลั่น} &= 72.1 \text{ g/s}^2 \\ \text{g} &= 980 \text{ cm/s}^2 \end{aligned}$$

1. หาความหนาแน่นของน้ำกลั่น

ชั่งน้ำหนักน้ำกลั่นที่มีปริมาตร 50 มิลลิลิตร

$$\text{น้ำหนักน้ำกลั่น (m)} = 49.6809 \text{ g}$$

$$\text{ปริมาตรน้ำกลั่น (v)} = 50.0000 \text{ cm}^3$$

จาก

$$\rho = \frac{m}{v}$$

$$\text{ความหนาแน่นของน้ำกลั่น} = 49.6809 / 50$$

$$= 0.993618 \text{ g/cm}^3$$

2. หาเส้นผ่านศูนย์กลางของน้ำกลั่น 1 หยด

ชั่งน้ำหนักน้ำกลั่นที่หยดจากบิวเรตจำนวน 20 หยด

$$\text{น้ำหนักน้ำกลั่น 20 หยด} = 0.9288 \text{ g}$$

$$\text{น้ำหนักน้ำกลั่น 1 หยด (m)} = 0.9288 / 20$$

$$\text{น้ำหนักน้ำกลั่น 1 หยด (m)} = 0.0464 \text{ g}$$

จาก

$$m = \frac{\pi}{6} \rho d^3$$

$$0.0464 \text{ g} = \frac{22}{7 \times 6} \frac{0.9936 \text{ g}}{\text{cm}^3} d^3 \text{ cm}^3$$

$$d^3 = 0.089228 \text{ cm}$$

$$d = 0.446855 \text{ cm}$$

$$\text{เส้นผ่านศูนย์กลางของน้ำกลั่น 1 หยด} = 0.446855 \text{ cm}$$

3. หาเส้นผ่านศูนย์กลางของบิวเรต

จาก

$$d_0 = \frac{d^3 \rho g}{6\gamma}$$

$$d_0 = \frac{(0.446855)^3 \text{ cm}^3 \cdot 0.9936 \text{ g} \cdot 980 \text{ cm} \cdot \text{s}^2}{6 \cdot \text{cm}^3 \cdot \text{s}^2 \cdot 72.1 \text{ g}}$$

$$d_0 = 0.200844 \text{ cm}$$

$$\text{เส้นผ่านศูนย์กลางของบิวเรต} = 0.200844 \text{ cm}$$

4. หาคความหนาแน่นของน้ำยางขึ้น

ชั่งน้ำหนักน้ำยางขึ้นที่มีปริมาตร 50 มิลลิลิตร

$$\text{น้ำหนักน้ำยางขึ้น (m)} = 46.1612 \text{ g}$$

$$\text{ปริมาตรน้ำยางขึ้น (v)} = 50.0000 \text{ cm}^3$$

จาก

$$\rho = \frac{m}{v}$$

$$\text{ความหนาแน่นน้ำยางขึ้น} = 46.1612 / 50$$

$$\text{จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย} = 0.923224 \text{ g/cm}^3$$

5. หาเส้นผ่านศูนย์กลางของน้ำกลั่น 1 หยด

ชั่งน้ำหนักน้ำกลั่นที่หยดจากบิวเรตจำนวน 20 หยด

$$\text{น้ำหนักน้ำกลั่น 20 หยด} = 0.6772 \text{ g}$$

$$\text{น้ำหนักน้ำกลั่น 1 หยด (m)} = 0.6772 / 20$$

$$\text{น้ำหนักน้ำกลั่น 1 หยด (m)} = 0.0339 \text{ g}$$

จาก

$$m = \frac{\pi}{6} \rho d^3$$

$$0.0339 \text{ g} = \frac{22}{7 \cdot 6} \frac{0.92322 \text{ g}}{\text{cm}^3} d^3 \text{ cm}^3$$

$$d^3 = 0.070017 \text{ cm}$$

$$d = 0.412163 \text{ cm}$$

$$\text{เส้นผ่านศูนย์กลางของน้ำกลั่น 1 หยด} = 0.412163 \text{ cm}$$

6.หาค่าแรงตึงผิวของน้ำยางขึ้น

จาก

$$\frac{\pi}{6} d^3 \rho g = \pi d_0 \gamma$$

$$\text{g} = \frac{(0.412163)^3 \text{ cm}^3 \cdot 0.92322 \text{ g}}{6 \text{ g}} \frac{980 \text{ cm}}{\text{cm}^3 \text{ g}} = 0.2008 \text{ cm}$$

$$\text{g} = 52.56904 \text{ g/s}^2$$

$$\text{g} = 0.052569 \text{ N/M}$$

$$\text{แรงตึงผิวของน้ำยางขึ้น} = 0.052569 \text{ N/M}$$

4. การคำนวณสมบัติทางกายภาพของยางเม็ด

1. หาเส้นผ่านศูนย์กลางของยางเม็ด 1 เม็ด (d)

ทำการทดลองโดย วัดเส้นผ่านศูนย์กลางของยางเม็ดจำนวน 10 เม็ดด้วยไมโครมิเตอร์ เม็ดละ 3 ครั้ง แล้วนำมาหาค่าเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย

2. หาค่าปริมาตรของยางเม็ด 1 เม็ด (v)

$$\text{จาก } V = (4/3) \cdot \pi \cdot (d/2)^3$$

3. หาค่าน้ำหนักของยางเม็ด 1 เม็ด (m)

ทำการทดลองโดยชั่งน้ำหนักเม็ดยางจำนวน 20 เม็ด แล้วนำมาหาค่าน้ำหนักยางเม็ดเฉลี่ย

4. หาค่าความหนาแน่นของยางเม็ด 1 เม็ด (Bulk density)

$$\text{คำนวณจาก Bulk density} = m / v$$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก

วิธีวิเคราะห์สมบัติโดยประมาณของผลิตภัณฑ์ของแข็ง

วิธีวิเคราะห์สมบัติโดยประมาณ (Proximate Analysis)

วิธีวิเคราะห์สมบัติโดยประมาณตามวิธี ASTM D 1762-84 โดยวิเคราะห์สารที่แห้งในอากาศ และคำนวณเพื่อรายงานค่าที่ได้เทียบกับน้ำหนักของสารที่ไม่มีน้ำ (Dry basis) ยกเว้นค่าความชื้นที่รายงานเทียบน้ำหนักของสารที่แห้งในอากาศ (Air dry basis) วิธีวิเคราะห์ครอบคลุมการวิเคราะห์หาค่าความชื้น สารระเหย และเถ้า รายละเอียดการวิเคราะห์มีดังนี้

1. วิธีหาค่าความชื้น (Moisture, M)

1.1 เตาด้วยกระบือพร้อมฝาในเตาเผาที่อุณหภูมิ 750 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที จากนั้นทิ้งให้เย็นในหม้อดูดความชื้นเป็นเวลา 1 ชั่วโมง

1.2 ชั่งน้ำหนักที่แน่นอนของถ้วยกระบือพร้อมฝา จากนั้นใส่ตัวอย่างที่ต้องการวิเคราะห์ประมาณ 1 กรัม ให้ละเอียดถึงเทคนิคตำแหน่งที่ 4 (คือมีความผิดพลาดน้อยกว่า 0.1 มิลลิกรัม) ในถ้วยกระบือพร้อมฝา บันทึกน้ำหนักที่ได้ของตัวอย่างก่อนอบแห้ง (A)

1.3 นำไปอบแห้งในเตาอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง จากนั้นทิ้งให้เย็นในหม้อดูดความชื้นเป็นเวลา 1 ชั่วโมง

1.4 ชั่ง และบันทึกน้ำหนักที่ได้ของตัวอย่างหลังอบแห้ง (B)

คำนวณค่าความชื้น ดังนี้

$$\text{Moisture \%} = [(A-B)/A]*100$$

2. วิธีหาปริมาณสารระเหย (Volatile matter, VM)

เผาเตาเผาไว้ที่ 950 องศาเซลเซียส ทำการให้ความร้อนกับถ้วยกระบือพร้อมฝา และตัวอย่างที่ใช้ในการหาความชื้นในขั้นตอนที่ 1. ดังนี้

2.1 วางไว้หน้าเตาเผาเป็นเวลา 2 นาที (อุณหภูมิประมาณ 300 องศาเซลเซียส)

- 2.2 วางที่ขอบเตาเผาเป็นเวลา 3 นาที (อุณหภูมิประมาณ 500 องศาเซลเซียส)
- 2.3 นำเข้าเตาเผาเป็นเวลา 6 นาที
- 2.4 นำออกจากเตาเผาทิ้งให้เย็นในหม้อดูดความชื้น
- 2.5 ชั่งและบันทึกน้ำหนักที่ได้ของตัวอย่างหลังอบเผา (C)

คำนวณหาค่าสารระเหย ดังนี้

$$\text{Volatile matter \%} = [(B-C)/B]*100$$

3. ค่าเถ้า (Ash content, A)

- 3.1. ทำการให้ความร้อนกับถ้วยกระเบื้องพร้อมฝา และตัวอย่างที่ใช้ในการหาสารระเหยในขั้นตอนที่ 2 ในเตาเผา ที่อุณหภูมิ 750 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง
- 3.2. ทิ้งให้เย็นในหม้อดูดความชื้น
- 3.3. ชั่ง และบันทึกน้ำหนักที่ได้ของตัวอย่างหลังอบเผา (D)

คำนวณหาค่าเถ้า ดังนี้

$$\text{Ash \%} = [D/B]*100$$

4. ค่าถ่านคงตัว (Fixed carbon, FC)

$$\text{FC \%} = 100-A-VM-M$$

ภาคผนวก ง

ข้อมูลการทดลอง

ตารางที่ ง.1 แสดงข้อมูลการศึกษาผลของค่าแรงตึงผิวของน้ำยางผสมกับขนาดของยางที่ได้

Formular	γ (N/M)	dia (cm.)
Latex	0.0526	0.3744
Latex + NaSi(10) + SDS(0)	0.0443	0.2943
Latex + NaSi(10) + SDS(5)	0.0371	0.2687
Latex + NaSi(10) + SDS(10)	0.0354	0.2637
Latex + NaSi(10) + SDS(15)	0.0338	0.2637

เมื่อ

- Latex คือ น้ำยางข้น

- Latex + NaSi(10) + SDS(0) คือ น้ำยางข้นผสมโซเดียมซิลิเกต 10 phr กับ โซเดียมโดเดซิลซัลเฟต 0 phr

- Latex + NaSi(10) + SDS(5) คือ น้ำยางข้นผสมโซเดียมซิลิเกต 10 phr กับ โซเดียมโดเดซิลซัลเฟต 5 phr

- Latex + NaSi(10) + SDS(10) คือ น้ำยางข้นผสมโซเดียมซิลิเกต 10 phr กับ โซเดียมโดเดซิลซัลเฟต 10 phr

- Latex + NaSi(10) + SDS(15) คือ น้ำยางข้นผสมโซเดียมซิลิเกต 10 phr กับ โซเดียมโดเดซิลซัลเฟต 15 phr

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ง.2 แสดงลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการศึกษาออกซิเดชันยางในบรรยากาศออกซิเจนโดยใช้
เครื่อง Bomb Calorimeter

P. O ₂ (bar)	ลักษณะผลิตภัณฑ์
4	มียางที่เผาไหม้ไม่หมดเหลืออยู่ ได้น้ำมันเหนียวสีน้ำตาลดำปนอยู่กับผงของแข็งสีดำจำนวนมาก
6	ได้น้ำมันสีน้ำตาลดำเกาะอยู่ข้างผนัง bomb และได้ผงของแข็งสีดำ
8	ได้น้ำมันสีน้ำตาลดำเกาะอยู่ข้างผนัง bomb และได้ผงของแข็งสีดำ
10	ไม่มีน้ำมันเกิดขึ้นเลย ได้ผงของแข็งสีดำ
12	ไม่มีน้ำมันเกิดขึ้นเลย ผงของแข็งสีดำเกิดขึ้นน้อย
14	ไม่มีน้ำมันเกิดขึ้นเลย และมีผงของแข็งดำน้อยมาก
16	ไม่มีน้ำมันเกิดขึ้นเลย และมีผงของแข็งดำน้อยมาก
18	ไม่มีน้ำมัน และผงของแข็งดำเกิดขึ้นเลย
20	ไม่มีน้ำมัน และผงของแข็งดำเกิดขึ้นเลย

ตารางที่ ง.3 แสดงร้อยละผลได้ของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการศึกษาออกซิเดชันของยางแห้งในบรรยากาศออกซิเจน

ความดันออกซิเจน (bar)	4	6	8	10	12	14	16	18	20
เวลาที่ใช้ (min)	19.38	14.56	14.3	11.52	10.48	10.31	9.47	9.23	9.07
%แก๊ส	49.22	68.96	92.17	98.90	99.45	99.88	99.88	100.00	100.00
%ของเหลว	28.74	14.37	1.96	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
%ของแข็ง	22.05	16.67	5.88	1.10	0.55	0.12	0.12	0.00	0.00

ตารางที่ ง.4 แสดงการเปรียบเทียบร้อยละผลได้ของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการศึกษาออกซิเดชันของยางแห้งที่มีลักษณะไม่ร่วน และร่วนในบรรยากาศออกซิเจน

ความดัน 6 บาร์		
	sticky rubber pellet	non sticky rubber pellet
%แก๊ส	68.96	60.18
%ของเหลว	14.37	17.05
%ของแข็ง	16.67	22.77

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ง.4 แสดงการวิเคราะห์สมบัติโดยประมาณของผลิตภัณฑ์ของแข็งที่ได้จากการศึกษาออกซิเดชันของยางในบรรยากาศออกซิเจน

องค์ประกอบผลิตภัณฑ์ของแข็งที่ความดันออกซิเจน 6 บาร์

องค์ประกอบ	ร้อยละ
ความชื้น	0.99
สารระเหย	15.50
เถ้า	5.09
คาร์บอนคงตัว	78.42

องค์ประกอบผลิตภัณฑ์ของแข็งที่ความดันออกซิเจน 8 บาร์

องค์ประกอบ	ร้อยละ
ความชื้น	1.00
สารระเหย	12.99
เถ้า	2.84
คาร์บอนคงตัว	83.17

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

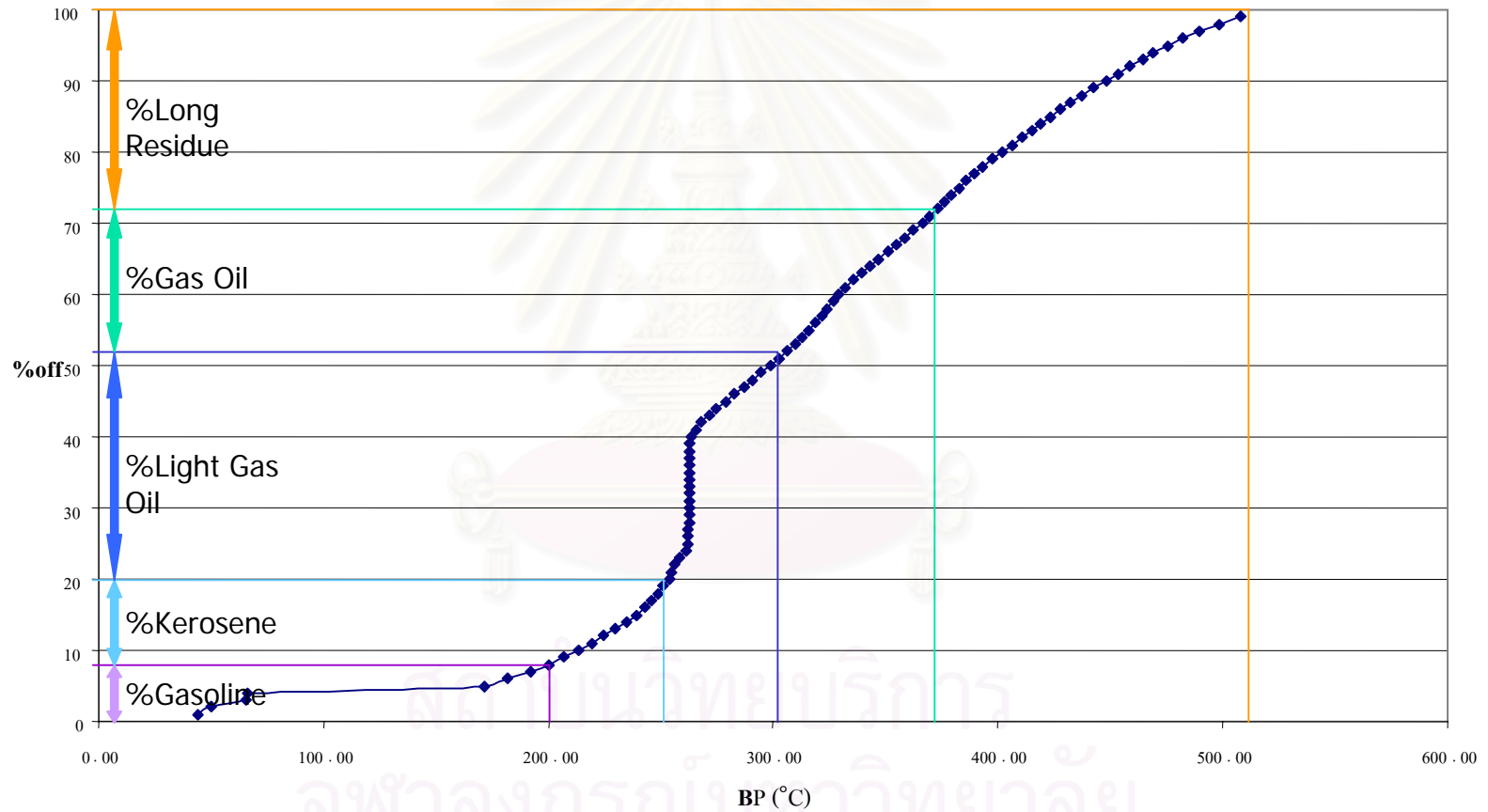
ตารางที่ ง.5 แสดงองค์ประกอบผลิตภัณฑ์แก๊สที่ได้จากการวิเคราะห์ห้องค์ประกอบด้วยเครื่อง Micro GC

Component	4	6	8	10	12	14	16	18	20
Methane	0.1	0.3	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Carbon dioxide	99.5	99.2	99.9	99.7	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
Ethane	0.0	0.1	0.0	0.0	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0
Propane	0.0	0.1	0.0	0.3	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0
n-Pentane	0.4	0.3	0.0	0.0	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0
Total	100.0	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์ของเหลว



รูปที่ ง.1 แสดงการแบ่งผลิตภัณฑ์ตามการกระจายของจุดเดือดของผลิตภัณฑ์ของเหลว

ตารางที่ ๓.6 แสดงค่าความร้อนของสาร

ชนิดของสาร	kJ / g
น้ำยางธรรมชาติ	14.62
ยางแห้ง	42.84
น้ำมันปิโตรเลียม	42.00 – 45.00



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวชลธิณี ตั้งตรีรัตน์ เกิดเมื่อวันที่ 28 กันยายน พ.ศ. 2523 ที่จังหวัด กรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาเคมีวิศวกรรม ภาค วิชาเคมีเทคนิค คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2544 และเข้าศึกษาต่อ หลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต ที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อ พ.ศ. 2545



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย