

การศึกษาหาวิธีตกตะกอนน้ำขุ่นใหม่สำหรับยางธรรมชาติก้อนแข็ง
STUDY OF NEW COAGULANTS FOR NATURAL RUBBER CUPLUMP



โดยรองศาสตราจารย์ ดร. ประจักษ์ คุ้มภัย

ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

เชียงใหม่

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ปี ๒๕๒๕

การศึกษาสารตกตะกอนชนิดใหม่สำหรับยางธรรมชาติก้อนถ้วย
STUDY OF NEW COAGULANTS FOR NATURAL RUBBER CUPLUMP



โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาเคมีอุตสาหกรรม
คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2555

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

STUDY OF NEW COAGULANTS FOR NATURAL RUBBER CUPLUMP



Miss Jittisuda Khamtrong

Miss Rattiyakorn Boonnil

**A SPECIAL PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF BACHELOR OF SCIENCE
IN INDUSTRIAL CHEMISTRY
FACULTY OF SCIENCE
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
ACADEMIC YEAR 2012**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงการพิเศษ	การศึกษาศาสตร์กตะกอนชนิดใหม่สำหรับยางธรรมชาติก้อนถ้วย Study of new coagulants for natural rubber cuplump
ชื่อนักศึกษา	นางสาวจิตติสุดา คำตรง นางสาวรัตติยากร บุญนิล
ปริญญา	วิทยาศาสตร์บัณฑิต
สาขาวิชา	เคมีอุตสาหกรรม
อาจารย์ที่ปรึกษา	รศ.ดร.อิทธิพล แจ่มชัด

คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อนุมัติให้โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร วิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชา เคมีอุตสาหกรรม ประจำปีการศึกษา 2555

คณะกรรมการสอบ	ลายมือชื่อ
ผศ.ดร.ปทุมมา ศิริพันธ์ โนน	
ผศ.ดร.สุภารัตน์ รักชลธิ	
รศ.ดร.อิทธิพล แจ่มชัด	

ลิขสิทธิ์ของคณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงการพิเศษ	การศึกษาสารตกตะกอนชนิดใหม่สำหรับยางธรรมชาติก้อนถ้วย	
ชื่อนักศึกษา	นางสาวจิตติสุดา	คำตรง
	นางสาวรัตติยากร	บุญนิล
ปริญญา	วิทยาศาสตร์บัณฑิต	
สาขาวิชา	เคมีอุตสาหกรรม	
ปีการศึกษา	2555	
อาจารย์ที่ปรึกษา	รศ.ดร.อิทธิพล แจ่มจักษ์	

บทคัดย่อ

ยางก้อนถ้วย (Cuplump) เป็นยางก้อนที่เกิดจากการจับตัวของน้ำยางธรรมชาติ (NR) ปัจจุบันมีการใช้กรดจับตัวยางก้อนถ้วยเชิงพาณิชย์หลายชนิด ซึ่งกรดที่มีขายเชิงพาณิชย์บางชนิดส่งผลโดยตรงต่อสมบัติของยางที่ได้ เช่น สี ลักษณะการเชื่อมโยง และสมบัติเชิงกล งานวิจัยนี้จึงได้ทำการศึกษาผลของสารตกตะกอนกรดฟอร์มิกเปรียบเทียบกับสารตกตะกอนเชิงพาณิชย์ชนิดต่างๆ และปรับสารตกตะกอนกรดฟอร์มิกให้มีสมบัติอื่นๆ ตามต้องการ ได้แก่ การเพิ่มสารต้านเชื้อรา (Nipacide[®] Bit 20 และ Glyoxal), สารฟอกสี (โซเดียมไฮโดรซัลไฟด์และโซเดียมเมตาไบซัลไฟด์) เพื่อนำไปผลิตเป็นยางแท่งมาตรฐานคุณภาพดี เช่น STR 5L และ STR 10 จากการศึกษาพบว่า การใช้สารตกตะกอนเชิงพาณิชย์บางชนิดไม่เหมาะสม เนื่องจากทำให้ลักษณะการเชื่อมโยงและสมบัติของยางด้อยลง จากการศึกษาผลของชนิดสารต้านเชื้อราพบว่า การใช้สารต้านเชื้อรา Nipacide[®] Bit 20 ให้ประสิทธิภาพการต้านเชื้อราที่ดีกว่าการใช้สารต้านเชื้อรา Glyoxal ในการศึกษาผลของชนิดสารฟอกสีพบว่า การใช้สารฟอกสีโซเดียมไฮโดรซัลไฟด์และโซเดียมเมตาไบซัลไฟด์ ส่งผลให้สีของยางก้อนถ้วยที่ได้มีสีอ่อนลงและจากการศึกษาผลของปริมาณสารฟอกสีโซเดียมเมตาไบซัลไฟด์ ในช่วง 0.1-0.4 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักยางแห้งพบว่า การใช้สารฟอกสีในปริมาณที่ไม่เหมาะสมอาจทำให้สมบัติเชิงกลของยางแห้งลดลง ดังนั้นจึงจำเป็นต้องศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับชนิดและปริมาณสารฟอกสีที่เหมาะสมในงานวิจัยต่อไป

คำสำคัญ: ยางก้อนถ้วย, สารตกตะกอน, กรดฟอร์มิก, สารต้านเชื้อรา, สารฟอกสี

Title	Study of new coagulants for natural rubber cuplump	
Students	Miss Jittisuda	Khamtrong
	Miss Rattiyakorn	Boonnil
Degree	Bachelor of Science	
Major Program	Industrial Chemistry	
Academic Year	2012	
Advisor	Assoc. Prof. Dr. Ittipol Jangchud	

ABSTRACT

Natural rubber (NR) fresh latex can be coagulated naturally or acids to form solid “Cuplump”. Nowadays, several acids have been available commercially for farmers to produce NR cuplump. However, some acids might not be good for NR coagulation and affect to NR properties, such as color, cure characteristics, and mechanical properties. In this research work, comparative study of formic acid and some commercial coagulants (e.g. mixed acids and fermented acids) was carried out. Some additives, such as fungicides and bleaching agents were mixed with formic acid in order to improve better coagulants for high-quality cuplump for high quality block rubbers, such as, STR-5L and STR-10. As expected, it was found that delayed curing effect and deteriorated mechanical properties of the NR vulcanizates were found when some commercial coagulants were used. It was found that Nipacide[®] Bit 20 (NI) had better anti-fungi activity than glyoxal (GL). By adding a bleaching agents (sodium metabisulfite (SMB) and sodium hydrosulfite (SHS)), clear pale NR cuplump was achieved, however, curing of NR was retarded. By varying the SMB loading at 0.1-0.4% (by DRC), mechanical properties of NR were decreased. More study might be needed for type and % loading of bleaching agent in order to gain good NR cuplump with superior properties.

Keywords: Cuplump, Coagulated chemical, Formic acid, Antifungal chemical, Bleaching chemical

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.อิทธิพล แจ่มชัด อาจารย์ผู้ควบคุมงานวิจัยที่กรุณาให้คำปรึกษา คำแนะนำ รวมทั้งให้กำลังใจและวิธีการแก้ปัญหาในการทำงานวิจัย ตลอดจนช่วยตรวจทานแก้ไขงานวิจัยให้ดำเนินไปอย่างถูกต้องสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปณณมา ศิริพันธ์ โนน และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุภารัตน์ รักชลธิ อาจารย์และคณะกรรมการการตรวจสอบงานวิจัย ที่กรุณาตรวจทานและแก้ไขงานวิจัยฉบับนี้ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการทดสอบคุณสมบัติยาง

ขอขอบคุณ บริษัท บีเอเอสเอฟ (ไทย) จำกัด ที่ให้ความอนุเคราะห์สารด้านเชื้อราเพื่อใช้ในการวิจัย

ขอขอบคุณ บริษัท Ajax Finechem จำกัด และบริษัท VIV Interchem จำกัด ที่ให้ความอนุเคราะห์สารฟอกสีเพื่อใช้ในการวิจัยนี้

ขอขอบคุณนางสาวขวัญใจ พูลสวัสดิ์ ที่ปรึกษาพิเศษที่คอยให้คำปรึกษา คำแนะนำและวิธีการแก้ปัญหามากมาย ทำให้งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

ขอขอบคุณ เจ้าหน้าที่ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ทุกคนที่คอยอำนวยความสะดวกในเรื่องต่างๆ

ขอขอบคุณครอบครัวของผู้วิจัย เพื่อนๆ พี่ๆ และน้องๆ ที่ให้กำลังใจและคอยช่วยเหลือสนับสนุนการทำงานวิจัยนี้มาตลอดจนเสร็จสมบูรณ์

อนึ่งยังมีบุคคลอีกหลายท่านนอกเหนือจากที่กล่าวมาแล้วซึ่งให้ความกรุณาช่วยเหลือทางผู้วิจัยจึงขอขอบคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้ด้วย

นางสาวจิตติสุตา คำตรง

นางสาวรัตติยากร บุญนิล

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VIII
สารบัญรูป	X
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	4
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย	4
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	5
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	6
2.1 ยาง (Rubbers)	6
2.2 ยางธรรมชาติ (Natural rubber, NR)	6
2.3 น้ำยางธรรมชาติ	7
2.3.1 การเสียดสภาพและรักษาสภาพของน้ำยางธรรมชาติ	9
2.3.2 การตกตะกอนของยางธรรมชาติ	10
2.4 ยางก้อนถ้วย (Cuplump)	11
2.4.1 สารเคมีสำหรับตกตะกอนยางก้อนถ้วย	12
2.4.1.1 กรดฟอร์มิก (Formic acid, HCOOH)	12
2.4.1.2 กรดซัลฟูริก (Sulfuric acid, H ₂ SO ₄)	12
2.4.1.3 กรดอะซิติก (Acetic acid, CH ₃ COOH)	13
2.4.1.4 เกลือของแคลเซียม	13
2.4.2 การผลิตยางก้อนถ้วย	13
2.4.3 การใช้ประโยชน์จากยางก้อนถ้วย	16

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.5 การปรับปรุงสมบัติยาง	18
2.5.1 การฟอกสียาง	18
2.5.1.1 สารในกลุ่มซัลไฟต์	18
2.5.1.1.1 โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์	18
(Sodium metabisulfite, $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$)	18
2.5.1.1.2 โซเดียมไฮโดรซัลไฟต์	19
(Sodium hydrosulfite, $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$)	19
2.5.1.2 ซิลิลเมอร์แคปแทน (Xylylmercaptan, $\text{C}_8\text{H}_{10}\text{S}$)	19
2.5.2 การต้านเชื้อรา	20
2.5.2.1 ออร์โท-คลอโรฟีนอล (o-Chlorophenol, $\text{C}_6\text{H}_4\text{Cl}(\text{OH})$)	20
2.5.2.2 น้ำส้มควันไม้ (Wood vinegar)	20
2.5.2.3 พาราไนโตรฟีนอล (p-Nitrophenol, $\text{C}_6\text{H}_5\text{NO}_3$)	21
2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	21
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย	30
3.1 แผนการดำเนินงาน	30
3.2 สารเคมีและอุปกรณ์	31
3.2.1 สารเคมี	31
3.2.2 อุปกรณ์	31
3.3 วิธีการทดลอง	32
3.3.1 ศึกษาผลของสารตกตะกอนกรดฟอร์มิคและสารตกตะกอน	
เชิงพาณิชย์ประเภทต่างๆ	32
3.3.2 ศึกษาผลของชนิดสารต้านเชื้อราที่มีผลต่อสมบัติต่างๆ	
ของยางก้อนถ้วย	40
3.3.3 ศึกษาผลของชนิดสารฟอกสีที่มีผลต่อสมบัติต่างๆ ของยางก้อนถ้วย	41
3.3.4 ศึกษาผลของปริมาณสารฟอกสีโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ที่มีผล	
ต่อสมบัติยางก้อนถ้วย	41

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 ผลการวิจัยและอภิปรายผล	46
4.1 ผลของสารตกตะกอนกรดฟอรั่มิกและสารตกตะกอนเชิงพาณิชย์ ประเภทต่างๆ	47
4.1.1 ระยะเวลาในการแข็งตัวและค่าความเป็นกรด-ด่าง	48
4.1.2 ลักษณะการเชื่อมโยง	49
4.1.3 สมบัติเชิงกล	50
4.1.4 สมบัติตามมาตรฐานยางแห่งประเทศไทย	53
4.2 ผลของชนิดสารต้านเชื้อราที่มีผลต่อสมบัติต่างๆ ของยางก้อนถ้วย	55
4.2.1 ระยะเวลาในการแข็งตัวและค่าความเป็นกรด-ด่าง	55
4.2.2 สมบัติการต้านเชื้อรา	56
4.2.3 ลักษณะการเชื่อมโยง	59
4.2.4 สมบัติเชิงกล	60
4.2.5 สมบัติตามมาตรฐานยางแห่งประเทศไทย	63
4.3 ผลของชนิดสารฟอกสีที่มีผลต่อสมบัติต่างๆ ของยางก้อนถ้วย	64
4.3.1 ระยะเวลาในการแข็งตัวและค่าความเป็นกรด-ด่าง	65
4.3.2 ลักษณะการเชื่อมโยง	65
4.3.3 สมบัติเชิงกล	67
4.3.4 สมบัติตามมาตรฐานยางแห่งประเทศไทย	69
4.4 ผลของปริมาณสารฟอกสีที่มีผลต่อสมบัติยางก้อนถ้วย	71
4.4.1 ระยะเวลาในการแข็งตัวและค่าความเป็นกรด-ด่าง	71
4.4.2 สมบัติการต้านเชื้อรา	72
4.4.3 ลักษณะการเชื่อมโยง	73
4.4.4 สมบัติเชิงกล	74
4.4.5 สมบัติตามมาตรฐานยางแห่งประเทศไทย	77

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 5 สรุปผลวิจัยและข้อเสนอแนะ	
5.1 สรุปผลการทดลอง	79
5.1.1 ผลของสารตกตะกอนกรดฟอรั่มิกและสารตกตะกอน เชิงพาณิชย์ประเภทต่างๆ	79
5.1.2 ผลของชนิดสารต้านเชื้อราที่มีผลต่อสมบัติต่างๆ ของยางก้อนถ้วย	79
5.1.3 ผลของชนิดสารฟอกสีที่มีผลต่อสมบัติต่างๆ ของยางก้อนถ้วย	79
5.1.4 ผลของปริมาณสารฟอกสีที่มีผลต่อสมบัติยางก้อนถ้วย	79
5.2 ข้อเสนอแนะ	80
เอกสารอ้างอิง	81
ภาคผนวก ก	85
ภาคผนวก ข	88



สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1 ปริมาณการส่งออกยางแท่ง STR 5L และ STR 20 ปี 2550-2555	3
1.2 มูลค่ายางส่งออกแยกตามประเภทปี 2550-2555	4
2.1 ตัวอย่างส่วนประกอบของน้ำยางธรรมชาติ	8
2.2 ตัวอย่างองค์ประกอบของส่วนอนุภาคยางในน้ำยางสด	8
3.1 สูตรผสมยาง	33
4.1 อักษรย่อของยางจากการใช้สารตกตะกอนประเภทต่างๆ	47
4.2 ระยะเวลาในการแข็งตัวของยางและค่าความเป็นกรด-ด่างของ สารตกตะกอนกรดฟอร์มิคและสารตกตะกอนเชิงพาณิชย์ประเภทต่างๆ	48
4.3 ลักษณะการเชื่อมโยงของยางเมื่อใช้สารตกตะกอนกรดฟอร์มิค และสารตกตะกอนเชิงพาณิชย์ประเภทต่างๆ	50
4.4 สมบัติของยางตามมาตรฐานยางแท่งไทยที่ได้จากการใช้สารตกตะกอน กรดฟอร์มิคและสารตกตะกอนเชิงพาณิชย์ประเภทต่างๆ	54
4.5 ระยะเวลาในการแข็งตัวของยางและค่าความเป็นกรด-ด่างของ สารตกตะกอนกรดฟอร์มิคผสมสารต้านเชื้อราชนิดต่างๆ	56
4.6 ลักษณะการเชื่อมโยงของยางเมื่อใช้สารตกตะกอนกรดฟอร์มิคที่มี การผสมสารต้านเชื้อราชนิดต่างๆ	60
4.7 สมบัติของยางตามมาตรฐานยางแท่งไทยที่ได้จากการใช้สารตกตะกอนกรดฟอร์มิค, กรดฟอร์มิคผสมสารต้านเชื้อรา Nipacide [®] Bit 20 และกรดฟอร์มิคผสม สารต้านเชื้อราไกลออกซอล	63
4.8 ระยะเวลาในการแข็งตัวของยางและค่าความเป็นกรด-ด่างของ สารตกตะกอนกรดฟอร์มิคผสมสารฟอกสีชนิดต่างๆ	65
4.9 ลักษณะการเชื่อมโยงของยางเมื่อใช้สารตกตะกอนกรดฟอร์มิคที่มี การผสมสารฟอกสีชนิดต่างๆ	66
4.10 สมบัติของยางตามมาตรฐานยางแท่งไทยที่ได้จากการใช้สารตกตะกอนกรดฟอร์มิค, กรดฟอร์มิคผสมสารฟอกสี SHS และกรดฟอร์มิคผสมสารฟอกสี SMB	70

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4.11 ระยะเวลาในการแข็งตัวของยางและค่าความเป็นกรด-ด่างของ สารตกตะกอนกรดฟอร์มิคผสมสารต้านเชื้อรา Nipacide® Bit 20 และ สารฟอกสีโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ในปริมาณต่างๆ	71
4.12 ลักษณะการเชื่อมโยงของยางเมื่อใช้สารตกตะกอนกรดฟอร์มิคที่มี การผสมสารต้านเชื้อรา Nipacide® Bit 20 และสารฟอกสี SMB ในปริมาณต่างๆ	74
4.13 สมบัติของยางตามมาตรฐานยางแห่งประเทศไทยที่ได้จากการใช้สารตกตะกอนกรดฟอร์มิค, กรดฟอร์มิคที่มีการผสมสารต้านเชื้อรา Nipacide® Bit 20 และ สารฟอกสี SMB ในปริมาณต่างๆ	77



สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
1.1 ปริมาณการส่งออกยางธรรมชาติของประเทศไทยปี 2554	2
1.2 ยางก้อนถ้วย	3
2.1 ประเภทของยาง	6
2.2 สูตรโครงสร้างยางธรรมชาติ	7
2.3 ดินยางพาราและน้ำยาง	7
2.4 อนุภาคยางในน้ำยางสด	9
2.5 ยางก้อนถ้วย	11
2.6 การหยอดน้ำกรดลงในน้ำยางหลังจากหยุดไหล	14
2.7 การเทน้ำยาง	15
2.8 การกวนน้ำยาง	15
2.9 ยางเครพที่ผลิตได้จากยางก้อนถ้วยคุณภาพดี	16
2.10 โครงสร้างทางเคมีของโซเดียมเมตาไบซัลไฟด์	18
2.11 โครงสร้างทางเคมีของโซเดียมไฮโครซัลไฟด์	19
2.12 โครงสร้างทางเคมีของโซลิตเมอร์แคปเทน	19
2.13 น้ำส้มควันไม้	21
2.14 พาราโนโตรฟินอล	21
2.15 เชื้อราที่พบบนแผ่นยางพาราดิบผึ่งแห้ง (ซ้าย) และแผ่นยางพาราดิบผึ่งแห้ง กับปริมาณอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ต่างๆ (ขวา)	26
3.1 เครื่องผสมแบบเปิดสองลูกกิ้ง (Two-roll mill)	34
3.2 กราฟเชื่อมโยงของยางผสมสูตรแสดงเวลาการเชื่อมโยงและเวลาก่อนการเชื่อมโยง	35
3.3 เครื่องอัดขึ้นรูป	36
3.4 เครื่องทดสอบแรงดึง (Universal Testing Machine, UTM)	36
3.5 ตัวอย่างกราฟความเค้น-ความเครียด (Stress-strain curve) ของ การดึงขึ้นตัวอย่างประเภทยาง	37
3.6 เครื่องคูโรมิเตอร์ แบบ Shore A	38
3.7 เครื่องพลาสติกมิเตอร์	39
3.8 เครื่องวัดสีโลวิบอนด์และสเกลเบอร์สีโลวิบอนด์	39

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.9 แผนการดำเนินงานวิจัย โดยสรุปในการศึกษาผลของสารตกตะกอน กรดฟอร์มิคเปรียบเทียบกับสารตกตะกอนเชิงพาณิชย์ชนิดต่างๆ	43
3.10 แผนการดำเนินงานวิจัย โดยสรุปในการศึกษาผลของชนิดสารต้านเชื้อรา ที่มีต่อสมบัติต่างๆ ของยางก้อนถ้วย	44
3.11 แผนการดำเนินงานวิจัย โดยสรุปในการศึกษาผลของชนิดสารฟอกสี ที่มีต่อสมบัติต่างๆ ของยางก้อนถ้วย	45
4.1 กราฟการเชื่อมโยงของยางเมื่อใช้สารตกตะกอนกรดฟอร์มิคและ สารตกตะกอนเชิงพาณิชย์ประเภทต่างๆ	49
4.2 ค่าความแข็งแรงดึงของยางเมื่อใช้สารตกตะกอนกรดฟอร์มิคและ สารตกตะกอนเชิงพาณิชย์ประเภทต่างๆ	51
4.3 ค่าเปอร์เซ็นต์การยืด ณ จุดขาดของยางเมื่อใช้สารตกตะกอนกรดฟอร์มิคและ สารตกตะกอนเชิงพาณิชย์ประเภทต่างๆ	51
4.4 ค่าความคืนที่ 100% การยืดของยางเมื่อใช้สารตกตะกอนกรดฟอร์มิคและ สารตกตะกอนเชิงพาณิชย์ประเภทต่างๆ	52
4.5 ค่าความแข็งแรงกดของยางเมื่อใช้สารตกตะกอนกรดฟอร์มิคและ สารตกตะกอนเชิงพาณิชย์ประเภทต่างๆ	52
4.6 ยางแท่งมาตรฐาน STR 5L และยางแท่งที่ได้จากการใช้สารตกตะกอนกรดฟอร์มิค, Coagulant A, Coagulant B และ Coagulant C (ตามลำดับจากซ้ายไปขวา)	54
4.7 การขึ้นราชของยางจากการใช้สารตกตะกอนกรดฟอร์มิค, กรดฟอร์มิคผสม สารต้านเชื้อรา Nipacide® Bit 20 และกรดฟอร์มิคผสมสารต้านเชื้อราไกลออกซอล (จากซ้ายไปขวา) ระยะเวลา 1, 3, 6, 9, 12 และ 15 วัน ตามลำดับ (จากบนลงล่าง)	58
4.8 กราฟการเชื่อมโยงของยางเมื่อใช้สารตกตะกอนกรดฟอร์มิคที่มีการผสมสารต้านเชื้อรา	59
4.9 ค่าความแข็งแรงดึงของยางเมื่อใช้ตกตะกอนกรดฟอร์มิคและสารตกตะกอน กรดฟอร์มิคผสมสารต้านเชื้อราชนิดต่างๆ	61

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.10 ค่าเปอร์เซ็นต์การยึด ณ จุดขาดของยางเมื่อใช้สารตกตะกอนกรดฟอร์มิคและสารตกตะกอนกรดฟอร์มิคผสมสารต้านเชื้อราชนิดต่างๆ	61
4.11 ค่าความเค้นที่ 100% การยึดของยางเมื่อใช้สารตกตะกอนกรดฟอร์มิคและสารตกตะกอนกรดฟอร์มิคผสมสารต้านเชื้อราชนิดต่างๆ	62
4.12 ค่าความแข็งแรงกดของยางเมื่อใช้สารตกตะกอนกรดฟอร์มิคและสารตกตะกอนกรดฟอร์มิคผสมสารต้านเชื้อราชนิดต่างๆ	62
4.13 ยางแท่งมาตรฐาน STR 5L และยางแท่งที่ได้จากการใช้สารตกตะกอนกรดฟอร์มิค, กรดฟอร์มิคผสมสารต้านเชื้อรา Nipacide [®] Bit 20 และกรดฟอร์มิคผสมสารต้านเชื้อราไกลออกซอล (ตามลำดับจากซ้ายไปขวา)	64
4.14 กราฟการเชื่อมโยงของยางเมื่อใช้สารตกตะกอนกรดฟอร์มิคที่มีการผสมสารฟอกสีชนิดต่างๆ	66
4.15 ค่าความแข็งแรงดึงของยางเมื่อใช้สารตกตะกอนกรดฟอร์มิคและสารตกตะกอนกรดฟอร์มิคผสมสารฟอกสีชนิดต่างๆ	67
4.16 ค่าเปอร์เซ็นต์การยึด ณ จุดขาดของยางเมื่อใช้สารตกตะกอนกรดฟอร์มิคและสารตกตะกอนกรดฟอร์มิคผสมสารฟอกสีชนิดต่างๆ	68
4.17 ค่าความเค้นที่ 100% การยึดของยางเมื่อใช้สารตกตะกอนกรดฟอร์มิคและสารตกตะกอนกรดฟอร์มิคผสมสารฟอกสีชนิดต่างๆ	68
4.18 ค่าความแข็งแรงกดของยางเมื่อใช้สารตกตะกอนกรดฟอร์มิคและสารตกตะกอนกรดฟอร์มิคผสมสารฟอกสีชนิดต่างๆ	69
4.19 ยางแท่งมาตรฐาน STR 5L และยางดิบที่ได้จากการใช้สารตกตะกอนกรดฟอร์มิค, กรดฟอร์มิคผสมสารฟอกสี SHS และกรดฟอร์มิคผสมสารฟอกสี SMB (ตามลำดับจากซ้ายไปขวา)	70

สารบัญญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า	
4.20		
4.20	ยางก้อนถ้วยที่ได้ หลังจากผ่านไป 15 วัน จากการใส่สารละลายกรดฟอร์มิค (บนซ้าย), สารละลายกรดฟอร์มิคผสมสารต้านเชื้อรา Nipacide® Bit 20 และ สารฟอกสี SMB ในปริมาณ 0.1 (บนขวา), 0.2 (ล่างซ้าย) และ 0.4% (wt of DRC) (ล่างขวา)	72
4.21	กราฟการเชื่อมโยงของยางเมื่อใช้สารตกตะกอนกรดฟอร์มิคที่มีการผสม สารต้านเชื้อรา Nipacide® Bit 20 และสารฟอกสี SMB ในปริมาณต่างๆ	73
4.22	ค่าความแข็งแรงดึงของยางเมื่อใช้สารตกตะกอนกรดฟอร์มิคที่มีการผสม สารต้านเชื้อรา Nipacide® Bit 20 และสารฟอกสี SMB ในปริมาณต่างๆ	75
4.23	ค่าเปอร์เซ็นต์การยืด ณ จุดขาดของยางเมื่อใช้สารตกตะกอนกรดฟอร์มิคที่มี การผสมสารต้านเชื้อรา Nipacide® Bit 20 และสารฟอกสี SMB ในปริมาณต่างๆ	75
4.24	ค่าความเค้นที่ 100% การยืดของยางเมื่อใช้สารตกตะกอนกรดฟอร์มิคที่มี การผสมสารต้านเชื้อรา Nipacide® Bit 20 และสารฟอกสี SMB ในปริมาณต่างๆ	76
4.25	ค่าความแข็งกดของยางเมื่อใช้สารตกตะกอนกรดฟอร์มิคที่มีการผสม สารต้านเชื้อรา Nipacide® Bit 20 และสารฟอกสี SMB ในปริมาณต่างๆ	76
4.26	ยางแท่งมาตรฐาน STR 5L และยางดิบที่ได้จากการใช้สารตกตะกอนกรดฟอร์มิค, สารละลายกรดฟอร์มิคผสมสารต้านเชื้อรา Nipacide® Bit 20 และสารฟอกสี SMB ในปริมาณ 0.1, 0.2 และ 0.4% (wt of DRC) (ตามลำดับจากซ้ายไปขวา)	78

บทที่ 1

บทนำ

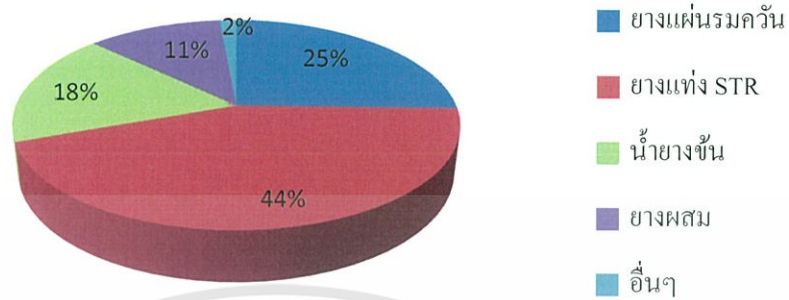
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

ยางพารา (Natural rubber, NR) เป็นพืชเศรษฐกิจและเป็นสินค้าส่งออกที่สำคัญที่สุดชนิดหนึ่งของประเทศไทย โดยในปี 2554 มีมูลค่าการส่งออกเกือบ 4 แสนล้านบาท เป็นอันดับหนึ่งของสินค้าเกษตรและเป็นอันดับสามของสินค้าส่งออกของไทย ปัจจุบันยางพาราได้ขยายพื้นที่ปลูกไปทั่วประเทศ โดยเฉพาะในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคเหนือจากข้อมูลของสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร ได้กล่าวถึงสถานการณ์ปี 2554 และแนวโน้มในปี 2555 ของยางพาราในตลาดโลกและในประเทศไทยไว้ ดังนี้ [1]

สถานการณ์ปี 2554 ประเทศผู้ผลิตยางพารารายใหญ่ของโลก 3 ประเทศ ได้แก่ ไทย อินโดนีเซีย และมาเลเซีย โดยประเทศไทยมีผลผลิตมากเป็นอันดับที่ 1 ของโลก รองลงมาได้แก่ อินโดนีเซีย และมาเลเซีย ตามลำดับ โดยความต้องการใช้ยางพาราในตลาดโลก เพิ่มขึ้นร้อยละ 1.89 ต่อปี ซึ่งประเทศที่มีความต้องการใช้ยางพารา คือ จีน กลุ่มประเทศสหภาพยุโรป อินเดีย สหรัฐอเมริกา และญี่ปุ่น สำหรับประเทศไทยนั้น มีนโยบายสนับสนุนการขยายเนื้อที่ปลูกยางพาราของรัฐบาล ทำให้เนื้อที่ปลูกยางพาราของไทยเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ปัจจุบันไทยมีเนื้อที่ปลูกยางพารามากเป็นอันดับ 2 ของโลกรองจากอินโดนีเซีย แต่ไทยเป็นประเทศที่มีผลผลิตยางพารามากที่สุดในโลก โดยเพิ่มขึ้นร้อยละ 1.07 ต่อปี ซึ่งสอดคล้องกับความต้องการใช้ยางพาราของไทยที่เพิ่มขึ้นร้อยละ 5.26 ต่อปี รวมทั้งการส่งออกยางพาราของไทยก็เพิ่มขึ้นร้อยละ 0.91 ต่อปี เนื่องจากความต้องการใช้ยางพาราในอุตสาหกรรมยานยนต์และอุตสาหกรรมต่อเนื่องของจีนและอินเดีย [1]

แนวโน้มปี 2555 คาดว่าผลผลิตยางพาราโลกจะเพิ่มขึ้น โดยอยู่ที่ 10.60 ล้านตัน ความต้องการของโลกเพิ่มขึ้นจากความต้องการใช้ยางพาราในอุตสาหกรรมยานยนต์และอุตสาหกรรมต่อเนื่องของจีนและอินเดีย ประกอบกับอุตสาหกรรมยานยนต์ในไทยเร่งการผลิต เพื่อชดเชยส่วนที่ขาดหายไปจากผลกระทบมหาอุทกภัยปลายปี 2554 ที่ผ่านมา สำหรับแนวโน้มประเทศไทยในปี 2555 นั้น มีเนื้อที่การปลูกยางพาราเพิ่มขึ้นร้อยละ 7.00 และมีผลผลิตเพิ่มขึ้นร้อยละ 8.72 ความต้องการใช้ยางพาราในไทยคาดว่าจะเพิ่มขึ้นเป็น 0.47 ล้านตัน ดังนั้นการส่งออกยางพาราของไทยก็จะเพิ่มขึ้นตามความต้องการใช้ยางพาราของตลาดโลก [1]

ปริมาณการส่งออกยางธรรมชาติของไทย ปี 2554



รูปที่ 1.1 ปริมาณการส่งออกยางธรรมชาติของประเทศไทยปี 2554 [2]

แต่เดิมประเทศไทยผลิตและส่งออกยางธรรมชาติเพียง 2 ชนิด คือ ยางแผ่นรมควันและยางเครพสีน้ำตาล ต่อมาในปี 2514 จึงเริ่มผลิตและส่งออกยางแท่งเป็นครั้งแรก หลังจากนั้นการผลิตและการบริโภคยางแท่งได้รับความนิยมเพิ่มขึ้น ประเทศไทยจึงเพิ่มอัตราการผลิตยางแท่งให้สูงขึ้น และลดอัตราการผลิตยางแผ่นรมควันให้ต่ำลง เพื่อใช้ในอุตสาหกรรมรถยนต์ อุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์ยางและอื่นๆ ทำให้ประเทศไทยเริ่มมีการพัฒนารูปแบบยางส่งออก คือ นอกจากผลิตยางแผ่นดิบแล้ว ยางก้อนถ้วย (Cuplump) (รูปที่ 1.2) ก็เป็นการผลิตอีกรูปแบบหนึ่งที่สามารถพัฒนาให้มีคุณภาพจนสามารถนำไปเป็นวัตถุดิบหลักในการผลิตยางแท่งมาตรฐาน STR (Standard Thai Rubber) ที่มีคุณภาพสูง เช่น ยางแท่งมาตรฐาน STR SL ได้ โดยมีต้นทุนการผลิตต่ำเพื่อรองรับการขยายตัวของตลาดยางแท่งที่นับวันจะมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้น ปัจจุบันการผลิตยางก้อนถ้วยมีการผลิตอย่างแพร่หลายในพื้นที่ต่างๆ โดยเฉพาะจังหวัดสุราษฎร์ธานี และจังหวัดหนองคาย สถาบันวิจัยยางจึงได้แนะนำและส่งเสริมเกษตรกร โดยเฉพาะแหล่งปลูกยางใหม่ให้ผลิตยางก้อนถ้วยเป็นทางเลือกใหม่ เนื่องจากผลิตง่าย ประหยัดค่าใช้จ่าย ใช้เวลาและแรงงานน้อย การผลิตยางก้อนถ้วยที่มีคุณภาพจะต้องมีลักษณะเป็นรูปถ้วย สะอาด สีสวย ไม่มีสิ่งปะปนและไม่มีกลิ่นเหม็น มีน้ำหนักประมาณ 80-500 กรัมซึ่งในอดีตกระบวนการผลิตยางก้อนถ้วยนั้นไม่มีการควบคุมความสะอาดและไม่มีมาตรฐานการเก็บยางก่อนนำไปจำหน่าย คือมีการใส่วัสดุต่างๆ ปลอมปนลงไปนยางก้อนถ้วย เช่น ใส่เปลือกยางเพื่อให้ยางจับตัวเร็วขึ้น ใส่เศษหิน ทราย ดิน ปูนขาวเพื่อเพิ่มน้ำหนักและไม่ใช้กรดในการจับตัวยาง ทำให้ยางจับตัวไม่สมบูรณ์ ยางก้อนถ้วยที่ได้จึงเป็นยางเกรดต่ำและมีราคาใกล้เคียงกับยางแผ่นดิบชั้น 3 เมื่อนำมาผลิตเป็นยางแท่งจึงมีความเป็นแปรรวนสูงมาก กรณีนี้จึงเป็นการเพิ่มต้นทุนการผลิตยางแท่งให้กับโรงงานในการกำจัดสิ่งสกปรกที่ติดมากับก้อนยางออก ปัจจุบัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เกษตรกรส่วนใหญ่มักใช้กรดฟอรั่มิกเป็นสารช่วยในการตกตะกอนของยางก้อนถ้วย ซึ่งทำให้น้ำยางสามารถจับตัวเป็นก้อนได้เร็ว แต่ไอรยะเหยจากรดชนิดนี้มีผลกระทบต่อระบบทางเดินหายใจ และถ้าหากใช้ไม่ระมัดระวัง กระเด็นไปถูกหน้ายางหรือหยดลงดินจะเป็นสาเหตุทำให้น้ำยางเปลือกแห้ง หน้ายางเสีย ดินเสื่อมสภาพ เนื่องจากมีปริมาณของกรดเหลือมากเกินไป [2]



รูปที่ 1.2 ยางก้อนถ้วย [2]

ตารางที่ 1.1 ปริมาณการส่งออกยางแท่ง STR 5L และ STR 20 ปี 2550-2555 [3]

ปี	STR 5L (ตัน)	STR 20 (ตัน)
2550	8,106	799,365
2551	9,363	811,111
2552	10,546	735,085
2553	8,270	827,696
2554	7,392	1,137,468
2555 (ม.ค.-ก.ย.)	3,985	847,413

ในงานวิจัยนี้จึงทำการศึกษาสารตกตะกอนสำหรับผลิตยางก้อนถ้วยให้มีเวลาในการจับตัวเป็นก้อนได้เร็ว สมบูรณ์ มีคุณภาพดี มีปริมาณของกรดเหลือน้อย ไม่เป็นอันตรายต่อคนและสิ่งแวดล้อม ทั้งยังเพิ่มสมบัติบางประการ ได้แก่ การต้านเชื้อรา และการฟอกสียาง เพื่อนำไปผลิตเป็นยางแท่งคุณภาพดี ซึ่งเป็นการช่วยเพิ่มมูลค่าการส่งออก (ตารางที่ 1.2) และช่วยลดต้นทุนของการผลิตยางแท่งวิธีหนึ่ง

ตารางที่ 1.2 มูลค่ายางส่งออกแยกตามประเภทปี 2550-2555 [3]

ปี	ยางแผ่นรมควัน (บาท)	ยางแท่ง (บาท)	น้ำยางข้น (บาท)	อื่น ๆ (บาท)	รวม (บาท)
2550	64,013,373,149	64,484,196,669	43,668,337,953	48,109,979	194,337,746,743
2551	69,174,063,291	88,100,005,627	46,163,943,352	3,045,029	223,628,230,013
2552	42,966,185,688	50,121,924,593	40,621,488,109	13,646,056	146,188,210,554
2553	72,929,821,833	96,595,622,939	59,406,496,607	12,087,209	249,262,498,556
2554	129,161,273,763	171,762,297,451	76,632,762,871	4,953,592	397,079,757,166
2555	68,898,061,352	129,912,463,505	61,506,466,968	11,448,899	270,153,816,792

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

เพื่อศึกษาสารตกตะกอนสำหรับยางธรรมชาติที่ใช้ในการผลิตยางก้อนถ้วย (Cuplump) คุณภาพดี โดยเน้นศึกษาปัจจัยต่างๆ เพื่อพัฒนาสารตกตะกอนเทียบกับสารตกตะกอนเชิงพาณิชย์

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

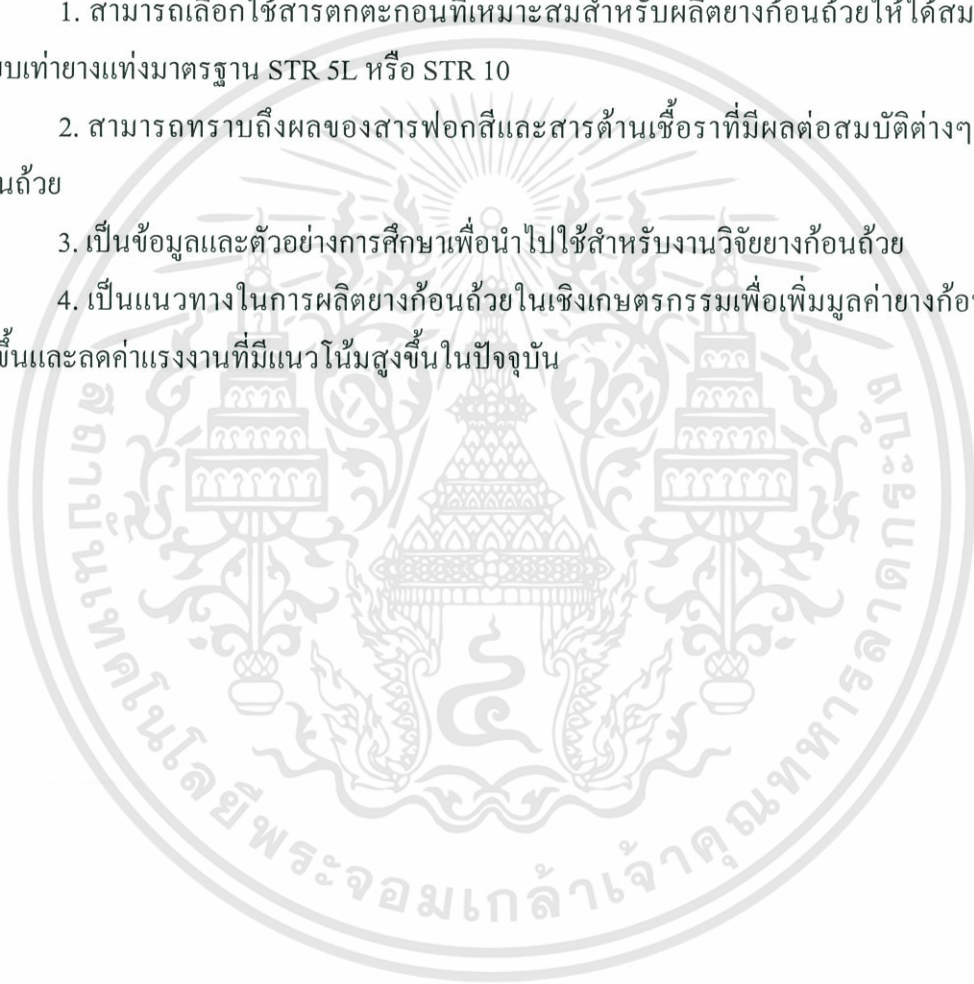
- ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
- เตรียมวัตถุดิบสำหรับผลิตยางก้อนถ้วย
- ศึกษาการใช้สารตกตะกอนกรดฟอร์มิกเปรียบเทียบกับสารตกตะกอนเชิงพาณิชย์
- ผสมสูตรยางดิบที่ได้จากยางก้อนถ้วย แล้วอัดขึ้นรูปร้อนยางผสมสูตรที่ได้ให้เป็นยางแผ่น จากนั้นทำการทดสอบสมบัติต่างๆ ของยางแผ่นที่เตรียมได้ ดังนี้
 - ลักษณะการเชื่อมโยง (Cure characteristic) เช่น t_{s2} , t_{c90} , CRI และ M_{HF}
 - สมบัติเชิงกล เช่น ความแข็งแรงดึง (Tensile strength), เปอร์เซ็นต์การยืด ณ จุดขาด (% Elongation at break), โมดูลัสของยาง (Rubber Modulus, M100) และความแข็งกด (Hardness)
 - ความต้านทานการเสื่อมสภาพอันเนื่องมาจากเชื้อจุลินทรีย์ (Testing of resistance to Microbiological Degradation)

- สมบัติตามมาตรฐานยางแห่งประเทศไทย (STR) เช่น ค่าความอ่อนตัวเริ่มแรก (Plasticity number, Po), ดัชนีความอ่อนตัว (Plasticity retention index, PRI) และสีโลวิบอนด์ (Lovibond Color)

- ศึกษาปริมาณของกรดที่เหลือจากการใช้สารตกตะกอน
- ศึกษาผลของชนิดสารต้านเชื้อราและสารฟอกสีที่มีผลต่อสมบัติต่างๆ ของยางก้อนถ้วย

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถเลือกใช้สารตกตะกอนที่เหมาะสมสำหรับผลิตยางก้อนถ้วยให้ได้สมบัติต่างๆ เทียบเท่ามาตรฐาน STR 5L หรือ STR 10
2. สามารถทราบถึงผลของสารฟอกสีและสารต้านเชื้อราที่มีผลต่อสมบัติต่างๆ ของยางก้อนถ้วย
3. เป็นข้อมูลและตัวอย่างการศึกษาเพื่อนำไปใช้สำหรับงานวิจัยยางก้อนถ้วย
4. เป็นแนวทางในการผลิตยางก้อนถ้วยในเชิงเกษตรกรรมเพื่อเพิ่มมูลค่ายางก้อนถ้วยให้สูงขึ้นและลดค่าแรงงานที่มีแนวโน้มสูงขึ้นในปัจจุบัน

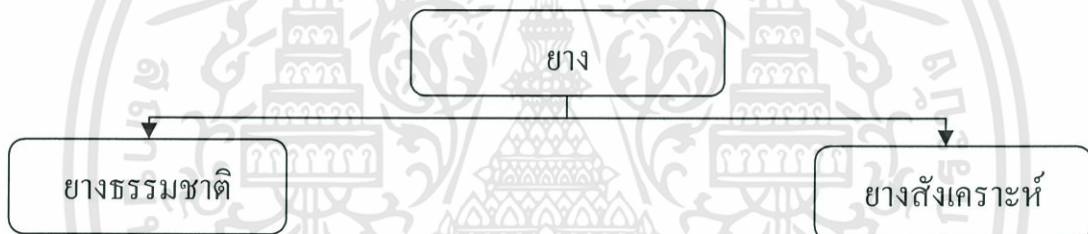


บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ยาง (Rubbers)

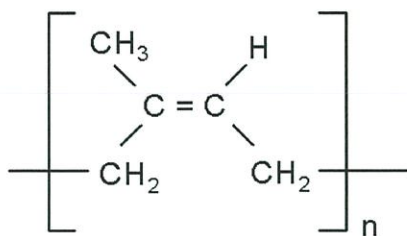
ยาง (Rubbers) หรืออีลาสโตเมอร์ (Elastomers) จัดเป็นวัสดุพอลิเมอร์ชนิดหนึ่งที่มีองค์ประกอบหลักเป็นไฮโดรเจนและคาร์บอน มีความยืดหยุ่นสูง กล่าวคือ เมื่อให้แรงกดอัดหรือแรงดึงสามารถเปลี่ยนรูปร่างหรือขนาดได้หลายเท่าและหดกลับสู่รูปร่างหรือขนาดเดิมได้อย่างรวดเร็วเมื่อปล่อยแรง ยางแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือยางที่มาจากธรรมชาติและยางที่มาจากสังเคราะห์จากปิโตรเลียม ปัจจุบันยางกลายเป็นวัสดุที่สำคัญชนิดหนึ่งเนื่องจากมีปริมาณการใช้มาก โดยเฉพาะในอุตสาหกรรมรถยนต์



รูปที่ 2.1 ประเภทของยาง

2.2 ยางธรรมชาติ (Natural rubber, NR)

ยางธรรมชาติ (Natural rubber, NR) มีชื่อทางวิทยาศาสตร์คือ *Hevea brasiliensis* มีชื่อทางเคมีคือ ซิส-1, 4-พอลิไอโซพรีน (cis-1, 4-polyisoprene) เป็นโมเลกุลที่ประกอบไปด้วยคาร์บอนและไฮโดรเจน ทำให้สมบัติไม่ทนต่อน้ำมัน เป็นฉนวนไฟฟ้าที่ดี มีความยืดหยุ่นสูง เมื่อแรงภายนอกที่มากระทำหมดไป จะสามารถกลับคืนสู่รูปร่างและขนาดเดิม (หรือใกล้เคียง) ได้อย่างรวดเร็ว



รูปที่ 2.2 สูตรโครงสร้างยางธรรมชาติ [4]

ใน 1 โมเลกุลจะประกอบด้วยหน่วยซ้ำกันของไอโซพรีน (C_5H_8) มาต่อกันเป็นสายโซ่ยาวแบบเส้นตรง ใน 1 หน่วยไอโซพรีนจะมีพันธะคู่และหมู่อัลฟาเมธิลีนที่ว่องไวต่อการเกิดปฏิกิริยา ทำให้สามารถวัลคาไนซ์ได้ด้วยกำมะถัน เกิดปฏิกิริยาได้ง่ายทั้งกับออกซิเจนและโอโซน ซึ่งเป็นสาเหตุที่ทำให้ยางเกิดการเสื่อมสภาพ นอกจากนี้ยังสามารถนำไปใช้งานที่อุณหภูมิต่ำมากได้ด้วย เนื่องจากมีอุณหภูมิเปลี่ยนสถานะคล้ายแก้วประมาณ -72°C มีน้ำหนักโมเลกุลเฉลี่ยสูงอยู่ในช่วง 200,000-400,000 และมีการกระจายตัวของน้ำหนักโมเลกุลที่กว้างมาก ทำให้ยางมีความแข็งแรงเกินไป ดังนั้นก่อนนำยางไปแปรรูปควรทำการบดยางก่อน [5]



รูปที่ 2.3 ต้นยางพาราและน้ำยาง [6]

2.3 น้ำยางธรรมชาติ (Natural rubber latex) [7]

น้ำยางธรรมชาติ (Natural rubber latex) มีลักษณะเป็นของเหลวสีขาวคล้ายน้ำนม มีสภาพเป็นคอลลอยด์หรือสารแขวนลอย มีความหนาแน่น 0.975-0.980 กรัมต่อมิลลิลิตร มีค่า pH ประมาณ 6.5-7.0 มีความหนืดประมาณ 12-15 centipoises นอกจากนี้ยังมีปริมาณของสารต่างๆ ที่ไม่คงที่รวมอยู่ด้วย ปกติน้ำยางสดจากต้นยางพาราจะมีปริมาณเนื้อยางแห้งประมาณ 20-45% เฉลี่ยประมาณ 33% แต่การทำให้เป็นน้ำยางข้นจะทำให้มีเนื้อยางแห้งเพิ่มขึ้นเป็น 60%

ตารางที่ 2.1 ตัวอย่างส่วนประกอบของน้ำยางธรรมชาติ [8]

ส่วนประกอบ	% โดยน้ำหนัก
เนื้อยางแห้ง (Dry Rubber Contents; DRC) –พอลิไอโซพรีน	33.0
โปรตีน	1.4
คาร์โบไฮเดรต	1.6
ไขมัน	1.0
ไกลโคไลปิด (Glycolipids) และฟอสโฟไลปิด (Phospholipids)	0.6
สารอินทรีย์	0.5
อื่นๆ	0.4
น้ำ	58.5

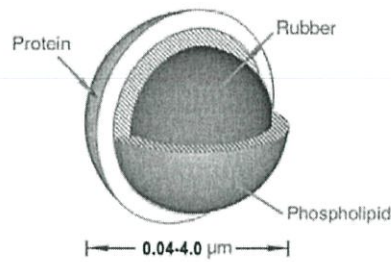
อนุภาคของยาง

อนุภาคยางส่วนใหญ่มีรูปร่างเป็นทรงกลมและอาจเป็นรูปลูกแพร์ โดยอาจมีขนาดตั้งแต่ 20-5000 nm ในส่วนที่เป็นยางประกอบด้วยสารต่างๆ ดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 ตัวอย่างองค์ประกอบของส่วนอนุภาคยางในน้ำยางสด [7]

องค์ประกอบ	% โดยน้ำหนัก
ยางไฮโดรคาร์บอน	86
น้ำ	10
สารโปรตีน	1
สารไลปิด	3

อนุภาคยางในน้ำยางสดมีส่วนห่อหุ้มชั้นในเป็นฟอสโฟไลปิด (Phospholipids) ซึ่งส่วนใหญ่เป็นชนิดเลคิติน (Lecithin) และชั้นนอกเป็นโปรตีน (Protein) ทั้งสองชั้นค่อนข้างจะผสมกันมากกว่าที่แสดงแยกชั้นชัดเจนตามรูปที่ 2.4 ซึ่งส่วนที่เป็นฟอสโฟลิปิด เป็นส่วนที่เชื่อมระหว่างผิวยางกับโปรตีน ฟอสโฟลิปิดอื่นที่พบในน้ำยางสด ได้แก่ Metal phosphatides และ Cephalins ที่เชื่อกันว่าเป็นประจุไฟฟ้าบนผิวอนุภาคยางในน้ำยางส่วนใหญ่ เนื่องจากส่วนของ Carboxylate anions ที่มาจากสาร โปรตีน (Proteineous substances)



รูปที่ 2.4 อนุภาคยางในน้ำยางสด [7]

ส่วนที่เป็นน้ำ

ส่วนที่เป็นน้ำของน้ำยางสดเป็นสารละลายที่มีความหนาแน่นประมาณ 1.020 mg/m^3 มีองค์ประกอบทางเคมีหลายชนิด ชนิดหลักๆ ได้แก่ Carbohydrates, Electrolytes, Proteins และ Amino acids

ส่วนที่เป็นลิวทอยด์

ลิวทอยด์ หรือ Viscoids เป็นอนุภาคที่ไม่ใช่ยาง รูปร่างเป็นทรงกลมมีเยื่อห่อหุ้ม มีปริมาณประมาณ 10-20% ของน้ำยาง ในทางเคมีลิวทอยด์ประกอบด้วยน้ำเป็นส่วนใหญ่ มีโปรตีนที่ละลายน้ำได้และไม่ได้และสุดท้ายเป็นฟอสโฟไลปิด ในน้ำยางที่มีการรักษาสภาพด้วยแอมโมเนียจะไม่พบลิวทอยด์ เนื่องจากเมื่อเติมแอมโมเนียลงในน้ำยางลิวทอยด์จะหายไป

2.3.1 การเสถียรภาพและรักษาสภาพของน้ำยางธรรมชาติ [7]

น้ำยางสดที่กรี๊ดได้จากต้นยาง สามารถคงสภาพเป็นน้ำยางอยู่ได้ไม่เกิน 6 ชั่วโมง หลังจากนั้นน้ำยางจะเสถียรภาพ คือ น้ำยางจะค่อยๆ หนืดขึ้น เนื่องจากอนุภาคของยางเริ่มจับตัวเป็นเม็ดเล็กๆ จนกลายเป็นก้อนใหญ่ขึ้น ซึ่งสามารถเกิดเองได้ตามธรรมชาติ เนื่องจากผิวของอนุภาคยางมีเยื่อหุ้มที่ประกอบด้วยไขมันและโปรตีน โดยแต่ละอนุภาคมีอนุโมลตบของโปรตีนอยู่รอบนอก ทำให้เกิดแรงผลักระหว่างอนุภาคยาง ซึ่งมีผลให้น้ำยางสามารถคงสภาพเป็นของเหลวได้ ดังนั้นเมื่อมีการทำลายเยื่อหุ้มอนุภาค จะทำให้อนุภาคยางที่แขวนลอยอยู่ในตัวกลางเกิดการรวมตัวจับกันเป็นก้อน และในส่วนของโปรตีนที่อยู่บริเวณผิวของอนุภาคยางนี้ จะมีส่วนประกอบของกำมะถัน (Cystinedisulphide linkage) อยู่ประมาณ 5% ดังนั้นขณะที่น้ำยางเกิดการเสถียรภาพจะเกิดการบดหน้าโดยโปรตีนในส่วนนี้จะสลายตัวให้สารประกอบพวกไฮโดรเจนซัลไฟด์และสารเมอร์แคปแทน (Mercaptan) ทำให้เกิดกลิ่นเหม็นขึ้น นอกจากนี้ปัจจัยอื่นๆ เช่น สภาพแวดล้อมและอุณหภูมิยังส่งผลทำให้น้ำยางจับตัวกันเป็นก้อนได้ด้วย ดังนั้นก่อนนำน้ำยางสดไปผลิตเป็นน้ำยางข้น จึงควรใส่สารรักษาสภาพน้ำยาง (Preservatives) ให้คงสถานะเป็นของเหลว สารที่นิยมใช้กันอย่างกว้างขวางคือ แอมโมเนีย การเติมแอมโมเนียประมาณ 0.1-0.2% โดยน้ำหนักในน้ำยางจะช่วยรักษาน้ำยางได้ 12-24 ชั่วโมง

2.4 ยางก้อนถ้วย (Cuplump)

ยางก้อนหรือยางก้นถ้วยหรือยางก้อนถ้วย คือ ยางที่เมื่อกรีดยังน้ำยางแล้วมีการใส่สารเคมีจำพวกกรดลงไปเพื่อให้ยางจับตัวกันเป็นก้อน ปัจจุบันชาวสวนยางพาราสามารถเลือกขายยางได้หลากหลายรูปแบบ ทั้งน้ำยางสด ยางแผ่นดิบ ยางแผ่นรมควันและยางก้อนถ้วย โดยเกษตรกรในแหล่งปลูกยางเก่าทางพื้นที่ภาคใต้และภาคตะวันออกส่วนใหญ่จะขายยางในรูปของยางแผ่นดิบและยางแผ่นรมควัน ขณะที่เกษตรกรในแหล่งปลูกยางใหม่ โดยเฉพาะภาคตะวันออกเฉียงเหนือจะนิยมขายยางในรูปของยางก้อนถ้วย ซึ่งยางก้อนถ้วยนี้สามารถนำมาพัฒนาคุณภาพให้ตรงกับความต้องการของโรงงานผลิตยางแท่งได้ ซึ่งจะทำให้ขายได้ในราคาดีขึ้นแต่ถ้ายางก้อนถ้วยที่นำมาผลิตนั้นไม่ได้คุณภาพ ก็มีสิ่งปลอมปน เช่น เปลือกกรีดยาง เศษไม้ หิน ดินอยู่มากจะทำให้ต้นทุนการผลิตยางแท่งสูงตามด้วย เนื่องจากต้องเสียเวลาและพลังงานในการกำจัดสิ่งสกปรกที่ติดมากับก้อนยาง โดยยางก้อนถ้วยที่ได้มาตรฐานนั้นจะต้องมีลักษณะเป็นรูปถ้วย สะอาด มีสีสวยตามธรรมชาติ ไม่มีสิ่งเจือปน ไม่มีกลิ่น มีเปอร์เซ็นต์เนื้อยางแห้งไม่ต่ำกว่า 58% และมีน้ำหนักประมาณ 80-500 กรัม [2]



รูปที่ 2.5 ยางก้อนถ้วย [2]

ข้อดีของการผลิตยางก้อนถ้วย

- ขั้นตอนในการทำงานง่าย
- ใช้น้ำน้อย
- ประหยัดเวลา
- ประหยัดแรงงาน ต้นทุนการผลิตต่ำ
- มีตลาดรับซื้อรองรับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.1 สารเคมีสำหรับตกตะกอนยางก้อนถ้วย

2.4.1.1 กรดฟอร์มิก (Formic acid, HCOOH) [9]

กรดฟอร์มิกหรือกรดมด เป็นกรดอินทรีย์ (Organic acid) ชนิดหนึ่ง อาจเรียกว่า Methanoic acid เป็น Carboxylic acid ที่มีโมเลกุลเล็กที่สุด นิยมใช้เพื่อให้ยางแข็งตัวและได้ยางแผ่นที่มีคุณภาพดีตรงตามความต้องการของผู้ซื้อหรือโรงงานอุตสาหกรรม จึงมักเลือกใช้ “กรดฟอร์มิก” ชนิดความเข้มข้น 90% (มีตั้งแต่ 85-94%) มีคุณสมบัติแตกต่างจากกรดชนิดอื่นคือ ไม่มีสี กลิ่นฉุนจัด หากสูดดมจะแสบจมูกอย่างรุนแรง และละลายน้ำได้ดีมาก

ปริมาณที่แนะนำ: กรดความเข้มข้น 3% ปริมาตร 15-20 มิลลิลิตร

ข้อดี

- ยางแผ่นแข็งตัวสม่ำเสมอ หากทำให้เจือจางด้วยน้ำสะอาดที่ถูกต้อง
- สามารถระเหยได้ ไม่ตกค้างในแผ่นยาง
- ไม่ทำให้แผ่นยางเหนียวเหนอะ
- สมบัติและความยืดหยุ่นของแผ่นยางคงเดิม
- ไม่ทำให้โรงเรือนและแผ่นยางมีกลิ่นเหม็น
- ไม่ทำให้เครื่องมือและอุปกรณ์เสียหายมากนัก จะทำให้อายุการใช้งานยาวนาน

ข้อเสีย

- กรดฟอร์มิกมีราคาแพง
- การบรรจุถังใหญ่น้ำหนัก 30 กิโลกรัม ทำให้ร้านค้าต้องแบ่งมาใส่แกลอนขนาดเล็กอีกที

2.4.1.2 กรดซัลฟูริก (Sulfuric acid, H₂SO₄) [9]

กรดซัลฟูริกหรือกรดกำมะถัน เป็นกรดอนินทรีย์ชนิดหนึ่ง เวลาสลายตัวจะมีอนุภาคซัลฟาทของธาตุกำมะถันเหลือตกค้าง ทำให้คุณภาพยางเสื่อมได้ เนื่องจากกรดกำมะถันเป็นกรดแก่ มีอำนาจการกัดกร่อนสูง เวลาใช้ต้องเจือจางมากๆ ไม่เช่นนั้นหากถูกผิวหนังจะกัดหรือไหม้ หากกระเหยเข้าตาจะทำให้เกิดการระคายเคืองหรือตาบอดได้ ถึงแม้ว่าสามารถผลิตกรดซัลฟูริกความเข้มข้น 100% แต่จะมีการสูญเสีย SO₃ ที่จุดเดือดทำให้กรดที่ได้เหลือความเข้มข้นประมาณ 98.3% กรดความเข้มข้น 98% มีเสถียรภาพมากในการเก็บรักษา รูปแบบผลิตภัณฑ์นี้ของกรดจะถูกเรียกว่า กรดซัลฟูริกเข้มข้น (concentrated sulfuric acid)

ข้อดี

- หาซื้อได้ง่าย ราคาถูก
- บรรจุแกลอนขนาดเล็ก สะดวกต่อการใช้งาน

ข้อเสีย

- มีอันตรายต่อผู้ใช้ และสิ่งแวดล้อม
- ทำให้ยางเหนียวแข็ง ขาดง่าย
- ทำให้แผ่นยางมีสีเหลืองซีด ยางก้อนมีสีคล้ำ (ไม่แนะนำให้ทำยางแผ่น)

2.4.1.3 กรดอะซิติก (Acetic acid, CH_3COOH) [10]

กรดอะซิติกหรือกรดน้ำส้ม (Acetic acid) เป็นสารประกอบเคมีอินทรีย์ชนิดหนึ่งที่มีอยู่ในน้ำส้มสายชู (ไม่ใช่พืชตระกูลส้มซึ่งให้กรดซิตริก) มีรสเปรี้ยวกลิ่นฉุนน้อยกว่ากรดซัลฟูริก และกรรพอร์มิก แข็งตัวที่อุณหภูมิต่ำกว่า $16.7\text{ }^{\circ}\text{C}$ มีลักษณะเป็นผลึกใส มีฤทธิ์กัดกร่อน ไอของกรดสามารถทำให้ตาและจมูกระคายเคือง แต่ยังมีฤทธิ์เป็นกรดอ่อนหากละลายน้ำราคาแพงกว่ากรรพอร์มิก ทำให้ไม่ค่อยนิยมใช้เพราะต้องเตรียมความเข้มข้นเป็น 2 เท่าของกรรพอร์มิก

ปริมาณที่แนะนำ: กรดความเข้มข้น 6% ปริมาตร 15 มิลลิลิตร

2.4.1.4 เกลือของแคลเซียม [10]

ในกระบวนการผลิตที่ใช้วิธีจุ่มแบบพิมพ์ซึ่งใช้ผลิตผลิตภัณฑ์ฟิล์มบาง เช่น ถุงมือถุงยาง จะเริ่มทำโดยการจุ่มแม่แบบลงในสารจับตัวของน้ำยางก่อนแล้วจึงจุ่มลงในถังน้ำยางคอมปาวด์ ซึ่งการใช้สารจับตัวของน้ำยางนี้จะช่วยให้ยางติดแม่แบบได้ดีขึ้นและยังช่วยให้ถอดชิ้นงานออกจากแม่แบบได้ง่ายขึ้นอีกด้วย ปัจจุบันการจับตัวในกระบวนการจุ่มมักจะใช้เกลือของแคลเซียม เช่น แคลเซียมไนเตรด ($\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$), แคลเซียมคลอไรด์ (CaCl_2)

ข้อดี

- หาซื้อง่าย ราคาถูก
- มีประสิทธิภาพในการจับยางดี
- ไม่เป็นอันตรายต่อสุขภาพของผู้บริโภค

ข้อเสีย

- วัสดุที่ได้มีความหนาเกินไป

2.4.2 การผลิตยางก้อนด้วย [10, 11]

การเตรียมน้ำกรด

ใช้กรรพอร์มิกเข้มข้น 94% ทำให้เจือจางเหลือ 3% โดยใช้กรดเข้มข้น 2 ซ้อนแกงผสมน้ำสะอาด 3 กระป๋องนม จะได้กรดเจือจาง 900 ลบ.ซม. (ซีซี) ใช้ผสมกับน้ำยางในถ้วยได้ 45-50 ต้น/ครั้งกรีด

การผลิตยางก้อนถ้วยนั้นมีหลายรูปแบบในการทำให้น้ำยางจับตัว ดังนี้

1. การทำยางก้อนถ้วยบนต้นยาง

วิธีที่ 1: การหยอดน้ำกรดลงในถ้วยรับน้ำยางก่อนการกรีดยาง มีวิธีการดังนี้

1. กรีดยางครั้งแรกเพื่อเตรียมน้ำเลี้ยงเซรุ่ม โดยกรีดยางลงในถ้วยแล้วปล่อยให้แข็งตัวตามธรรมชาติเป็นเวลา 2 วัน
2. แคะยางก้อนถ้วยขึ้นเสียบกับลวดที่รองรับถ้วยน้ำยาง
3. หยดน้ำกรดเจือจางความเข้มข้นประมาณ 10% (กรดฟอร์มิก 90% อัตรา 10 ซีซีต่อน้ำสะอาด 90 ซีซี) 1 ครั้งบีบ (ประมาณ 12-15 ซีซี) ลงในถ้วยที่มีน้ำเลี้ยงเซรุ่ม
4. กรีดยาง ระวังอย่าให้สิ่งสกปรกตกลงในถ้วยรับน้ำยาง กรีดยางจนหมดทั้งแปลงแล้วจึงกลับมาเก็บยางก้อนที่เสียบไว้ใส่ภาชนะ
5. ยางที่กรีดยางไว้ปล่อยให้แข็งตัว แล้วจึงเก็บในวันถัดไป
6. เก็บก้อนยางรวบรวมใส่ภาชนะ แล้วค่อนนำมาผึ่งในร่มเพื่อไม่ให้ก้อนยางติดกัน ประมาณ 7-10 วัน จึงจะสามารถจำหน่ายได้

วิธีที่ 2: การหยอดน้ำกรดลงในน้ำยางหลังจากน้ำยางหยุดไหล มีวิธีการดังนี้

1. กรีดยางทั้งแปลงให้น้ำยางไหลปกติ
2. เมื่อน้ำยางหยุดไหลจึงหยอดกรดลงในถ้วยรับน้ำยาง 1 ครั้งบีบ (ประมาณ 12-15 ซีซี) คนให้เข้ากัน



รูปที่ 2.6 การหยอดน้ำกรดลงในน้ำยางหลังจากหยุดไหล [11]

3. ปล่อยให้ถ้วยน้ำยางจับตัวเป็นก้อนในถ้วย
4. เมื่อกรีดยางครั้งต่อไปเก็บก้อนยางที่เสียบลวดไว้ใส่ลงภาชนะ จากนั้นค่อนนำมาผึ่งลม และในขณะที่เก็บจะต้องทำการแคะยางก้อนในถ้วยขึ้นมาเสียบด้วยลวด

วิธีที่ 3: การหยอดน้ำกรวดลงในน้ำยางหลังจากน้ำยางหยุดไหล ซึ่งจะเหมือนกับวิธีที่ 2 แต่แตกต่างกันตรงที่วิธีที่ 3 นี้จะกริดน้ำยางลงในถ้วยแล้วหยอดกรวดให้จับตัว ทำเช่นนี้หลายๆ ครั้ง คือกริดประมาณ 3-4 ครั้งจนกว่าจะได้ยางก้อนเต็มถ้วยแล้วค่อยแกะก้อนยางออก

2. การทำยางก้อนถ้วยในโรงเรือน เป็นการผลิตยางก้อนถ้วยที่ได้คุณภาพดีที่สุด ซึ่งมีวิธีการผลิตดังนี้

1. เก็บรวบรวมน้ำยางจากต้นยาง แล้วนำมาที่โรงเรือนสำหรับการทำการผลิตยางก้อนถ้วย
2. กรองน้ำยางให้สะอาดโดยใช้วิธีเดียวกันกับการผลิตยางแผ่นดิบ
3. นำถ้วยรับน้ำยางที่ผ่านการทำความสะอาดแล้ววางเรียงบน โต๊ะหรือบนพื้นที่เรียบสม่ำเสมอ
4. เทน้ำยางที่ผ่านการกรองแล้วลงในถ้วยรับน้ำยาง ถ้วยละ 300 ซีซี



รูปที่ 2.7 การเทน้ำยาง [11]

5. เทน้ำกรวดที่เจือจางแล้วลงในถ้วยน้ำยาง อัตรา 24 ซีซี (3 ชั้นแกง) ต่อน้ำยาง 1 ถ้วย (300 ซีซี) กวนให้เข้ากันดีด้วยพายขนาดเล็กแต่ไม่ต้องปิดฝาอากาศออก



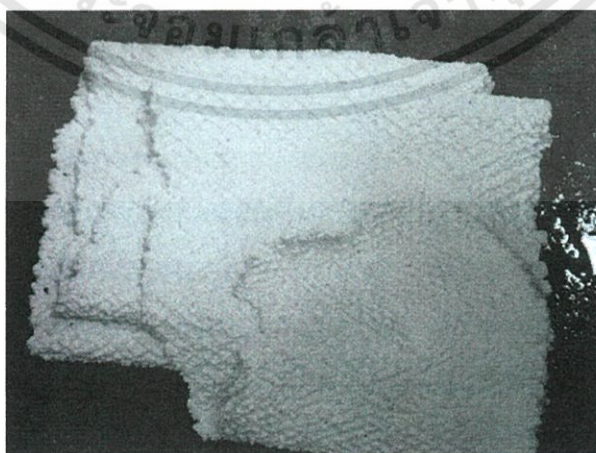
รูปที่ 2.8 การกวนน้ำยาง [11]

6. ทิ้งไว้ให้จับตัวเป็นก้อน วันรุ่งขึ้นจึงนำไปแขวนไว้บนราวให้แห้งประมาณ 7-10 วันก็สามารถนำไปจำหน่ายได้

2.4.3 การใช้ประโยชน์จากยางก้อนถ้วย [12]

ยางเครพ

ยางเครพเป็นยางดิบประเภทหนึ่งที่เกิดได้จากยางก้อนถ้วย ยางก้อน เศษยาง จนถึงยางที่มีคุณภาพต่ำกว่า จึงทำให้เกิดยางเครพคุณภาพต่างๆ มากมายไว้สำหรับให้ผู้ใช้เลือกใช้งานตามความเหมาะสม เช่น นำมาใช้แปรรูปเป็นวัตถุดิบเริ่มต้นในการผลิตผลิตภัณฑ์ยางพาราโดยตรง ได้แก่ ยางเครพขาวหรือยางเครพสีจาง ซึ่งสามารถนำมาใช้ผลิตอุปกรณ์เครื่องมือแพทย์ ผลิตภัณฑ์ที่ต้องการสีอ่อน ส่วนยางเครพสีน้ำตาลชนิดบางสามารถนำมาใช้เป็นวัตถุดิบเริ่มต้นในการผลิตยางแท่งมาตรฐานที่ไม่ต้องใช้กระบวนการอบด้วยความร้อน ซึ่งยางแท่งที่ได้จากกระบวนการนี้มีสมบัติด้านความยืดหยุ่นดีกว่ายางแท่งที่มีกระบวนการผลิตโดยผ่านการอบด้วยความร้อน และถ้ามีการควบคุมกระบวนการผลิตที่ดีสามารถผลิตเป็นยางแท่งที่มีคุณภาพสูง เช่น ยางแท่งเกรด STR 5 หรือ STR 10 ได้ นอกจากนี้เมื่อพิจารณากระบวนการผลิตยางเครพชนิดบางจากยางก้อนถ้วยคุณภาพดีต่อเนื่องไปจนถึงกระบวนการนำยางเครพที่ได้ไปผลิตเป็นยางแท่งมาตรฐาน จะเห็นว่ากระบวนการดังกล่าวก่อให้เกิดมลภาวะน้อยกว่าและพลังงานที่ใช้ในการผลิตจะน้อยกว่าการผลิตยางแท่งมาตรฐานปกติ เนื่องจากเมื่อเกษตรกรผลิตยางก้อนถ้วยคุณภาพดี จากนั้นนำไปผลิตเป็นยางเครพสีน้ำตาลทันที จึงมีโอกาที่จะเกิดการปนเปื้อนของสิ่งสกปรกน้อยลง ทำให้ลดขั้นตอนการหมักของวัตถุดิบและลดพลังงานในการคัดแยกสิ่งสกปรกออกจากวัตถุดิบของกระบวนการผลิตยางแท่ง ผลพลอยได้ที่ตามมา คือ ทำให้เกิดกลิ่นลดลง และเมื่อไม่ต้องการใช้ความร้อนในการอบให้แห้งจะช่วยลดการใช้พลังงานได้ด้วย



รูปที่ 2.9 ยางเครพที่ผลิตได้จากยางก้อนถ้วยคุณภาพดี [12]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มาตรฐานยางเครพจากยางก้อนด้วยคุณภาพดี

1. ต้องผลิตจากยางก้อนด้วยสดคุณภาพดีที่มีอายุการเก็บไม่เกิน 3 วัน
2. มีขนาดกว้างประมาณ 25-28 นิ้ว มีความหนาประมาณ 1-3 มม. มีความยาว 5-10 มม.
3. ไม่มีสิ่งปลอมปนใดๆ ปรากฏบนแผ่นยาง
4. มีปริมาณความชื้นไม่เกินกว่า 2.5%

การจัดชั้นยางเครพที่ผลิตจากยางก้อนด้วยคุณภาพดี

ใช้วิธีการตัดสีกันด้วยสายตาและเพื่อให้ได้มาตรฐานเดียวกัน โดยใช้ความหนาของแผ่นยาง ความสะอาดของแผ่นยาง ขนาดเม็ดยาง ความชื้นในแผ่นยาง ขนาดของจุดขาวบนแผ่นยางและเนื้อยาง สีของแผ่นยาง ความยาวของแผ่นยาง และความเหนียวแน่นของแผ่นยางเป็นหลักเกณฑ์ในการพิจารณา

ยางแท่ง

ยางแท่งผลิตมาจากวัตถุดิบ เช่น ยางก้อนด้วยและยางแผ่นดิบ การพิจารณาคุณภาพของยางแท่งนั้นต่างจากยางแผ่นรมควัน โดยการวัดคุณภาพของยางแท่งจะใช้วิธีการทดสอบทางเคมีเพื่อทราบถึงคุณภาพทางเทคนิคยางแท่งมีอยู่สองประเภทหลัก คือ Standard Thai Rubber (STR) และ Standard Indonesian Rubber (SIR) สำหรับประเทศไทยได้กำหนดมาตรฐานยางแท่งเป็น STR (Standard Thai Rubber) จำแนกออกเป็น 6 ประเภทคือ STR XL, STR 5L, STR 5, STR 10, STR 20 และ STR CV โดยยางแท่ง STR 20 เป็นประเภทยางแท่งที่มีปริมาณส่งออกมากที่สุดของไทย ทั้งนี้ยางแท่งส่วนใหญ่นำไปใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตยางยานพาหนะและปัจจุบันประเทศผู้ซื้อมีแนวโน้มเปลี่ยนมาใช้ยางแท่งทดแทนยางแผ่นรมควันมากขึ้นเพราะยางแท่งมีการกำหนดคุณภาพเป็นมาตรฐานดีกว่ายางแผ่นรมควันทำให้ได้ผลผลิตที่ดีขึ้น นำไปแปรรูปได้ง่ายกว่าและขนส่งเคลื่อนย้ายโดยเครื่องจักรได้สะดวกกว่ายางแผ่นที่ต้องระมัดระวังมิให้ฉีกขาด อีกทั้งราคาโดยเฉลี่ยยังถูกกว่ายางแผ่นรมควัน

ข้อดีของการใช้ยางก้อนด้วยมาตรฐานแทนการใช้ยางแผ่นดิบในการผลิตยางแท่ง คือ

- ช่วยให้ต้นทุนการผลิตยางแท่ง STR 5/10/20 ลดลง
- ราคาของยางก้อนด้วยมาตรฐานไม่ขึ้นลงตามราคาของยางแผ่นรมควันเพราะฉะนั้นการผลิตยางแท่ง STR 5/10 ไม่มีผลกระทบเช่นเดียวกัน
- ช่วยให้อัตราการผลิตยางแท่ง STR 5/10 ของประเทศสูงขึ้น

2.5 การปรับปรุงสมบัติยาง

2.5.1 การฟอกสียาง

สารที่ทำให้เกิดสีในน้ำยางคือ สารบีตา-แคโรทีน (β -Carotene) ซึ่งมีสีเหลืองอ่อน ดังนั้น หากต้องการให้ยางมีสีขาวจะต้องทำการฟอกสียางด้วยสารเคมี เช่น สารในกลุ่มซัลไฟต์, Xylylmercaptan (0.05% wt) หรือ Totylmercaptan (0.05% wt) ก่อนการทำให้ยางจับตัวกันเป็นก้อน ด้วยกรด จึงจะได้ยางที่มีคุณภาพและราคาค่าก่อนข้างสูง

2.5.1.1 สารในกลุ่มซัลไฟต์

สารในกลุ่มซัลไฟต์ (Sulfites) อาจเรียกว่า Sulfiting agent มักใช้เป็น

1. สารกันเสีย (Preservative) ที่มีประสิทธิภาพสูง ราคาถูก ง่ายต่อการใช้งาน ช่วยยับยั้งการเจริญเติบโตของ ยีสต์ (Yeast) รา (Mold) และแบคทีเรีย (Bacteria)
2. วัตถุกันหืนและแอนติออกซิแดนซ์ (Antioxidant) ช่วยยับยั้งปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลเนื่องจากเอนไซม์ (Enzymatic browning reaction) และปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่ไม่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์ (Non-enzymatic browning reaction) มักใช้ในการถนอมอาหาร
3. สารฟอกขาว (Bleaching agent) ตัวอย่างเช่น

2.5.1.1.1. โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ (Sodium metabisulfite, $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$)

โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์เป็นสารกันเสียและสารแอนติออกซิแดนซ์ (Antioxidant) ช่วยยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่ไม่ต้องการ ป้องกันจุดดำอันเนื่องมาจากการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันกับอากาศ [13]



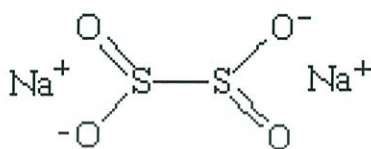
รูปที่ 2.10 โครงสร้างทางเคมีของโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ [13]

ลักษณะทั่วไป: เป็นผลึกร่วนหรือผงผลึกหรือเม็ดเล็กๆ สีขาวหรือไม่มีสี มีกลิ่นซัลเฟอร์ไดออกไซด์ สามารถออกซิไดซ์ได้ในอากาศที่ละน้อย เกิดเป็นซัลเฟต ละลายได้ในน้ำ แต่ไม่ละลายในแอลกอฮอล์ มีน้ำหนักโมเลกุล 190.10 pH 3.5-5 [13]

ปริมาณการใช้: เติมสารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์เข้มข้น 5% โดยน้ำหนักต่อปริมาตร ในปริมาณ 0.05–0.08 กรัมต่อน้ำหนักของเนื้อยางแห้ง 100 กรัม เพื่อป้องกันการเกิดปฏิกิริยาของเอนไซม์ในน้ำยางซึ่งทำให้ยางมีสีคล้ำ [13]

2.5.1.1.2. โซเดียมไฮโดรซัลไฟต์ (Sodium hydrosulfite, $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$) [14]

มีชื่อตาม IUPAC คือ โซเดียมไดไธโอไนต์ (Sodium dithionite) ชื่ออื่นๆ ได้แก่ Dithionous acid; disodium salt; Sodium dithionite hydrate; Sodium sulfoxylate; Reductone; Sulfoxylate; Virtex L; Hydrolin; D-Ox; Vatrolite; ผงซักฟุ้ง



รูปที่ 2.11 โครงสร้างทางเคมีของโซเดียมไฮโดรซัลไฟต์ [14]

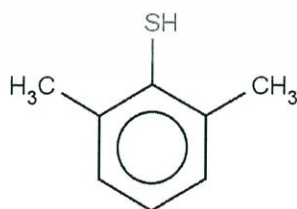
ลักษณะทั่วไป: เป็นสารเคมีที่เป็นพิษ มีลักษณะเป็นผงผลึกสีขาว มีกลิ่นฉุนของกำมะถันอ่อนๆ ละลายได้ในน้ำ ไม่ละลายในแอลกอฮอล์ มีความหนาแน่น 2.19 กรัมต่อมิลลิลิตร จุดหลอมเหลว $52\text{ }^{\circ}\text{C}$ มีความคงตัวดี แต่จะสลายตัวในน้ำร้อนและสารละลายที่เป็นกรด ในรูปสารละลายจะมีคุณสมบัติเป็นสารรีดิวซ์ มีน้ำหนักโมเลกุล 174.097 สลายตัวได้ง่ายเมื่อสัมผัสกับความชื้นและไวต่อการทำปฏิกิริยากับออกซิเจนในอากาศ

ข้อควรระวัง: โซเดียมไฮโดรซัลไฟต์ สามารถถูกออกซิไดซ์ได้ในอากาศ และความชื้น เกิดเป็นโซเดียมไบซัลไฟต์ซึ่งทำให้เกิดความเป็นพิษต่อร่างกาย สารที่เข้ากันไม่ได้คือ สารออกซิไดซ์อย่างแรงและกรดแก่ นอกจากนี้สารนี้ยังเป็นสารไวไฟ เมื่อเกิดเพลิงไหม้ให้ใช้คาร์บอนไดออกไซด์ ผงเคมีแห้ง (น้ำจะใช้ไม่ได้ผล)

2.5.1.2. ซิลิลเมอร์แคปแทน (Xylilmercaptan, $\text{C}_8\text{H}_{10}\text{S}$) [15]

มีชื่อตาม IUPAC คือ 2, 6-ไดเมทิลเบนซีนไธออล (2, 6-Dimethylbenzenethiol)

ลักษณะทั่วไป: เป็นของเหลวสีเหลืองอ่อนๆ มีกลิ่นฉุน ละลายได้ดีในไขมัน ละลายในน้ำได้เพียงเล็กน้อย มีความหนาแน่น 1.038 กรัมต่อมิลลิลิตร จุดเดือด $122\text{ }^{\circ}\text{C}$ จุดวาบไฟ $86\text{ }^{\circ}\text{C}$ มีน้ำหนักโมเลกุล 138.23



รูปที่ 2.12 โครงสร้างทางเคมีของซิลิลเมอร์แคปแทน [15]

ปริมาณการใช้: เติมสารละลายโซลิตเมอร์แคปเทนเข้มข้น 0.05% โดยน้ำหนักต่อ

ปริมาตร

2.5.2 การต้านเชื้อรา

ในอุตสาหกรรมยางพารามีการใช้ประโยชน์จากวัตถุดิบหลายอย่าง ทั้งในรูปของยางแผ่นและน้ำยางข้น โดยถ้าหากมีการการปนเปื้อนของเชื้อราบนแผ่นยางพาราดิบจะส่งผลให้แผ่นยางพาราดิบมีราคาถูกลง ดังนั้นจึงมีการเติมสารเคมีบางชนิดลงไปเพื่อประโยชน์ในการใช้งานด้านต่างๆ เช่น สารที่มีฤทธิ์ป้องกันเชื้อราและจุลินทรีย์ต่างๆ สารเคมีในกลุ่มนี้ได้แก่ สารพวก Chlorinated phenol, น้ำส้มควันไม้, พาราโนโตรฟินอล, โซเดียมเมตาไบซัลไฟด์ เป็นต้น

2.5.2.1 ออร์โท-คลอโรฟินอล (o-Chlorophenol, $C_6H_4Cl(OH)$) [16, 17]

สารประกอบ Chlorinated phenol มีลักษณะเป็นของแข็งที่อุณหภูมิห้อง ละลายได้ดีในตัวทำละลายอินทรีย์ มีความเป็นพิษ ซึ่งพิษของมันช่วยยับยั้งแบคทีเรีย รา และการสลายตัวทางธรรมชาติ มีประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อสูง ใช้ได้ 2 รูปคือ water-soluble Na-salts กับ water-insoluble phenols

ลักษณะทั่วไป: เป็นสารประกอบฮาโลเจนอินทรีย์ชนิดหนึ่ง มีลักษณะเป็นของเหลวสีเหลืองใส ละลายน้ำได้เล็กน้อยเสถียรภายใต้สภาวะปกติ

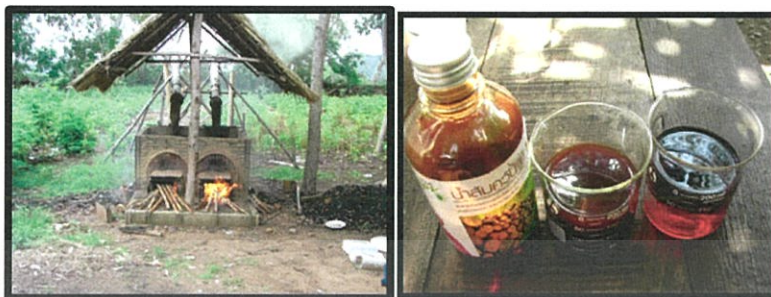
ปริมาณการใช้: เติมสารละลายออร์โท-คลอโรฟินอลปริมาณ 0.5-5.0 phr

2.5.2.2 น้ำส้มควันไม้ (Wood vinegar) [18]

น้ำส้มควันไม้มีชื่อเรียกทางวิทยาศาสตร์ว่า Pyroligneous acid หรือที่รู้จักกันในชื่อของ smoke acid หรือ wood vinegar โดยมีองค์ประกอบทางเคมีมากกว่า 200 ชนิด ได้แก่ กรดอะซิติก, เมทานอล, ฟอร์มัลดีไฮด์, ฟีนอล เป็นต้น นอกจากการใช้น้ำส้มควันไม้เป็นสารสำหรับแต่งกลิ่นควันในอาหารตามที่คณะกรรมการอาหารและยาของสหรัฐอเมริกา (FDA) อนุญาตให้ใช้แล้ว ยังพบอีกว่าน้ำส้มควันไม้มีคุณสมบัติในการทำให้เกิดการจับตัวกันของน้ำยางและสามารถป้องกันเชื้อราบนเนื้อไม้ได้ดี ซึ่งน้ำส้มควันไม้นี้เป็นผลพลอยได้จากการเผาถ่านไม้โดยได้จากการควบแน่นควันที่เกิดจากการเผาถ่าน มีลักษณะเป็นของเหลวสีน้ำตาลใส มีความเป็นกรด มีกลิ่นควันไฟ สามารถใช้เป็นสารเคมีทดแทนหรือสารเติมแต่งเพื่อปรับปรุงคุณภาพการผลิตยางแผ่นและยางแท่ง

ปริมาณการใช้: จากผลการทดลองพบว่า น้ำส้มควันไม้ที่มีความเข้มข้น 7% โดยปริมาตร เวลาจุ่มแช่ชิ้นยาง 120 ชั่วโมง เป็นสภาวะที่เหมาะสมที่ใช้ในการปรับปรุงคุณภาพและ

ป้องกันเชื้อราในยางแห้งได้ดี เนื่องจากองค์ประกอบทางเคมีของน้ำส้มควันไม้ไม่มีกรดแอสซิติคและฟีนอลอยู่

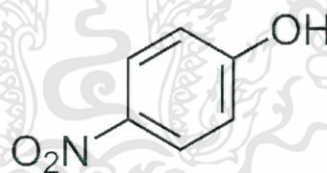


รูปที่ 2.13 น้ำส้มควันไม้ [18]

2.5.2.3 พาราไนโตรฟีนอล (p-Nitrophenol, $C_6H_5NO_3$) [19]

ลักษณะทั่วไป: เป็นผลึกของแข็งละเอียด สีเหลืองอ่อน ไม่มีกลิ่น ละลายในน้ำเย็น และคาร์บอนไดออกไซด์ได้เล็กน้อย ละลายได้ดีในน้ำร้อน, เบนซีนร้อน, แอลกอฮอล์, อะซิโตน, โทลูอินและคาร์บอนเตตระไฮไดรด์ เป็นต้น มีความหนาแน่นสูงกว่าน้ำ เสถียรแต่ไม่รวมเป็นเนื้อเดียวกันกับตัวออกซิไดซ์แรง, เบสแก่, สารอินทรีย์, ตัวรีดิวซึ่งกว่า 87% มักจะใช้ในการผลิต Ethyl และ Methyl parathions ซึ่งโดยธรรมชาติตัวมันเองมักจะทำหน้าที่ในการต้านเชื้อราอยู่แล้ว

ปริมาณการใช้: แนะนำให้ใช้สารละลายพาราไนโตรฟีนอลความเข้มข้น 0.1% โดยน้ำหนักต่อปริมาตร



รูปที่ 2.14 พาราไนโตรฟีนอล (para-nitrophenol) [19]

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ปรีดีเปรม ทศนุกุล [20] ทำการศึกษาผลเสียของการใช้น้ำหมักชีวภาพและน้ำส้มควันไม้ในการจับตัวยาง พบว่า

กรณีที่ 1 การใช้น้ำส้มควันไม้ในการจับตัวยางเพื่อยับยั้งเชื้อราในการทำยางแผ่นดิบ

กรรมวิธีที่ 1 ผสมน้ำส้มควันไม้กับน้ำยางสดทดแทนการจับตัวด้วยกรดฟอร์มิก ให้ผลว่า การใช้กรดฟอร์มิกในอัตรา 0.6% ต่อปริมาณเนื้อยางแห้ง (DRC) ที่มีค่า pH เท่ากับ 2 ยางแผ่นสามารถจับตัวได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อย่างสมบูรณ์ภายใน 45 นาที หลังจากผึ่งแผ่นยาง 15 วันขึ้นไป จะเริ่มพบเชื้อรากระจายอยู่ทั่วแผ่น ในปริมาณเล็กน้อย แผ่นยางที่ได้มีสีเหลืองใส เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้น้ำส้มควันไม้ที่มี pH เท่ากับ 3 ในอัตรา 1, 3, 5, 7 และ 9% ต่อ DRC จะใช้เวลาในการจับตัวนานถึง 10, 8, 4.5, 4.3 และ 4.3 ชั่วโมง ตามลำดับ ซึ่งการใช้น้ำส้มควันไม้ในอัตราความเข้มข้นที่สูงขึ้นจะใช้เวลาในการจับตัวสั้นลง แต่การจับตัวจะเกิดไม่สมบูรณ์ เนื้อยางมีรูพรุน และยังจับตัวนานกว่ากรดฟอร์มิค 5-10 เท่า นอกจากนี้การใช้น้ำส้มควันไม้ในอัตราที่มากถึง 9% ต่อ DRC ยังไม่ช่วยต้านเชื้อราและส่งผลให้แผ่นยางทึบแสงอีกด้วย

เมื่อนำยางแผ่นดิบจากการใช้กรดฟอร์มิคและน้ำส้มควันไม้ไปคัดชั้นยาง พบว่ายางแผ่นดิบที่ใช้กรดฟอร์มิคจัดเป็นยางแผ่นดิบคุณภาพดี ขณะที่ยางแผ่นดิบที่จับตัวด้วยน้ำส้มควันไม้ แผ่นยางจะมีสีคล้ำ ดำ-ดำ

กรรมวิธีที่ 2 ศึกษาปริมาณเชื้อราบนแผ่นยางหลังจากนำยางแผ่นดิบที่รีดเสร็จใหม่จุ่มในน้ำส้มควันไม้ ในอัตราความเข้มข้นต่างๆ กันในอัตรา 0, 1, 2, 3, 4 และ 5% ปริมาตรต่อปริมาตร (v/v) ให้ผลว่ายางแผ่นดิบที่จับตัวด้วยกรดจะขึ้นราหลังจากผึ่งไว้นานถึง 15 วัน โดยพบทั้งราขาวและราสนิม ร้อยละ 80 ของพื้นที่บนผิวแผ่นและตามขอบ ส่วนยางแผ่นดิบที่จุ่มในน้ำส้มควันไม้ทุกระดับความเข้มข้น พบราขาวร้อยละ 80 ของพื้นที่ ส่วนราสนิมที่ปรากฏในแผ่นยางพบร้อยละ 30-50

ยางแผ่นดิบที่จุ่มในน้ำส้มควันไม้ในอัตรา 1, 2, 3, 4 และ 5% v/v มีค่าปริมาณสิ่งสกปรกสูงกว่าและมีสีคล้ำกว่ายางแผ่นดิบที่จับตัวด้วยกรด ส่วนสมบัติอื่นๆ เช่น ปริมาณเถ้า สิ่งระเหย ความอ่อนตัว และความหนืด มีค่าที่ไม่แตกต่างกัน แสดงว่าการนำยางแผ่นดิบจุ่มในน้ำส้มควันไม้ใน ระดับความเข้มข้นสูง นอกจากจะทำให้ยางแผ่นมีสิ่งสกปรกติดตามผิวของแผ่นยางมากขึ้นแล้วยังไม่สามารถยับยั้งเชื้อราขาวแต่มีแนวโน้มยับยั้งราสนิมได้เพียงเล็กน้อย

กรรมวิธีที่ 3 ทดลองแช่ยางแผ่นดิบในน้ำส้มควันไม้หลังจากผึ่งยางแผ่นดิบนาน 1 วัน ในอัตราและระยะเวลาที่ต่างๆ กัน เพื่อศึกษาความสามารถในการดูดซับน้ำส้มควันไม้ในการต้านเชื้อรา ให้ผลว่ายางแผ่นดิบที่แห้งแล้วในระดับหนึ่ง เมื่อนำมาแช่ในน้ำส้มควันไม้ในอัตรา 0, 1, 2, 3, 4 และ 5% v/v ตามระยะเวลาในการแช่ที่ 0, 1, 2 และ 3 ตามลำดับ ที่ทุกความเข้มข้นไม่สามารถต้านเชื้อราได้ โดยเฉพาะราขาวซึ่งปรากฏอยู่ทั่วแผ่นและบริเวณขอบ นอกจากนี้ยังพบราสนิมในแผ่นยางอีกด้วย และการใช้ระดับความเข้มข้นของน้ำส้มควันไม้ที่สูงขึ้นจะทำให้ยางแผ่นมีสีคล้ำมากขึ้น

กรณีที่ 2 การใช้น้ำหมักชีวภาพทดแทนการจับตัวด้วยกรดในการผลิตยางแผ่นดิบและยางก้อนถ้วย **กรรมวิธีที่ 1** ใช้น้ำหมักชีวภาพผสมกับน้ำยางสดทดแทนการจับตัวด้วยกรดในการผลิตยางแผ่นดิบ ให้ผลว่า การใช้น้ำหมักชีวภาพในอัตรา 1, 3, 5, 7 และ 9% ต่อ DRC โดยที่ 9% ต่อ DRC จะใช้เวลาในการจับตัวเพียง 20 นาที แต่เป็นการจับตัวที่ไม่สมบูรณ์ เซรุ่มที่ได้ขาวขุ่น เนื้อยางมีรูพรุน แผ่นยางที่แห้งแล้วมีสีคล้ำ ไม่โปร่งแสงและหลังจากตั้งทิ้งไว้ 15 วันจะพบเชื้อราปรากฏอยู่ที่แผ่นยาง ในขณะที่ยางแผ่นที่จับตัวด้วยกรดฟอร์มิค ใช้เวลาในการจับตัว 45 นาที เนื้อยางที่ได้แน่น ยืดหยุ่นดี แผ่นยางเมื่อแห้งแล้วมีสีเหลือง โปร่งใส สีสวยกว่ามาก แต่พบเชื้อราบนยางแผ่นเช่นกัน นอกจากนี้ หากนำยางแผ่นที่ได้ไปจัดชั้นจะพบว่า ยางแผ่นที่จับตัวด้วยกรดฟอร์มิคจัดเป็นยางแผ่นคุณภาพดี ขณะที่ยางแผ่นที่จับตัวด้วยน้ำหมักชีวภาพร่วมกับกรดฟอร์มิคในอัตรา 0.2% ต่อ DRC จัดเป็นยางแผ่นคุณภาพด้อย ที่มีปริมาณความชื้น ค่าสี ค่าความสกปรกและค่าความหนืดสูง ซึ่งอาจเป็นผลจากการที่มีส่วนผสมของกากน้ำตาลร่วมกับสารชนิดอื่น ทำให้เกิดพันธะทางเคมีระหว่าง โมเลกุลยางกับ หมูไฮดรอกซิลซึ่งเป็นหมูมีขี้ จะมียาค่าเพิ่มขึ้นตามปริมาณของคาร์โบไฮเดรตซึ่งอยู่ในกากน้ำตาล

กรรมวิธีที่ 2 ใช้น้ำหมักชีวภาพในการผลิตยางก้อนถ้วย ให้ผลว่า ลักษณะยางก้อนถ้วยที่ใส่น้ำหมักชีวภาพในอัตรา 10-40 มล. ยางจะจับตัวไม่สมบูรณ์ น้ำเซรุ่มมีสีขาวขุ่น เนื้อยางมีรูพรุน และอัตราที่ 50 มล. ยางจับตัวดี เนื้อยางแน่น ยืดหยุ่นดี ยางก้อนถ้วยมีสีขาว แต่น้ำเซรุ่มยังขาวขุ่นอยู่ หลังจากผึ่งนาน 2 วัน ยางก้อนมีสีคล้ำจนถึงสีน้ำตาลไหม้ หลังจากผึ่งนาน 1 สัปดาห์ ก้อนยางจะแน่นแข็ง สีน้ำตาลเข้มและคล้ำกว่าการจับตัวด้วยกรด ซึ่งถ้านำไปผลิตเป็นยางเครพและนำไปทดสอบสมบัติทางกายภาพแล้วทำการเปรียบเทียบกัน จะเห็นว่า ยางก้อนถ้วยที่จับตัวด้วยน้ำหมักชีวภาพจะมีปริมาณสิ่งสกปรกสูงกว่ายางก้อนถ้วยที่จับตัวด้วยกรด ส่วนค่าความอ่อนตัวมีค่าไม่แตกต่างกัน สำหรับปริมาณสิ่งระเหย ปริมาณเถ้าและปริมาณไนโตรเจน จะมีค่าสูงกว่ายางที่จับตัวด้วยกรดทุกกรณี แสดงว่ายางอาจมีความชื้นหลงเหลืออยู่ข้างในในปริมาณที่มากกว่า และมีสารอินทรีย์อยู่ในยางปริมาณที่มากกว่าด้วยเช่นกัน

นอกจากนี้ยังได้ศึกษาการใช้เกลือแคลเซียมในการผลิตยางก้อนถ้วย โดยนำเกลือแคลเซียมคลอไรด์ที่ใช้สำหรับผลิตยางก้อนถ้วยในอัตรา 0, 1, 3, 5, 7 และ 9% ต่อ DRC เปรียบเทียบกับการใช้กรดฟอร์มิค 0.6% ต่อ DRC ซึ่งเป็นอัตราแนะนำ โดยมีการสังเกตลักษณะที่เกิดขึ้นทางกายภาพและนำมาผลิตเป็นยางเครพเพื่อทดสอบสมบัติเทียบกับมาตรฐานยางแท่ง STR และสมบัติการคงรูป ทดสอบความยืดหยุ่น ความทนแรงดึง ความทนต่อแรงยืดจนขาด ความแข็ง และความหนืด จากการศึกษาพบว่า การจับตัวน้ำยางสดด้วยกรดฟอร์มิคจะให้คุณภาพยางก้อนถ้วยที่ดีกว่าการจับตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ด้วยเกลือแคลเซียมคลอไรด์ เนื่องจากได้ยางแห้งที่สะอาด ความยืดหยุ่นดี ปริมาณความชื้นอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนด มีสีของยางแห้ง ไม่คล้ำมากนัก จัดอยู่ในเกรดยางแห้ง STR 10 ในขณะที่การใช้เกลือแคลเซียมคลอไรด์ จะได้ยางที่มีลักษณะแข็งกระด้าง ขาดความยืดหยุ่นก่อนยางมีสีคล้ำ มีการจับตัวที่ไม่สมบูรณ์เนื่องจากผิวหน้าก้อนยางเหนียวเยิ้ม และจากการทดสอบตามมาตรฐานเมื่อเปรียบเทียบกับยางแห้ง STR 10 พบว่า ยางก้อนถ้วยที่ได้จากเกลือแคลเซียมคลอไรด์ในทุกความเข้มข้นจะมีปริมาณความชื้นที่สูงกว่ามาตรฐาน และมีปริมาณความอ่อนตัวเริ่มแรก ดัชนีความอ่อนตัวอยู่ในระดับต่ำมาก แสดงถึงยางขาดความยืดหยุ่น ทำให้ยางมีลักษณะเปื่อยยุ่ย ขาดความคงทน และยังมี ความเหนียวที่ต่ำมาก นอกจากนี้ยางก้อนถ้วยที่จับตัวด้วยเกลือแคลเซียมคลอไรด์ทุกความเข้มข้นจะมีค่าการทนต่อแรงยืดจนขาดทั้งก่อนบ่มเร่งและหลังบ่มเร่งต่ำกว่ายางก้อนที่ใช้กรดฟอร์มิคในการจับตัวมาก ซึ่งส่งผลกระทบต่อตรงต่อการนำยางเหล่านี้ไปทำเป็นผลิตภัณฑ์และก่อให้เกิดความเสียหายต่อกระบวนการผลิตและผลกระทบต่อผู้นำยางไปใช้

น้ำทิพย์ รัตนวรรณ [18] ทำการศึกษาการใช้ น้ำส้มควันไม้ เป็นสารเติมเพื่อปรับปรุงคุณภาพ และป้องกันการเชื้อราในกระบวนการผลิตยางแห้งซึ่งทำการทดลองบนฐานของการจุ่มแช่และไม่จุ่มแช่ชิ้นยางในน้ำส้มควันไม้ โดยใช้ความเข้มข้นและระยะเวลาในการจุ่มแช่เป็น 0-10% v/v ที่ 24, 48, 72 และ 120 ชั่วโมงตามลำดับ พบว่า สภาพที่เหมาะสมในการใช้น้ำส้มควันไม้ในกระบวนการผลิตยางแห้งและส่งผลดีต่อสมบัติยางแห้ง คือที่ความเข้มข้น 7% v/v และเวลาในการจุ่มแช่ชิ้นยาง 120 ชั่วโมง นอกจากนี้ยังพบอีกว่าน้ำส้มควันไม้มีความสามารถในการต้านเชื้อราในยางแห้ง ทั้งนี้เนื่องจากมีกรดอะซิติกและฟีนอลเป็นองค์ประกอบทางเคมีอยู่ในน้ำส้มควันไม้

จากปริมาณสิ่งสกปรกซึ่งเป็นสมบัติที่ใช้ในการจำแนกชั้นยาง ให้ผลว่า ที่ความเข้มข้นเดียวกัน ระยะเวลาในการจุ่มแช่นานขึ้นปริมาณสิ่งสกปรกจะลดลง โดยระยะเวลาในการจุ่มแช่ 24 ชั่วโมง ปริมาณสิ่งสกปรกจะลดลงอย่างมีนัยสำคัญ เนื่องจากชิ้นยางมีเวลาในการสัมผัสกับสารละลายนาน ทำให้ปริมาณสิ่งสกปรกออกมาได้มากขึ้น และเมื่อพิจารณาที่ระยะเวลาเดียวกันแต่ความเข้มข้นต่างกัน พบว่าความเข้มข้นของสารละลายที่มากขึ้น ปริมาณสารอินทรีย์มากขึ้นทำให้สารละลายบางตัวที่สามารถละลายได้ในสารละลายเกิดการละลายได้มากขึ้น ส่งผลให้ปริมาณสิ่งสกปรกลดลงที่ความเข้มข้นของน้ำส้มควันไม้ 7% v/v

ที่ความเข้มข้นเดียวกันและระยะเวลาในการจุ่มแช่ชิ้นยางนานขึ้นส่งผลให้ค่าปริมาณเถ้าของยางลดลงที่ระยะเวลาในการจุ่มแช่ 24 ชั่วโมงและเมื่อพิจารณาความเข้มข้นของน้ำส้มควันไม้

พบว่าความเข้มข้นของน้ำส้มควันไม้ไม่ได้ส่งผลต่อปริมาณเถ้าทั้งนี้เนื่องจากองค์ประกอบของน้ำส้มควันไม้

ที่ความเข้มข้นเดียวกันและระยะเวลาในการจุ่มแช่ขึ้นยาวนานขึ้นส่งผลให้ค่าความอ่อนตัวเริ่มต้นของยางเพิ่มขึ้น ทั้งนี้เนื่องมาจากสารประกอบที่มีอยู่ในน้ำส้มควันไม้ เช่น กรดอะซิติก, ฟีนอล และสารจำพวกหมู่อัลดีไฮด์ สัมผัสกับชิ้นงานนาน ซึ่งสารจำพวกหมู่อัลดีไฮด์จะทำปฏิกิริยากับหมู่เอมีนที่มีอยู่ในยางส่งผลต่อการเชื่อมโยงของโมเลกุลของยาง ทำให้ค่าความอ่อนตัวเริ่มต้นของยางมีค่าสูงขึ้นที่ระยะเวลาในการจุ่มแช่ 24 ชั่วโมง และเมื่อพิจารณาที่เวลาเดียวกันแต่ความเข้มข้นต่างกันค่าความอ่อนตัวเริ่มต้นของยางเพิ่มขึ้นเมื่อความเข้มข้นของน้ำส้มควันไม้เพิ่มขึ้นโดยเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญที่ความเข้มข้น 7% v/v ทั้งนี้เนื่องจากองค์ประกอบของน้ำส้มควันไม้

เมื่อทำการจุ่มแช่ยางลงในน้ำส้มควันไม้ ค่าดัชนีความอ่อนตัวของยางจะมีค่าเพิ่มขึ้น โดยเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจนที่ 24 ชั่วโมง ทั้งนี้เนื่องจากน้ำส้มควันไม้มีสารแอนติออกซิเดนต์จึงส่งผลให้ค่าดัชนีความอ่อนตัวของยางที่ผ่านการจุ่มแช่น้ำส้มควันไม้มีค่าสูงขึ้น ส่วนความหนืดของยางพบว่าการใช้น้ำส้มควันไม้ในการจุ่มแช่ยางก่อนเข้าสู่กระบวนการผลิตยางแท่งส่งผลต่อค่าความหนืดมูนนี้ของยางซึ่งจะมีค่าเพิ่มขึ้นจากความหนืดของยางที่ไม่ผ่านการจุ่มแช่น้ำส้มควันไม้ แต่ยังไม่สามารถอธิบายได้ชัดเจน เนื่องจากองค์ประกอบในน้ำส้มควันไม้มีอยู่มากมาย

อรอนงค์ แซ่ฮั่น [21] ทำการศึกษาวัฏกรรมจากอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ เพื่อแก้ไขปัญหายางพาราชั้นราที่ทำแผ่นยางดิบราคาตก ให้ได้แผ่นยางขาวใส ไร้เชื้อรา โดยการผสมอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ในน้ำยางพาราดิบ ซึ่งทำการทดลองในสัดส่วน 1, 2, 3 และ 4 กรัมกับน้ำยาง 150 มิลลิลิตรและน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร หลังจากนั้นนำน้ำยางที่ได้มารีดเป็นแผ่นยางแล้วนำไปตากในที่ที่ไม่มีลมพัดผ่าน จะเห็นว่าแผ่นยางพาราที่ได้มีลักษณะสีใสมำเสมอ ไม่มีกลิ่นเหม็นและไม่พบเชื้อราบนแผ่นยางพารา ซึ่งนอกจากนาโนซิงค์ออกไซด์จะมีคุณสมบัติในการต้านเชื้อราแล้วยังทนความร้อนและป้องกันรังสีอัลตราไวโอเล็ตหรือยูวีได้อีกด้วย อีกทั้งยังช่วยลดต้นทุนเนื่องจากเป็นผลิตผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมหลักที่มีอยู่ในประเทศไทยอยู่แล้ว และไม่เป็นอันตรายต่อคนซึ่งรู้จักกันทั่วไปในชื่อ “กาลามายด์”



รูปที่ 2.15 เชื้อราที่พบบนแผ่นยางพาราดิบผึ่งแห้ง (ซ้าย) และแผ่นยางพาราดิบผึ่งแห้งกับปริมาณอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ต่างๆ (ขวา) [21]

อรัญ หันพงษ์กิตติกุล [22] ทำการศึกษาหาสาเหตุและป้องกันการเจริญของเชื้อราบนยางแผ่น พบว่า สารเคมีต้านราทั้ง 13 ชนิด คือ กรดอะซิติก, แอมโมเนียมคาร์บอเนต, แคลเซียมไฮดรอกไซด์, แคลเซียมไฮดรอกไซด์, โพแทสเซียมซอร์เบต, โพแทสเซียมเบนโซเอต, โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์, โซเดียมไนเตรต, โซเดียมอะซิเตต, น้ำส้มควันไม้ 3 ชนิด และพาราโนโตฟินอลกับเชื้อรา 27 ชนิดที่แยกได้จากยางแผ่น ให้ผลว่า กรดอะซิติก, โพแทสเซียมซอร์เบต, โพแทสเซียมเบนโซเอต, โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ และน้ำส้มควันไม้จากไม้ไผ่ สามารถต้านการเจริญเติบโตของเชื้อราได้ แต่เมื่อทำการทดลองโดยเก็บแผ่นยางไว้ที่ความชื้นสัมพัทธ์ห้อง 70.7% และ 80% ที่อุณหภูมิห้อง พบว่า โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ 5% สามารถช่วยต้านการเจริญเติบโตของเชื้อราได้และยังทำให้แผ่นยางมีสีขาวขึ้นด้วย

ศรีสุภา โรจน์เสถียร [23] ทำการศึกษาผลของน้ำมะพร้าวหมักและกรดอะซิติกต่อการจับตัวของยางพาราในการผลิตยางแผ่นดิบ โดยนำน้ำมะพร้าวหมักผสมกับน้ำยางพาราในภาชนะขนาด $5 \times 10 \times 15$ ลบ.ซม. พบเนื้อยางพาราจับตัวกันได้ดี จึงทำการทดลองต่อในภาชนะขนาด $8 \times 20 \times 35$ ลบ.ซม. ซึ่งเป็นภาชนะมาตรฐาน โดยศึกษาถึงอัตราส่วนของน้ำมะพร้าวหมัก (น้ำมะพร้าวหมัก: น้ำตาล) และอัตราส่วนการผสมของน้ำมะพร้าวหมักต่อน้ำยางพาราต่อน้ำ พบว่าที่อัตราส่วนของน้ำมะพร้าวหมัก 16 ส่วน: น้ำตาล 1 ส่วน ระยะเวลาการหมัก 22 วัน น้ำยางพาราสามารถจับตัวเป็นก้อนสมบูรณ์ได้เร็วเฉลี่ย 18 นาที แผ่นยางที่ได้มีคุณภาพดี มีสีเหลืองอมน้ำตาลอ่อนอย่างสม่ำเสมอทั้งแผ่น ส่วนอัตราส่วนน้ำยางพารา: น้ำมะพร้าวหมัก: น้ำ ทั้ง 3 แบบคือ 4: 2: 1, 4: 1.5: 2 และ 4: 2: 2 นั้น ช่วยให้น้ำยางพาราจับตัวได้ดีในเวลาที่ไม่ต่างกันมากนัก จึงใช้ได้ทุกอัตราส่วนโดยพิจารณาตามความเหมาะสม และเมื่อนำยางแผ่นที่ผ่านการจับตัวด้วยกรดอะซิติกและน้ำมะพร้าวหมักไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทดสอบคุณภาพ จะพบว่ายางแผ่นที่ได้มีคุณภาพใกล้เคียงกัน ทั้งในส่วนของสีที่ได้ (Lovibond color) ค่าความอ่อนตัวเริ่มแรก ปริมาณไนโตรเจน สิ่งระเหยและเถ้าซึ่งน้ำมะพร้าวหมักช่วยให้เนือ ยางจับตัวเป็นก้อนเร็วกว่าการใช้กรดอะซิดิก (กรดน้ำส้ม) ถึง 8 เท่า แต่อย่างไรก็ตามทางเลือกใหม่นี้ เหมาะต่อภาคอุตสาหกรรมยางพาราในครัวเรือนเท่านั้นและถ้าหากจะนำไปใช้ในภาคอุตสาหกรรม ขนาดใหญ่จะต้องทำการศึกษาเพิ่มเติมว่าสารชนิดใดในน้ำมะพร้าวที่ช่วยให้น้ำยางจับตัวกัน

ศุภชัย นิลคำ [24] ทำการศึกษาการจับตัวของธรรมชาติด้วยน้ำหมักชีวภาพ โดยมีกรนำน้ำ หมักชีวภาพจากผลไม้ที่มีความเข้มข้น 1.2% และ 4.0% โดยปริมาตร และน้ำหมักชีวภาพจากพืช สีเขียวที่มีความเข้มข้น 1.2% โดยปริมาตรมาใช้ในการจับตัวยางแท่งกรดฟอร์มิก พบว่า เมื่อใช้น้ำ หมักชีวภาพ ยางจะจับตัวเป็นก้อนใช้เวลาเฉลี่ย 2 นาที ซึ่งน้ำหมักทั้งสองชนิดใช้เวลาในการจับตัว ยางธรรมชาติเร็วกว่าการใช้กรดฟอร์มิกที่ใช้เวลาเฉลี่ย 50 นาที ทั้งนี้ยังมีจากการทดสอบคุณภาพ ของยางก้อนถ้วยตามมาตรฐานยางแท่งพบว่า ยางที่ได้จากการจับตัวด้วยน้ำหมักชีวภาพมีปริมาณสิ่ง สกปรก ปริมาณเถ้า ปริมาณไนโตรเจน และปริมาณสิ่งระเหยใกล้เคียงกับการใช้กรดฟอร์มิก แต่ ความอ่อนตัวเริ่มแรก มีดัชนีความอ่อนตัวของยาง และค่าความหนืดที่ต่ำกว่ายางที่จับตัวด้วยกรด ฟอร์มิก และการใช้น้ำหมักชีวภาพกระตุ้นการจับตัวของน้ำยางธรรมชาติเทียบกับการใช้กรด ฟอร์มิก สามารถลดต้นทุนลงได้มากกว่า 50%

อรพินท์ ชัยกำพลเลิศ, สมบัติ ธนะวันต์ และสุวิณ อภิชาติพัฒนศิริ [25] ศึกษาสารช่วยจับตัว ชนิดใหม่ในการจับตัวน้ำยางธรรมชาติ เพื่อเปรียบเทียบกับกรใช้กรดฟอร์มิก ซึ่งสารที่นำมาศึกษา ได้แก่ 6% กรดฟอร์มิก, 2% กรดซัลฟูริก, กรดซัลฟูริกเข้มข้น, เมทานอล, ลิเทียมไฮดรอกไซด์, 10% แคลเซียมคลอไรด์ และสารประกอบควอเทอร์นารีแอมโมเนียม (Quaternary ammonium : TBA-HSO₄ และ HDP-Cl) โดยมีกรนำยางแห้งที่ได้จากการจับตัวจากสารประเภทต่างๆ มาทดสอบความ อ่อนตัวเริ่มแรก (Wallace plasticity, Po), ดัชนีความอ่อนตัวของยาง (Plasticity Retention Index, PRI) และลักษณะการเชื่อมโยง (Cure characteristic) จากผลการทดลองพบว่า ยางแห้งที่ได้จากการ จับตัวด้วยสารประกอบควอเทอร์นารีแอมโมเนียม, เมทานอล, และลิเทียมไฮดรอกไซด์มีสมบัติ ใกล้เคียงกันกับการใช้กรดฟอร์มิก ในขณะที่ยางแห้งที่ได้จากการจับตัวด้วยกรดซัลฟูริกเข้มข้นและ แคลเซียมคลอไรด์มีค่าความหนืดมูนี้สูงแต่ค่าดัชนีความอ่อนตัวของยางมีค่าต่ำ นอกจากนี้ยาง คอมพาวด์ที่ได้จากการจับตัวด้วยลิเทียมไฮดรอกไซด์และสารประกอบควอเทอร์นารีแอมโมเนียมจะ มีเวลาเริ่มเชื่อมโยงสั้น (Scorch time) ซึ่งตรงกันข้ามกับยางคอมพาวด์ที่ได้จากการจับตัวด้วยกรด ซัลฟูริกเข้มข้นที่มีเวลาเริ่มเชื่อมโยงนาน เนื่องจากกรจะหน่วงการเชื่อมโยง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Sajeev John, Joeju Issac และ Rani Joseph [26] ศึกษาสมบัติเชิงกลจากการตกตะกอนน้ำยางธรรมชาติด้วยจุลินทรีย์ (ยีสต์) โดยเตรียมจากการเติมน้ำยาง 1.5 ลิตรผสมกับน้ำที่ผ่านการฆ่าเชื้อ 3 ลิตรลงในภาชนะที่สะอาดจากนั้นจึงเพาะเชื้อยีสต์ในความเข้มข้นที่แตกต่างกัน 3 ความเข้มข้นคือ 20 g/L, 30 g/L และ 40 g/L ทำการปั่นกวนแล้วจับเวลาในการแข็งตัว จากนั้นนำยางแห้งที่ปราศจากน้ำและผ่านการรีดเป็นแผ่นไปทดสอบสมบัติเชิงกล, ความหนืดมูนิ และความทนทานต่อความร้อน (Heat ageing) ผลการทดลองพบว่า ยางจะแข็งตัวเมื่อใช้ความเข้มข้นของยีสต์ 30 g/L และเวลาในการแข็งตัวของยางจะมีแนวโน้มลดลงเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของยีสต์ ซึ่งการแข็งตัวของยางเกิดขึ้นได้จากการที่ยีสต์มีการผลิตแอลกอฮอล์ขึ้น ทำให้แอลกอฮอล์ซึ่งเป็นสารลดความชื้นไปลดค่าความชุ่มชื้นปกติของชั้นโปรตีน ทำให้ชั้นโปรตีนของอนุภาคยางถูกทำลาย ยางจึงแข็งตัว และเมื่อเพิ่มความเข้มข้นยีสต์จะทำให้มีสมบัติเชิงกลดีขึ้นทั้งค่าความแข็งแรงดึงและเปอร์เซ็นต์การยืด ณ จุดขาด ขณะที่ความหนืดมูนิ (Mooney viscosity) มีค่าใกล้เคียงกัน



สรุปประโยชน์ที่ได้จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่า การใช้สารละลายกรดฟอร์มิคเป็นสารตกตะกอน จะทำให้ได้ยางผิวเรียบ และจับตัวเป็นก้อนได้อย่างสมบูรณ์ เนื้อยางที่ได้มีความยืดหยุ่น เมื่อแผ่นยางแห้งแล้วจะมีสีเหลือง โปร่งใส สีสวยและเมื่อนำไปจัดชั้นตามมาตรฐานยางพบว่า ยางแผ่นที่ตกตะกอนด้วยกรดฟอร์มิคจัดเป็นยางแผ่นคุณภาพดี งานวิจัยจึงทำการศึกษา การใช้สารละลายกรดฟอร์มิคเป็นสารตกตะกอนสำหรับยางธรรมชาติก้อนถ้วยเพื่อพัฒนาสมบัติต่างๆ ต่อไป

2. จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่า หลังจากผึ่งแผ่นยางที่ได้จากการใช้สารตกตะกอนกรดฟอร์มิค เป็นเวลา 15 วัน จะพบราเกิดขึ้นกระจายทั่วทั้งแผ่น งานวิจัยจึงทำการศึกษาผลของชนิดสารต้านเชื้อราที่สามารถป้องกันการเกิดเชื้อราได้

3. จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่า สีของยางแท่งที่ได้จากการใช้สารละลายกรดฟอร์มิคเป็นสารตกตะกอนในน้ำยางสด จัดอยู่ในเกรดยางแท่ง STR 10 งานวิจัยจึงทำการศึกษาผลของชนิดสารฟอกสีที่จะทำให้ยางแผ่นที่ได้มีสีสวยขึ้น สามารถจัดอยู่ในเกรดยางแท่งที่มีคุณภาพสูงขึ้น เช่น ยางแท่ง STR 5L



บทที่ 3

วิธีการดำเนินงานวิจัย

งานวิจัยนี้ศึกษาการใช้สารตกตะกอนชนิดใหม่สำหรับยางธรรมชาติเพื่อผลิตยางก้อนถ้วย โดยเน้นศึกษาผลของสารตกตะกอนกรดฟอร์มิกเปรียบเทียบกับสารตกตะกอนเชิงพาณิชย์ชนิดต่างๆ นอกจากนี้ยังทำการปรับปรุงสารตกตะกอนกรดฟอร์มิกให้มีสมบัติด้านอื่นๆ ดีขึ้น ได้แก่ การเพิ่มสารต้านเชื้อรา สารฟอกสี ซึ่งมีขั้นตอนและวิธีดำเนินการของงานวิจัยดังต่อไปนี้

3.1 แผนการดำเนินงาน

ตอนที่ 1 ศึกษาผลของสารตกตะกอนกรดฟอร์มิกและสารตกตะกอนเชิงพาณิชย์ประเภทต่างๆ

ตอนที่ 2 ศึกษาผลของชนิดสารต้านเชื้อราที่มีผลต่อสมบัติต่างๆ ของยางก้อนถ้วย

ตอนที่ 3 ศึกษาผลของชนิดสารฟอกสีที่มีผลต่อสมบัติต่างๆ ของยางก้อนถ้วย

โดยการทดสอบสมบัติของยางแผ่นที่เตรียมได้จากยางก้อนถ้วย มีดังนี้

1. การทดสอบลักษณะการเชื่อมโยงยาง (Cure characteristic)

2. การทดสอบสมบัติเชิงกล (Mechanical properties)

- การทดสอบความแข็งแรงดึง (Tensile test) ตามมาตรฐาน ASTM D412

- การทดสอบความแข็งกด (Hardness test) ตามมาตรฐาน ASTM D2240

3. การทดสอบสมบัติยางตามมาตรฐานยางแห่งประเทศไทย (STR)

- ความหนืดมูนนี่ (Mooney viscosity; ML 1+4 (100 °C))

- ความอ่อนตัวเริ่มแรก (Plasticity number, Po)

- ดัชนีความอ่อนตัว (Plasticity retention index, PRI)

- การทดสอบสีด้วยโลวิบอนด์ (Lovibond Color)

4. การทดสอบความต้านทานต่อการเสื่อมสภาพอันเนื่องมาจากเชื้อจุลินทรีย์ (Testing of resistance to Microbiological Degradation)

3.2 สารเคมีและอุปกรณ์

3.2.1 สารเคมี

1. น้ำยางข้น (Natural rubber latex) เกรดการค้า บริษัท Lucky Four จำกัด
2. กรดฟอร์มิก (Formic acid) เกรดการค้า บริษัท VIV Interchem จำกัด
3. Coagulant A สารตกตะกอนเชิงพาณิชย์จากภาคใต้
4. Coagulant B สารตกตะกอนเชิงพาณิชย์จากภาคตะวันออก
5. Coagulant C สารตกตะกอนจากสารสกัดทางชีวภาพ
6. สารต้านเชื้อรา: นิพาไซด์ (Nipacide[®] Bit 20) เกรดการค้า บริษัท VITA จำกัด และ ไกลออกซอล (Glyoxal) เกรดการค้า บริษัท บีเอสเอสเอฟ (ไทย) จำกัด
7. โซเดียมไฮโดรซัลไฟต์ (Sodium hydrosulfite, SHS) เกรดการค้า บริษัท Ajax Finechem จำกัด และ โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ (Sodium metabisulfite, SMB) เกรดการค้า บริษัท VIV Interchem จำกัด
8. สารเชื่อมโยง (Vulcanizing agent หรือ Curing agent): กำมะถัน (Sulfur, S) เกรดการค้า บริษัท สหไพศาลอินดัสทรี จำกัด
9. สารเร่งปฏิกิริยาการเชื่อมโยง (Accelerators): เมอร์แคปโทเบนโซไทอาโซล (Mercaptobenzothiazole, MBTS) เกรดการค้า บริษัท กิจไพบูลย์เคมีคอล จำกัด และเททระเมธิลไทยูรัมแรมไดซัลไฟด์ (Tetramethylthiuram disulfide, TMTD) เกรดการค้า บริษัท กิจไพบูลย์เคมีคอล จำกัด
10. สารกระตุ้นปฏิกิริยาเชื่อมโยง (Activators): ซิงค์ออกไซด์ (Zinc oxide, ZnO) เกรดการค้า บริษัท ยูนิตี้ อินเตอร์บิสซิเนส จำกัด และกรดสเตียริก (Stearic acid) เกรดการค้า บริษัท ยูนิตี้ อินเตอร์บิสซิเนส จำกัด
11. สารป้องกันแอนติออกซิแดนต์ (Antioxidant): ริงส์เตย์แอล (Wingstay[®] L) เกรดการค้า บริษัท เบนเมเยอร์ จำกัด
12. สารหล่อลื่น (Lubricant): น้ำมันพาราฟิน (Parafinic oil) เกรดการค้า บริษัท ยูนิตี้ อินเตอร์บิสซิเนส จำกัด

3.2.2 อุปกรณ์

1. เครื่องผสมแบบสองลูกกลิ้ง (Two-roll mill) รุ่น LRM 200: บริษัท แลบทศเอ็นจิเนียริง จำกัด

2. เครื่องอัดขึ้นรูป (Compression molding machine): โรงงานชัยเจริญการช่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. แม่แบบ (Mold) ขนาด 6×6 นิ้ว หน้า 2 มิลลิเมตร

4. เครื่องอัดแรงลม: บริษัท CEAST จำกัด

5. เครื่องวัดความหนืดมูนนี่วิสโคมิเตอร์ (Mooney viscometer) รุ่น SMV-201:

บริษัท Shimadzu จำกัด

6. เครื่องวัดการเชื่อมโยงแบบไ้จันหมุน (Moving Die Rheometer, MDR) รุ่น II F: บริษัท

Nichigo Shoji จำกัด

7. เครื่องทดสอบอเนกประสงค์ (Universal Testing Machine, UTM) รุ่น LR 5 K:

บริษัท Lloyd instrument จำกัด

8. เครื่องวัดความแข็งกด (Hardness tester) ชนิด shore A: บริษัท Intro Enterprise จำกัด

9. เครื่องกวนสาร (Overhead Stirrer Homoginizer) รุ่น EURO-ST D: บริษัท IKA จำกัด

10. ตู้อบสูญญากาศ (Vacuum oven): บริษัท Hotpack corporation จำกัด

11. พีเอชมิเตอร์ (pH meter) รุ่น U 6 VDC: บริษัท Metrohm จำกัด

12. เครื่องพลาสติกมิเตอร์ รุ่น H-01: บริษัท CG Engineering จำกัด

13. เครื่องวัดสีโลวิบอนด์ (Lovibond Color) รุ่น LC-100: บริษัท ซายน์ลูชั่น จำกัด

14. นาฬิกาจับเวลา

15. ถุงมือกันความร้อน

16. Universal indicator paper

17. ถ้วยรับน้ำยาง

18. เครื่องแก้ว

19. เครื่องชั่งละเอียด

3.3 วิธีการทดลอง

3.3.1 ศึกษาผลของสารตกตะกอนกรดฟอร์มิกและสารตกตะกอนเชิงพาณิชย์ประเภทต่างๆ

1. ชั่งน้ำยางข้น 4 กิโลกรัมและน้ำสะอาด 4 กิโลกรัม ใส่ในภาชนะแล้วปั่นกวนเป็นเวลา 24 ชั่วโมงเพื่อไล่แอมโมเนีย

2. นำ Universal indicator paper มาวัดค่า pH ซึ่งค่า pH ที่วัดได้ควรเป็นกลาง ถ้ายังเป็นเบสอยู่ให้ปั่นกวนต่อไปจนกว่าจะได้ค่าที่เป็นกลาง

3. ชั่งน้ำยางข้นใส่ในถ้วยรับน้ำยางถ้วยละ 250 มิลลิกรัม จำนวน 32 ถ้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. เตรียมสารละลายที่ใช้ในการตกตะกอน ดังนี้

- สูตรที่ 1: สารละลายกรดฟอร์มิค 3% v/v 160 มิลลิลิตร
- สูตรที่ 2: สารละลาย Coagulant A 3% v/v 160 มิลลิลิตร
- สูตรที่ 3: สารละลาย Coagulant B 10% v/v 160 มิลลิลิตร
- สูตรที่ 4: สารละลาย Coagulant C 10% v/v 160 มิลลิลิตร

จากนั้นทำการวัดค่า pH สารที่ใช้ในการตกตะกอนด้วยเครื่อง pH meter

5. เทสารละลายที่เตรียมได้ลงในถ้วยน้ำยาง โดยจะใส่สารละลายถ้วยละ 20 มิลลิลิตรและใช้สูตรละ 8 ถ้วย

6. นำพลาสติกมาคลุมถ้วยน้ำยางไว้เพื่อป้องกันสิ่งสกปรกลงไปในน้ำยาง

7. จับเวลาและสังเกตว่าภายในแต่ละสูตรมีการจับตัวเป็นก้อนยางอย่างสมบูรณ์ที่เวลาเท่าใด

8. นำก้อนยางที่ได้ไปรีดให้เป็นแผ่นด้วยเครื่อง Two-roll mill ส่วนเซรุ่มเก็บไว้เพื่อนำมาวัด

ค่า pH

9. ตัดแผ่นยางให้มีขนาดเล็กลงสม่ำเสมอ แล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 60 °C เป็นเวลา 48 ชั่วโมง เพื่อไล่น้ำออกจากแผ่นยาง

10. แบ่งยางดิบที่ได้เป็นสองส่วนเพื่อนำไปผสมสูตรยางและทดสอบตามมาตรฐานยางแท่ง STR ตามหัวข้อ 10.3

10.1 การผสมสูตรยางและการเชื่อมโยงยาง

10.1.1 ชั่งยางธรรมชาติ รวมทั้งสารเคมีต่างๆ ตามตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 สูตรผสมยาง [8]

สาร	อัตราส่วนโดยน้ำหนัก (phr)
1. ยางดิบ	100
2. สารป้องกันแอนติออกซิแดนต์ (Antioxidant): วิงส์เตย์แอล (Wingstay® L)	1
3. สารกระตุ้นปฏิกิริยาเชื่อมโยง (Activators): ซิงค์ออกไซด์ (Zinc oxide, ZnO)	5
4. สารกระตุ้นปฏิกิริยาเชื่อมโยง (Activators): กรดสเตียริก (Stearic acid)	2
5. สารหล่อลื่น (Lubricant): Parafinic oil	5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สาร	อัตราส่วนโดยน้ำหนัก (phr)
6. สารเชื่อม โยง (Vulcanizing agent หรือ Curing agent): กำมะถัน (Sulfur, S)	2
7. สารเร่งปฏิกิริยาการเชื่อม โยง (Accelerators): เมอร์แคปโตเบนโซไทอาโซล (Mercaptobenzothiazole, MBTS)	1
8. สารเร่งปฏิกิริยาการเชื่อม โยง (Accelerators): เททระเมธิลไทยูเรมไดซัลไฟด์ (Tetramethylthiuram disulfide, TMTD)	0.3

10.1.2 ใส่ยางธรรมชาติในเครื่อง Two-roll mill เพื่อทำการบดย่อย (Mastication) และทำการกรีดพับยาง (Cut-and-fold) จนกระทั่งยางนิ่มเป็นเวลา 5 นาที แล้วใส่สารเคมีตามลำดับ ดังนี้

- นาทีที่ 5: Wingstay[®] L

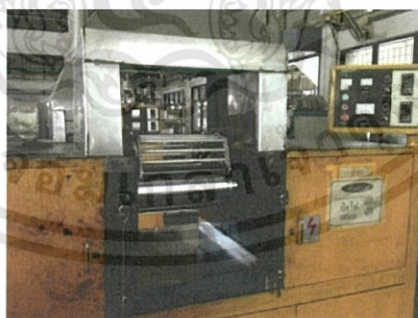
- นาทีที่ 10: ZnO สลับกับ Parafinic oil

- นาทีที่ 14: Stearic acid

ตัดแผ่นยางผสมสูตรที่ได้มาทดสอบความหนืดมูนนี้ตามหัวข้อที่ 10.3.1

- นาทีที่ 20-25: Sulfur, MBTS และ TMTD

ตัดแผ่นยางผสมสูตรที่ได้มาทดสอบลักษณะการเชื่อม โยงตามหัวข้อที่ 10.1.3

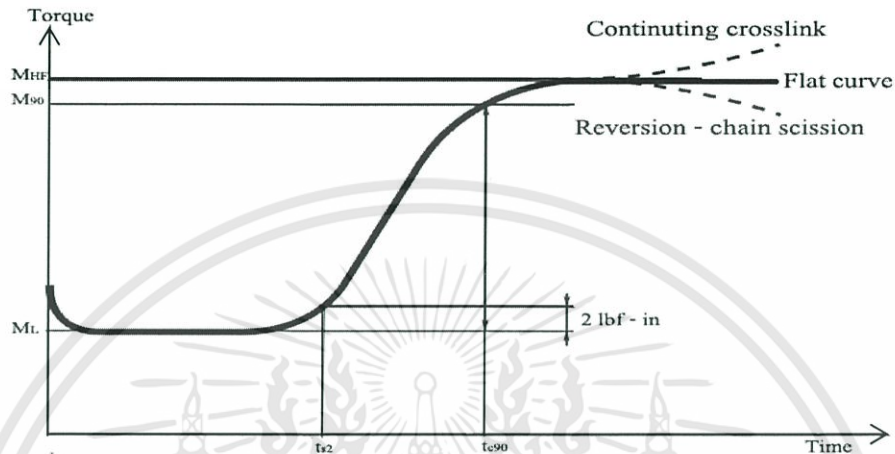


รูปที่ 3.1 เครื่องผสมแบบเปิดสองลูกกลิ้ง (Two-roll mill)

ในการผสมต้องมีการกรีดและพับยางตลอดเวลาเพื่อให้สารเคมีกระจายตัวได้ดีในยาง เมื่อครบ 30 นาที ปรับระยะห่างระหว่างลูกกลิ้งให้ห่างประมาณ 5 มิลลิเมตร แล้วกรีดแผ่นยางออกจากลูกกลิ้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

10.1.3 ตัดแผ่นยางผสมสูตรที่ได้เป็นแผ่นสี่เหลี่ยมขนาดประมาณ 1X1 นิ้ว แล้วนำไปทดสอบลักษณะการเชื่อมโยงด้วยเครื่อง MDR (Moving die rheometer) ตามมาตรฐาน ASTM D2084 เพื่อหาค่าเวลาการเชื่อมโยง (Cure time, t_{c90}) และเวลาก่อนเชื่อมโยง (Scorch time, t_{s2}) ที่อุณหภูมิ 150 °C ได้กราฟการเชื่อมโยง (Cure curve) ดังรูปที่ 3.2 [8]



รูปที่ 3.2 กราฟเชื่อมโยงของยางผสมสูตร แสดงเวลาการเชื่อมโยงและเวลาก่อนเชื่อมโยง [8]

M_{HF} = ค่าแรงบิดสูงสุดเมื่อเส้นกราฟคงที่สูงสุด (Plateau torque)

M_L = ค่าแรงบิดต่ำสุด (Minimum torque)

T_{s2} = “เวลาเชื่อมโยง” หรือ “เวลาสกอร์ช” (Scorch time) เป็นเวลาที่ใช้ในการเชื่อมโยงจนกระทั่งมีแรงบิดเพิ่มขึ้น 2 หน่วยทอร์ค เช่น 2 ปอนด์-นิ้ว เทียบกับค่าแรงบิดต่ำสุด (M_L)

T_{c90} = “เวลาเชื่อมโยง” คือ เวลาจากจุดเริ่มต้นจนถึงจุดที่มีการเชื่อมโยง 90% ของการเชื่อมโยง (M_{90}) นิยามเท่ากับเวลาที่เหมาะสมที่สุดในการเชื่อมโยงยาง (Optimum cure time)

M_{90} = ค่าแรงบิดที่ 90% ของการเชื่อมโยง คำนวณได้จาก

$$M_{90} = M_L + 0.9(M_{HF} - M_L)$$

CRI = “ดัชนีอัตราเร็วการเชื่อมโยง” (Cure rate index) คำนวณได้จากสมการ

$$\text{Cure rate index (CRI)} = 100 / (t_{c90} - t_{s2})$$

10.1.4 ตัดแผ่นยางผสมสูตรใส่แม่แบบ (3x3 นิ้ว) 4 ชุด แล้วนำไปใส่เครื่องอัดขึ้นรูป (Compression molding machine) จะได้แผ่นยาง 4 แผ่น โดยทำการตั้งสภาวะเครื่อง ดังนี้

- อัดร้อนที่อุณหภูมิ 150 °C

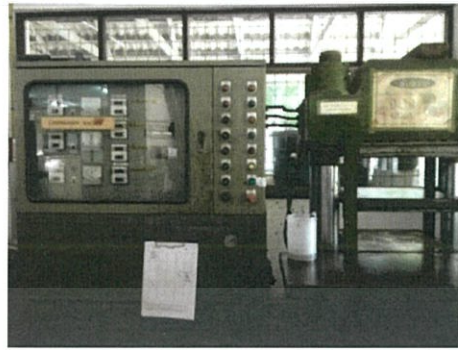
- กำหนดเวลาเท่ากับเวลาเชื่อมโยงที่ได้จากเส้นกราฟเชื่อมโยงข้อที่ 10.1.3

โดยใช้เวลาเพิ่มเป็น $t_{c90} \times 1.2$ สำหรับเวลาในการถ่ายเทความร้อนผ่าน

แม่แบบและภายในชิ้นงานยาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

10.1.5 ทำการทดลองซ้ำจนได้อย่างแม่นยำทั้งหมด 4 สูตร สูตรละ 4 แผ่น



รูปที่ 3.3 เครื่องอัดขึ้นรูป

10.2 การทดสอบสมบัติเชิงกล

10.2.1 ทดสอบความแข็งแรงดึง [7]

นำแผ่นยางที่ได้จากข้อ 10.1.5 ไปตัดเป็นรูปดัมเบลล์ด้วยแม่แบบมีดและเครื่องอัดแรงคั่นลม ทำการตัดสูตรละ 10 ตัวอย่างเพื่อนำไปทดสอบความแข็งแรงดึงด้วยเครื่อง Universal tensile tester ตามมาตรฐาน ASTM D412 โดยใช้อัตราเร็วในการดึง (Test speed) 500 mm/min และความยาวเริ่มต้น (Gauge length) เท่ากับ 35 มิลลิเมตร



รูปที่ 3.4 เครื่องทดสอบอเนกประสงค์ (Universal Testing Machine, UTM)

ผลการทดสอบที่ได้นำมาหาค่าต่างๆ ดังต่อไปนี้

- ความแข็งแรงดึง (Tensile strength) เท่ากับความเค้นสูงสุด (Maximum stress) ของวัสดุที่รับได้เมื่อให้แรงดึง (หน่วยเป็นแรงต่อพื้นที่) หาได้จากสมการ

$$\text{ความแข็งแรงดึง} = F/A$$

โดยที่ F = แรงที่ใช้ในการดึง ณ จุดสูงสุด (N)

$$A = \text{พื้นที่หน้าตัดของชิ้นงาน (mm}^2\text{)}$$

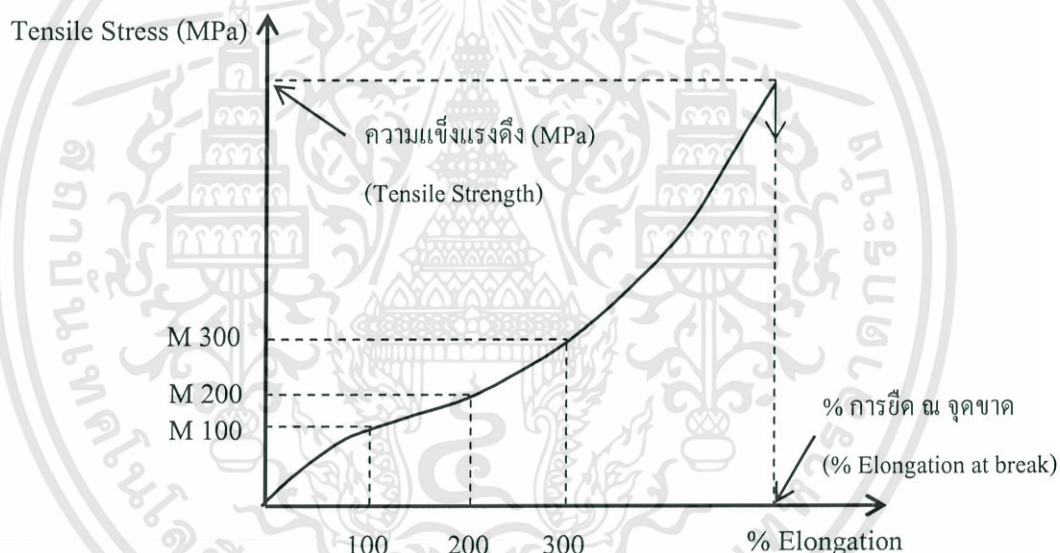
- เปอร์เซ็นต์การยืด ณ จุดขาด (% Elongation at break) หาได้จากสมการ

$$\text{เปอร์เซ็นต์การยืด ณ จุดขาด} = (l-l_0)/l_0$$

โดยที่ l = ความยาวสุดท้าย ณ จุดขาดของชิ้นงาน (mm)

$$l_0 = \text{ความยาวเริ่มต้นของชิ้นงาน (mm) หรือความยาวเกจ}$$

- ค่ามอดูลัสของยาง (Rubber modulus) เป็นค่าความเค้น (Stress) ที่เปอร์เซ็นต์ความเครียดหนึ่งๆ ค่ามอดูลัสของยางที่นิยมใช้คือ M100 หมายถึง ความเค้นที่ 100% ของการยืดและ M300 หมายถึง ความเค้นที่ 300% ของการยืด



รูปที่ 3.5 ตัวอย่างกราฟความเค้น-ความเครียด (Stress-strain curve) ของการดึงชิ้นตัวอย่างประเภทยาง [7]

10.2.2 ทดสอบความแข็งกด (Hardness)

นำแผ่นยางที่เหลือจากการตัดไปทดสอบความแข็งกด ตามมาตรฐาน ASTM D2240 ด้วยเครื่องคูโรมิเตอร์ (Durometer) แบบ Shore A อ่านค่าหลังจากการกดเป็นเวลา 5 วินาทีและตัวอย่างต้องหนาน้อย 1/4 นิ้ว ทำการทดสอบ 10 จุดในการกดต่อหนึ่งชิ้นงานทดสอบ และทดสอบสุทธละ 10 ชิ้น



รูปที่ 3.6 เครื่องคูโรมิเตอร์ แบบ Shore A [7]

10.3 การทดสอบตามมาตรฐานยางแห่งประเทศไทย STR

10.3.1 ความหนืดมูนนี่ (Mooney viscometer, ML 1+4 (100 °C)) [7]

ตัดแผ่นยางผสมสูตรที่ได้จากเครื่อง Two-roll mill ก่อนเติมสารเชื่อมโยงและสารเร่งเชื่อมโยงให้มีขนาดใหญ่กว่างาน โลหะขนาดใหญ่แล้วนำมาประกบงาน โลหะทั้งด้านบนและด้านล่าง เมื่ออุณหภูมิของเครื่องเท่ากับอุณหภูมิที่ต้องการทดสอบ (สำหรับยางธรรมชาติมีอุณหภูมิการทดสอบเท่ากับ 100 °C) ใส่งาน โลหะลงไปให้เข้ากับแกนของงาน โลหะ เมื่อกดปุ่มเริ่มทดสอบ ดायบนและด้ายล่างจะเลื่อนลงมาประกบกันจนทำให้ยางไหลเต็มเบ้าของงาน โลหะ หลังจากนั้นเครื่องจะคายความร้อนให้แกยางประมาณ 1 นาที ก่อนที่งาน โลหะจะเริ่มหมุนด้วยความเร็วคงที่เป็นเวลา 4 นาที เพื่อวัดค่าความหนืดของยางซึ่งเป็นค่าความหนืดที่ไม่มีหน่วย

10.3.2 ความอ่อนตัวเริ่มแรก (Plasticity number, Po) [27-28]

การหาค่าความอ่อนตัวเริ่มแรก สามารถหาได้จากการใช้เครื่องพลาสติกมิเตอร์ ซึ่งอาศัยหลักการของการใช้แรงกดอัด (Compression load) โดยวางตัวอย่างยางผสมสูตรให้อยู่ระหว่างแผ่นคู่โลหะที่ประกบอยู่ จากนั้นทำการตั้งค่าอุณหภูมิของแผ่นประกบให้มีค่าเท่ากับ 100 °C เมื่อตัวอย่างถูกแรงกดอัดจะทำให้ยางมีความหนาลดลงเนื่องจากการไหลของยาง ค่าความอ่อนตัวเริ่มแรกจะแสดงในรูปความหนาของตัวอย่างที่เหลืออยู่ใน 100 ส่วนของมิลลิเมตร เมื่อเอาแรงออกหลังจากผ่านไป 15 วินาที



รูปที่ 3.7 เครื่องพลาสติกมิเตอร์ [27]

10.3.3 ดัชนีความอ่อนตัว (Plasticity retention index, PRI) [27-28]

ค่า PRI เป็นค่าที่แสดงถึงความต้านทานต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของยางธรรมชาติ การวัดค่า PRI สามารถทำได้โดยการเตรียมยางทดสอบสำหรับการวัดค่าความอ่อนตัวเริ่มแรกและทำการแบ่งยางทดสอบออกเป็นสองส่วน ส่วนแรกนำไปทดสอบหาค่าความอ่อนตัวเริ่มแรก สำหรับยางส่วนที่สองนำไปอบที่อุณหภูมิ 140 °C เป็นเวลา 30 นาที ก่อนนำไปทดสอบหาค่าความอ่อนตัวเริ่มแรกเช่นเดียวกันยางทดสอบส่วนที่หนึ่ง เพื่อนำไปคำนวณหาค่า PRI จากสมการ

$$PRI = \frac{\text{ค่าความอ่อนตัวเริ่มแรกของยางที่ถูกอบ} \times 100}{\text{ค่าความอ่อนตัวเริ่มแรกของยางที่ไม่ถูกอบ}}$$

10.3.4 การทดสอบสีด้วย โลวิบอนด์ (Lovibond Color) [22]

ตัดยางแผ่นดิบความหนาประมาณ 3.2-3.6 มิลลิเมตร อัดลงเข้าขึ้นทดสอบมาตรฐาน ความร้อนที่ใช้อัดเข้าพิมพ์ประมาณ 70 °C อัดยางเป็นเวลา 2-3 นาที แล้วนำยางทดสอบมาวางตรงตำแหน่งเครื่องสำหรับเปรียบเทียบสีกับสีมาตรฐาน โลวิบอนด์ อ่านค่าเบอร์สีมาตรฐาน โลวิบอนด์ตรงตำแหน่งช่องเล็กๆ ทางขวามือของช่องที่กำหนดให้ ถ้ามีค่าเบอร์สีต่ำกว่าเบอร์ 6 ของสี โลวิบอนด์ จัดเป็นยางแท่ง STR 5L



รูปที่ 3.8 เครื่องวัดสี โลวิบอนด์และสเกลเบอร์สี โลวิบอนด์ [27]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

10.4 การทดสอบความต้านทานต่อการเสื่อมสภาพอันเนื่องมาจากเชื้อจุลินทรีย์

(Testing of resistance to Microbiological Degradation) [28]

ปัจจุบันยังไม่ได้มีการกำหนดมาตรฐานสากลสำหรับการทดสอบความต้านทานต่อการเสื่อมสภาพอันเนื่องมาจากเชื้อจุลินทรีย์ของยาง แต่การตรวจสอบการเสื่อมสภาพนี้สามารถทำได้โดยการสังเกตด้วยตาเปล่าหรือการทดสอบสมบัติต่างๆ เช่น ความทนทานต่อแรงดึง, เปอร์เซ็นต์การยืด ณ จุดขาด เป็นต้น

3.3.2 ศึกษาผลของชนิดสารต้านเชื้อราที่มีผลต่อสมบัติต่างๆ ของยางก้อนถ้วย

1. ชั่งน้ำยางข้น 3 กิโลกรัมและน้ำสะอาด 3 กิโลกรัม ใส่ในภาชนะแล้วปั่นกวนเป็นเวลา 24 ชั่วโมงเพื่อไล่แอมโมเนีย
2. นำ Universal indicator paper มาวัดค่า pH ซึ่งค่า pH ที่วัดได้ควรเป็นกลาง ถ้ายังเป็นเบสอยู่ให้ปั่นกวนต่อไปจนกว่าจะได้ค่าที่เป็นกลาง
3. ชั่งน้ำยางข้นใส่ในถ้วยรับน้ำยางถ้วยละ 250 มิลลิกรัม จำนวน 24 ถ้วย
4. เตรียมสารละลายที่ใช้ในการตกตะกอน ดังนี้
 - สูตรที่ 1 สารละลายกรดฟอร์มิค 3% v/v
 - สูตรที่ 2 สารละลายกรดฟอร์มิค 3% v/v ผสมกับสารต้านเชื้อรา นิพาไซค์ 0.2% wt of DRC
 - สูตรที่ 3 สารละลายกรดฟอร์มิค 3% v/v ผสมกับสารต้านเชื้อรา ไกลออกซอล 0.2% wt of DRC
- จากนั้นทำการวัดค่า pH สารที่ใช้ในการตกตะกอนด้วยเครื่อง pH meter
5. เทสารละลายที่เตรียมได้ลงในถ้วยน้ำยาง โดยจะใส่สารละลายถ้วยละ 20 มิลลิตรและใช้สูตรละ 8 ถ้วย
6. นำพลาสติกมาคลุมถ้วยน้ำยางเพื่อป้องกันสิ่งสกปรกลงไปในน้ำยาง
7. จับเวลาและสังเกตว่ายางในแต่ละสูตรมีการจับตัวเป็นก้อนยางอย่างสมบูรณ์ที่เวลาเท่าใด
8. เมื่อยางจับตัวเป็นก้อนอย่างสมบูรณ์แล้ว นำก้อนยางทิ้งไว้เป็นระยะเวลา 1 สัปดาห์ สังเกตความเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น จากนั้นนำไปทำการทดลองต่อการทดลองที่ 3.3.1 ข้อ 8 ข้อ 9 และข้อ 10

3.3.3 ศึกษาผลของชนิดสารฟอกสีที่มีผลต่อสมบัติต่างๆ ของยางก้อนถ้วย

1. ชั่งน้ำยางข้น 3 กิโลกรัมและน้ำสะอาด 3 กิโลกรัม ใส่ในภาชนะแล้วปั่นจนเป็นเวลา 24 ชั่วโมงเพื่อไล่แอมโมเนีย

2. นำ Universal indicator paper มาวัดค่า pH ซึ่งค่า pH ที่วัดได้ควรเป็นกลาง ถ้ายังเป็นเบสอยู่ให้ปั่นจนต่อไปจนกว่าจะได้ค่าที่เป็นกลาง

3. ชั่งน้ำยางข้นใส่ในถ้วยรับน้ำยางถ้วยละ 250 มิลลิกรัม จำนวน 24 ถ้วย

4. เตรียมสารละลายที่ใช้ในการตกตะกอน ดังนี้

- สูตรที่ 1 สารละลายกรดฟอร์มิค 3% v/v

- สูตรที่ 2 สารละลายกรดฟอร์มิค 3% v/v ผสมกับสารฟอกสีโซเดียมไฮโดรซัลไฟด์ 0.4% wt of DRC

- สูตรที่ 3 สารละลายกรดฟอร์มิค 3% v/v ผสมกับสารฟอกสีโซเดียมเมตาไบซัลไฟด์ 0.4% wt of DRC

จากนั้นทำการวัดค่า pH สารที่ใช้ในการตกตะกอนด้วยเครื่อง pH meter

5. เทสารละลายที่เตรียมได้ลงในถ้วยน้ำยาง โดยจะใส่สารละลายถ้วยละ 20 มิลลิตรและใช้สูตรละ 8 ถ้วย

6. นำพลาสติกมาคลุมถ้วยน้ำยางเพื่อป้องกันสิ่งสกปรกลงไปในน้ำยาง

7. จับเวลาและสังเกตว่าภายในแต่ละสูตรมีการจับตัวเป็นก้อนยางอย่างสมบูรณ์ที่เวลาเท่าใด

8. ทดลองซ้ำเช่นเดียวกับการทดลองที่ 3.3.1 ข้อ 8 ข้อ 9 และ ข้อ 10

3.3.4 ศึกษาผลของปริมาณสารฟอกสีโซเดียมเมตาไบซัลไฟด์ที่มีผลต่อสมบัติยางก้อนถ้วย

1. ชั่งน้ำยางข้น 3 กิโลกรัมและน้ำสะอาด 3 กิโลกรัม ใส่ในภาชนะแล้วปั่นจนเป็นเวลา 24 ชั่วโมงเพื่อไล่แอมโมเนีย

2. นำ Universal indicator paper มาวัดค่า pH ซึ่งค่า pH ที่วัดได้ควรเป็นกลาง ถ้ายังเป็นเบสอยู่ให้ปั่นจนต่อไปจนกว่าจะได้ค่าที่เป็นกลาง

3. ชั่งน้ำยางข้นใส่ในถ้วยรับน้ำยางถ้วยละ 250 มิลลิกรัม จำนวน 24 ถ้วย

4. เตรียมสารละลายที่ใช้ในการตกตะกอน ดังนี้

- สูตรที่ 1 สารละลายกรดฟอร์มิค 3% v/v

- สูตรที่ 2 สารละลายกรดฟอร์มิค 3% v/v ผสมกับสารต้านเชื้อราไนพาไซด์ 0.2% wt of DRC และสารฟอกสีโซเดียมเมตาไบซัลไฟด์ 0.1% wt of DRC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- สูตรที่ 3 สารละลายกรดฟอร์มิก 3% v/v ผสมกับสารต้านเชื้อราฟิซาไลด์ 0.2% wt of DRC และสารฟอกสีโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ 0.2% wt of DRC

- สูตรที่ 4 สารละลายกรดฟอร์มิก 3% v/v ผสมกับสารต้านเชื้อราฟิซาไลด์ 0.2% wt of DRC และสารฟอกสีโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ 0.4% wt of DRC

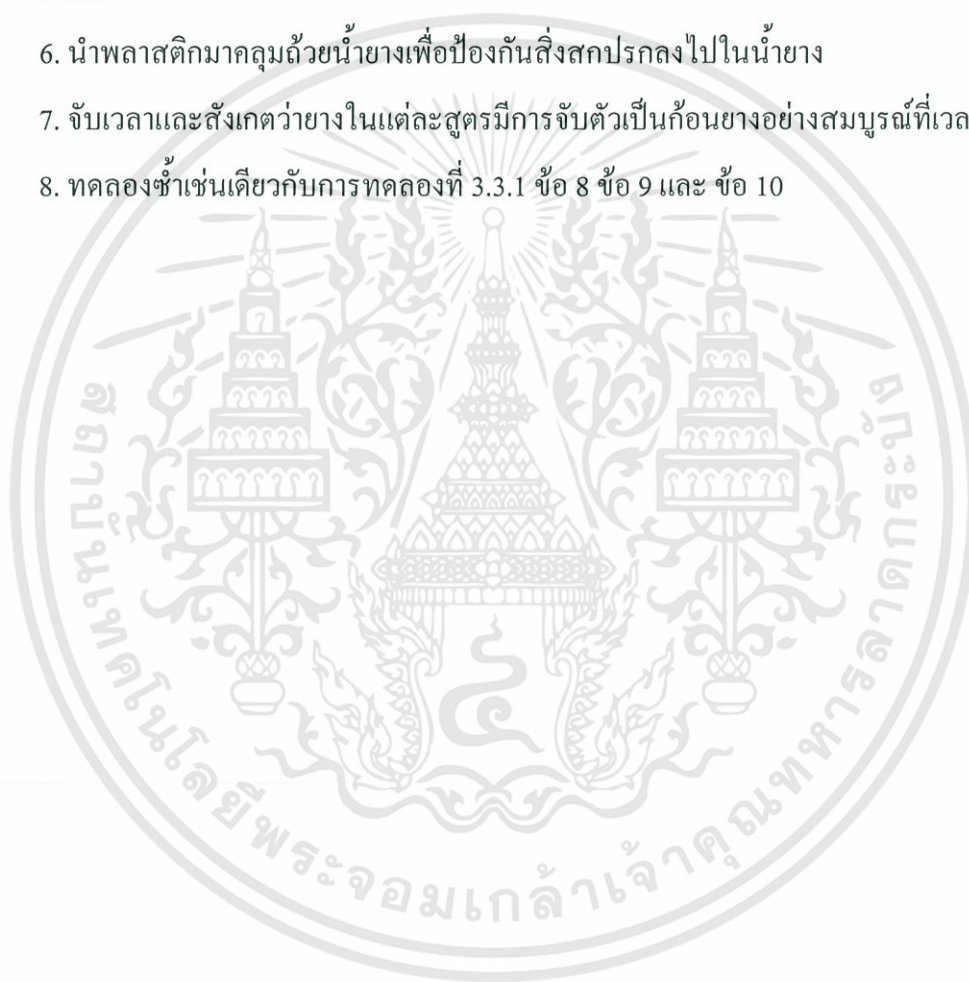
จากนั้นทำการวัดค่า pH สารที่ใช้ในการตกตะกอนด้วยเครื่อง pH meter

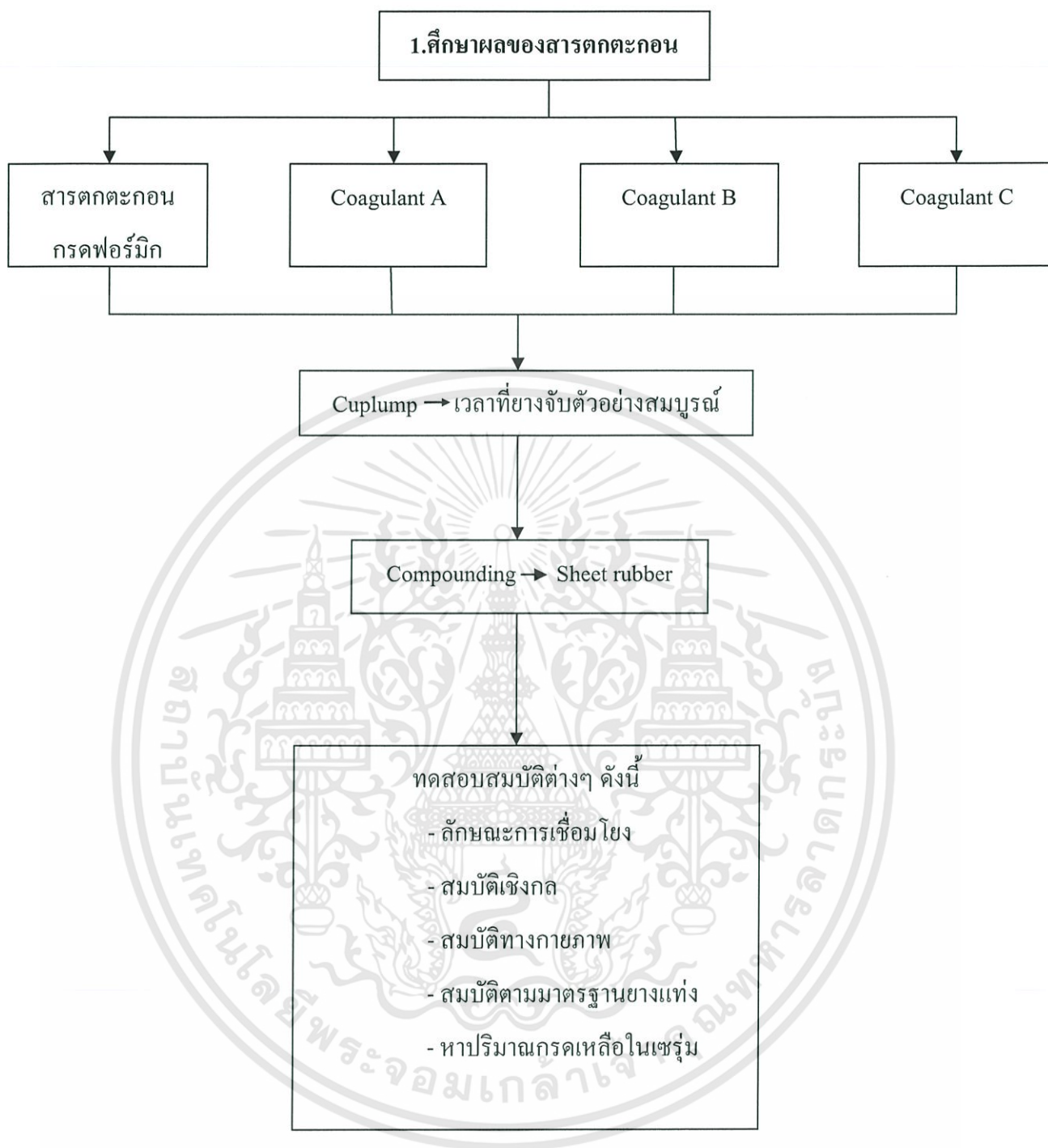
5. เทสารละลายที่เตรียมได้ลงในถ้วยน้ำยาง โดยจะใส่สารละลายถ้วยละ 20 มิลลิลิตรและใช้สูตรละ 8 ถ้วย

6. นำพลาสติกมาคลุมถ้วยน้ำยางเพื่อป้องกันสิ่งสกปรกลงไปในน้ำยาง

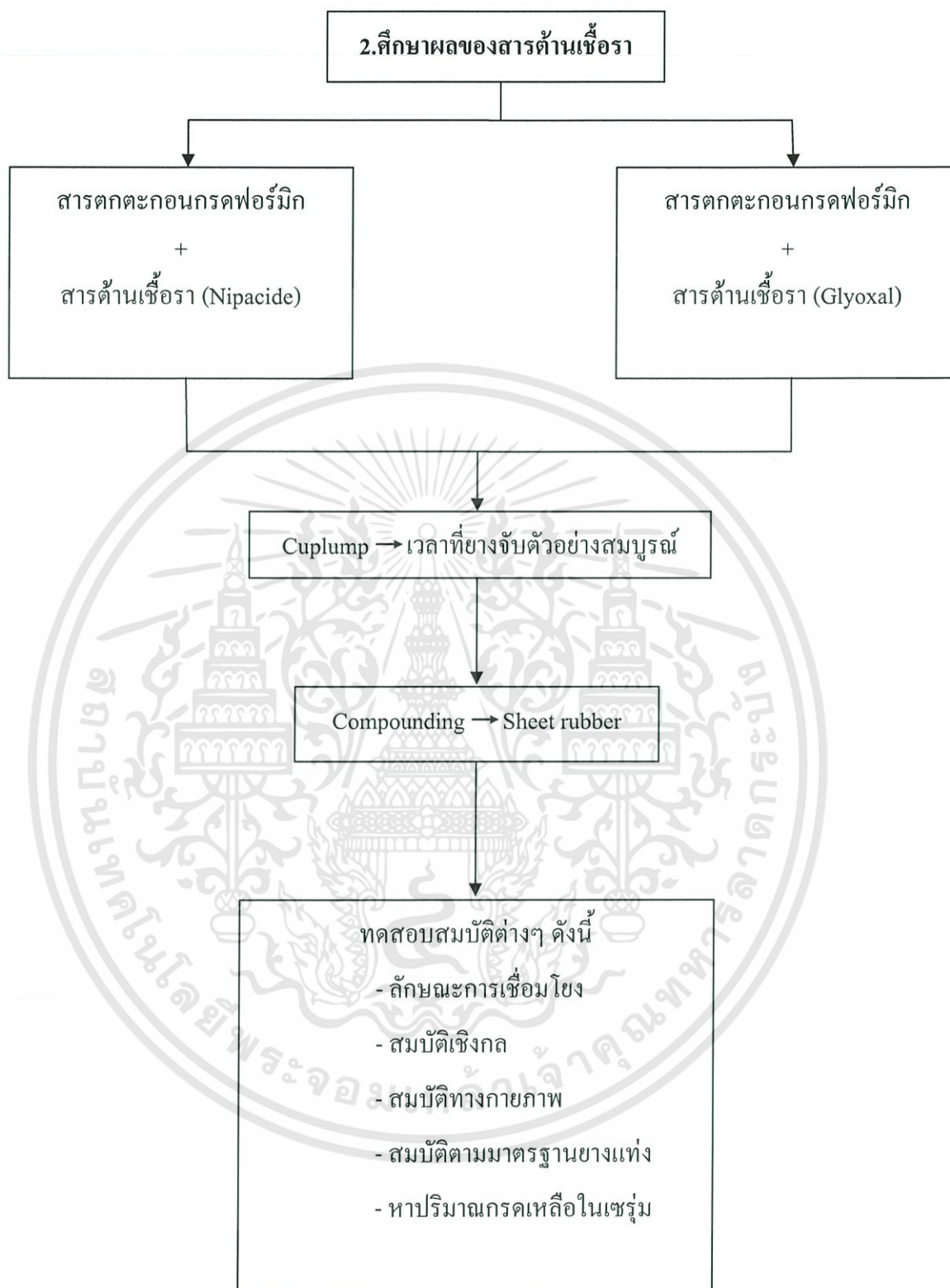
7. จับเวลาและสังเกตว่าภายในแต่ละสูตรมีการจับตัวเป็นก้อนยางอย่างสมบูรณ์ที่เวลาเท่าใด

8. ทดลองซ้ำเช่นเดียวกับการทดลองที่ 3.3.1 ข้อ 8 ข้อ 9 และ ข้อ 10



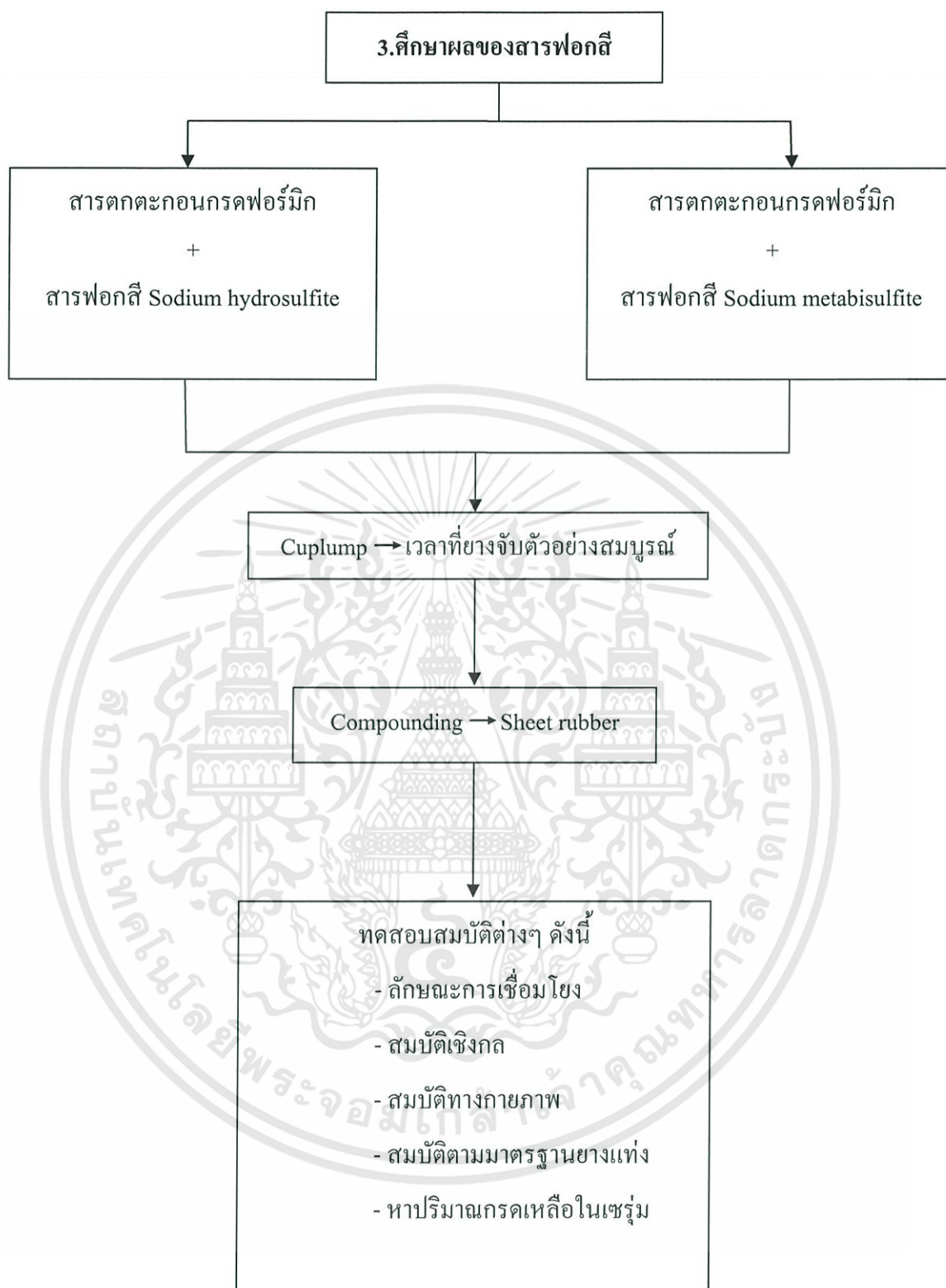


รูปที่ 3.9 แผนการดำเนินงานวิจัย โดยสรุปในการศึกษาผลของสารตกตะกอนกรดฟอร์มิกเปรียบเทียบกับสารตกตะกอนเชิงพาณิชย์ชนิดต่างๆ



รูปที่ 3.10 แผนการดำเนินงานวิจัย โดยสรุปในการศึกษาผลของชนิดสารต้านเชื้อราที่มีต่อสมบัติต่างๆ ของยางก้อนถ้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.11 แผนการดำเนินงานวิจัยโดยสรุปในการศึกษาผลของชนิดสารฟอกสีที่มีต่อสมบัติต่างๆ ของยางก้อนถ้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาสารตกตะกอนชนิดใหม่สำหรับยางธรรมชาติก้อนด้วยที่เตรียมได้จากน้ำยางธรรมชาติ โดยทำการศึกษาผลของสารตกตะกอนกรดฟอร์มิกและสารตกตะกอนเชิงพาณิชย์ประเภทต่างๆ, ผลของชนิดสารต้านเชื้อรา, ผลของชนิดสารฟอกสีและผลของปริมาณสารฟอกสีโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ที่ส่งผลต่อสมบัติต่างๆ ของยางก้อนด้วย ในงานวิจัยมีการควบคุมความเข้มข้นกรดฟอร์มิก 3% โดยปริมาตรต่อปริมาตร (v/v), ปริมาณของสารต้านเชื้อรา 0.2% โดยน้ำหนักยางแห้ง (wt of DRC) เนื่องจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่าเป็นอัตราส่วนที่เหมาะสมที่สุด ในการศึกษาที่มีการใช้สารต้านเชื้อรา 2 ชนิดและสารฟอกสี 2 ชนิด ได้แก่ สารต้านเชื้อรา Nipacide® Bit 20 และไกลออกซอล, สารฟอกสีโซเดียมไฮโดรซัลไฟต์และโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ ตามลำดับ โดยพิจารณาเลือกสูตรที่สามารถต้านเชื้อราและฟอกสีที่ให้สมบัติต่างๆ ที่เหมาะสมได้

สมบัติของยางดิบและยางผสมสูตรที่ได้จากการตกตะกอนด้วยสารตกตะกอนชนิดต่างๆ ที่ทำการศึกษาได้แก่

- ลักษณะการเชื่อมโยง
- สมบัติเชิงกล ได้แก่ ค่าความแข็งแรงดึง, ค่าเปอร์เซ็นต์การยืด ณ จุดขาด, โมดูลัสของยาง, ค่าความแข็งกด
- สมบัติยางตามมาตรฐานยางแห่งประเทศไทย
- ค่าความเป็นกรด-ด่างก่อนและหลังการตกตะกอน
- สมบัติการต้านเชื้อรา

ตารางที่ 4.1 อักษรย่อของยางจากการใช้สารตกตะกอนประเภทต่างๆ

สูตรยาง	ประเภทของยาง	องค์ประกอบ		
		สารตกตะกอน (% v/v)	สารต้านเชื้อรา (% wt of DRC)	สารฟอกสี (% wt of DRC)
STR 5L	ยางแท่ง STR 5L	-	-	-
Formic	น้ำยาง	กรดฟอร์มิก 3%	-	-
Coagulant A	น้ำยาง	เซิงพาณิชย์จากภาคใต้	-	-
Coagulant B	น้ำยาง	เซิงพาณิชย์จากภาคตะวันออก	-	-
Coagulant C	น้ำยาง	สารสกัดทางชีวภาพ	-	-
Formic + NI	น้ำยาง	กรดฟอร์มิก 3%	Nipacide 0.2%	-
Formic + GL	น้ำยาง	กรดฟอร์มิก 3%	Glyoxal 0.2%	-
Formic + SHS	น้ำยาง	กรดฟอร์มิก 3%	-	Sodium hydrosulfite 0.4%
Formic + SMB	น้ำยาง	กรดฟอร์มิก 3%	-	Sodium metabisulfite 0.4%
Formic + NI + SMB 0.1	น้ำยาง	กรดฟอร์มิก 3%	Nipacide 0.2%	Sodium metabisulfite 0.1%
Formic + NI + SMB 0.2	น้ำยาง	กรดฟอร์มิก 3%	Nipacide 0.2%	Sodium metabisulfite 0.2%
Formic + NI + SMB 0.4	น้ำยาง	กรดฟอร์มิก 3%	Nipacide 0.2%	Sodium metabisulfite 0.4%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1 ผลของสารตกตะกอนกรดฟอร์มิกและสารตกตะกอนเชิงพาณิชย์ประเภทต่างๆ

ในการทดลองตอนนี้เป็นการศึกษาผลของการใช้สารตกตะกอนกรดฟอร์มิกและสารตกตะกอนเชิงพาณิชย์ที่มีผลต่อสมบัติต่างๆ ของยางก้อนถ้วย เช่น ระยะเวลาในการแข็งตัว, ลักษณะการเชื่อมโยง, สมบัติเชิงกล และสมบัติตามมาตรฐานยางแห่งประเทศไทย โดยมีการควบคุมปริมาณความเข้มข้นดังนี้ สารตกตะกอนกรดฟอร์มิก 3% (v/v), Coagulant A 3% (v/v), Coagulant B 10% (v/v) และ Coagulant C 10% (v/v)

4.1.1 ระยะเวลาในการแข็งตัวและค่าความเป็นกรด-ด่าง

ในงานวิจัยนี้ศึกษาการใช้สารตกตะกอนที่ปริมาตร 20 มิลลิลิตร ต่อน้ำยาง 1 ถ้วย (250 กรัม) จากนั้นจับเวลาที่ยางเกิดการแข็งตัวอย่างสมบูรณ์ โดยมีการวัดค่า pH ของสารตกตะกอนก่อนเทลงในถ้วยน้ำยาง (วัดค่าขณะที่เป็นสารละลาย) และหลังจากที่ยางแข็งตัวอย่างสมบูรณ์แล้ว (วัดค่าส่วนที่เป็นน้ำเซรัม)

จากตารางที่ 4.2 พบว่า Coagulant A และ Coagulant B มีค่าความเป็นกรดที่มากกว่าสารตกตะกอนกรดฟอร์มิก และ Coagulant C ทำให้ยางตกตะกอนได้เร็วกว่า เนื่องจากสามารถแตกตัวให้อิออนบวกของไฮโดรเจน (H^+) ได้มากกว่า ซึ่งจะไปทำลายอนุมูลอิสระของโปรตีนและคาร์บอกซิลเลต (COO^-) ที่อยู่รอบๆ อนุภาคยางกลายเป็นกรดไขมัน (Fatty acid) เกิดขึ้นรอบๆ อนุภาคยาง ทำให้ชั้นห่อหุ้มของอนุภาคยางที่เป็นสารแขวนลอยของน้ำยางเสียไป อนุภาคยางจึงจับกันเป็นก้อน

ตารางที่ 4.2 ระยะเวลาในการแข็งตัวของยางและค่าความเป็นกรด-ด่างของสารตกตะกอน

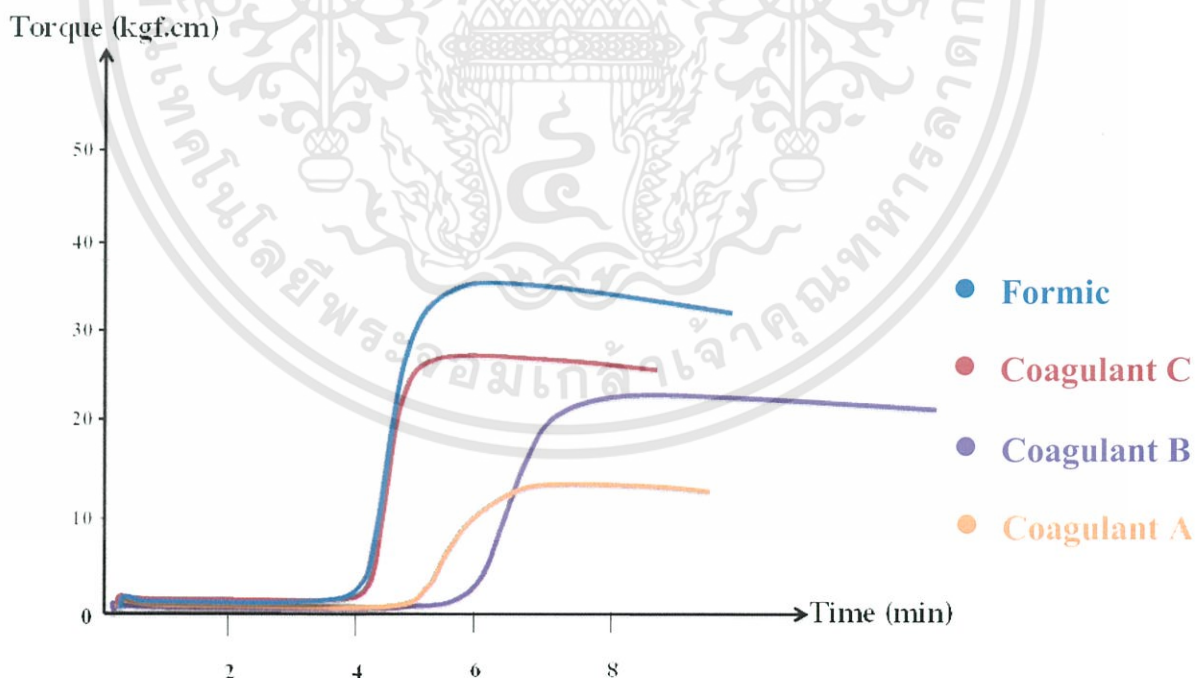
ลำดับ	สูตรยาง	เวลาการแข็งตัวของยาง (ชั่วโมง)	ผล pH	
			ก่อน	หลัง
1	Formic	50	1.87 ± 0.01	3.46 ± 0.01
2	Coagulant A	27	0.58 ± 0.02	1.44 ± 0.01
3	Coagulant B	27	0.59 ± 0.02	1.63 ± 0.01
4	Coagulant C	45	1.50 ± 0.05	3.93 ± 0.02

4.1.2 ลักษณะการเชื่อมโยง

ทำการทดลองโดยการนำยางผสมสูตรมาทดสอบลักษณะการเชื่อมโยงด้วยเครื่อง Moving die rheometer เพื่อหาค่าเวลาการเชื่อมโยงและเวลาก่อนการเชื่อมโยงที่อุณหภูมิ 150 °C

เป็นที่ทราบกันดีอยู่แล้วว่าสภาวะต่างเป็นสภาวะที่เหมาะสมในการเชื่อมโยงยาง ดังนั้น Coagulant A และ Coagulant B ที่มีค่าความเป็นกรดมาก (ตารางที่ 4.2) จึงหวังให้เวลาเริ่มการเชื่อมโยงช้า (Delay scorch time) กว่าชนิดอื่น (รูปที่ 4.1 และ ตารางที่ 4.3) เนื่องจากความเป็นกรดในระบบมีผลทำให้ประสิทธิภาพการทำงานของสารเชื่อมโยงและสารเร่งปฏิกิริยาเชื่อมโยงลดลง ทำให้ใช้เวลานานในการเกิดปฏิกิริยาเชื่อมโยง ดังนั้นอัตราเร็วเชื่อมโยงจึงมีค่าต่ำ สำหรับการเลือกใช้ Coagulant C ซึ่งเป็นสารสกัดจากชีวภาพ มีค่าความเป็นกรดที่ใกล้เคียงกับสารตกตะกอนกรดฟอร์มิก (ตารางที่ 4.2) ทำให้ผลของลักษณะการเชื่อมโยงที่ได้ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (รูปที่ 4.1) แต่ค่าแรงบิดสูงสุดเมื่อเส้นกราฟคงที่สูงสุด (M_{HF}) มีความแตกต่างกันอย่างชัดเจน ซึ่งค่าแรงบิดสูงสุดที่เพิ่มขึ้นมีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกันกับความแข็งของยางหลังเชื่อมโยง โดยสามารถเรียงลำดับค่าแรงบิดสูงสุดของยางจากการใช้สารตกตะกอน จากรูปที่ 4.1 ได้ดังนี้

Formic acid > Coagulant C > Coagulant B > Coagulant A



รูปที่ 4.1 กราฟการเชื่อมโยงของยางเมื่อใช้สารตกตะกอนกรดฟอร์มิกและสารตกตะกอนเชิงพาณิชย์ประเภทต่างๆ

ตารางที่ 4.3 ลักษณะการเชื่อมโยงของยางเมื่อใช้สารตกตะกอนกรดฟอร์มิคและสารตกตะกอน

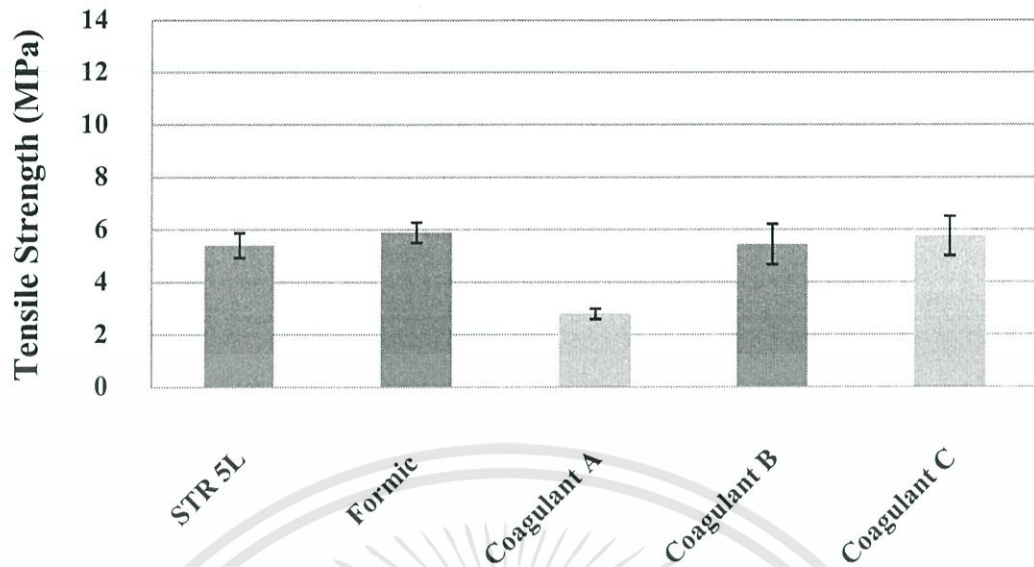
เชิงพาณิชย์ประเภทต่างๆ

สูตรยาง	Mooney	Torque (kgf.cm)		Scorch time	Cure time	Cure Rate Index
	ML 1+4, (100°C)	M _L	M _H	t ₅₂ (sec)	t ₉₀ (sec)	CRI (s ⁻¹)
Formic	15.90 ± 0.42	1.00 ± 0.00	34.00 ± 0.71	246.00 ± 2.12	283.80 ± 8.49	161.30 ± 2.59
Coagulant A	8.90	0.10	12.80	325.00	390.00	92.60
Coagulant B	12.60	0.50	22.40	360.00	498.00	43.50
Coagulant C	10.70	0.50	26.90	255.00	300.00	133.30

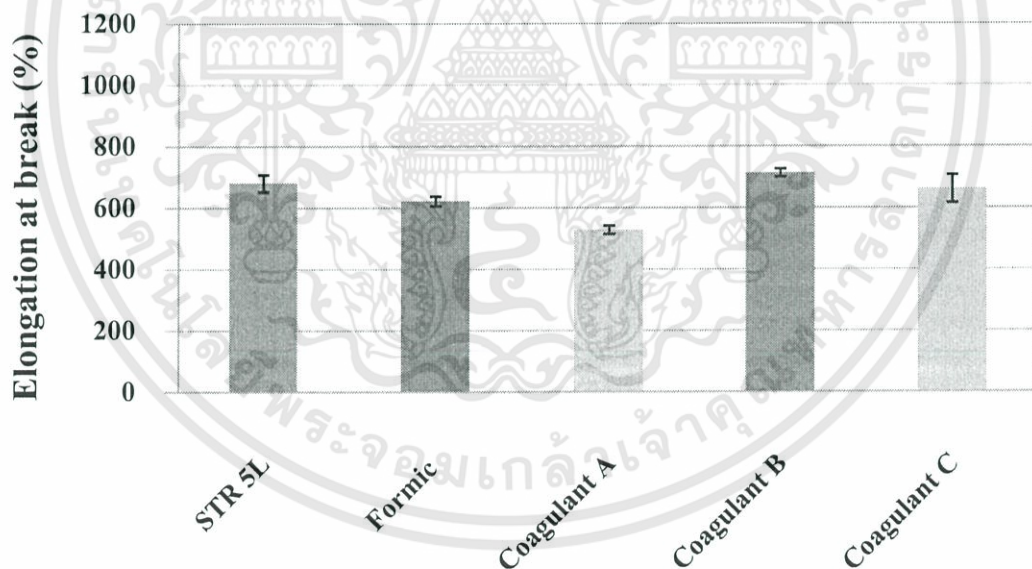
4.1.3 สมบัติเชิงกล

นำแผ่นยางผสมสูตรที่ผ่านการกดอัดขึ้นรูปมาตัดเป็นรูปดัมเบลล์ เพื่อนำไปทดสอบสมบัติเชิงกล ได้แก่ ความแข็งแรงดึง, เปอร์เซ็นต์การยืด ณ จุดขาด, ค่ามอดุลัสของยาง พร้อมทั้งทำการทดสอบค่าความแข็งกดด้วยเครื่องดูโรมิเตอร์แบบ Shore A สามารถแสดงผลได้ดังรูปที่ 4.2 - 4.5

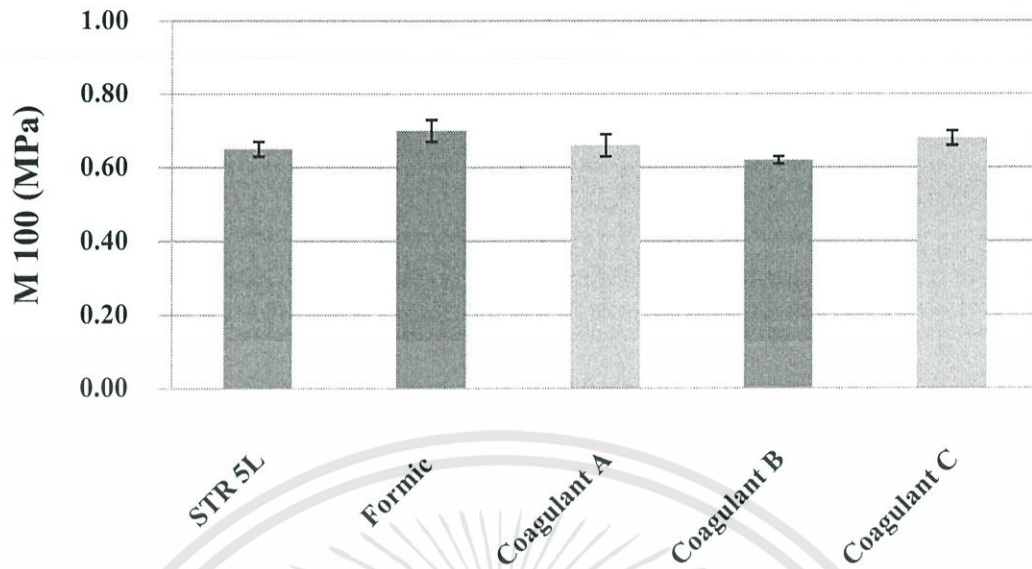
จากสมบัติเชิงกลที่ได้ พบว่ายางที่ได้จากการใช้สารตกตะกอนกรดฟอร์มิคให้ผลของสมบัติเชิงกลดีกว่าเล็กน้อย และยางที่ได้จากการใช้สารตกตะกอนเชิงพาณิชย์บางชนิดทำให้สมบัติเชิงกลด้อยลงอย่างมาก โดยเฉพาะค่าความแข็งแรงดึง (รูปที่ 4.2) และค่าเปอร์เซ็นต์การยืด ณ จุดขาด (รูปที่ 4.3) ซึ่งเป็นผลมาจากมีกรดเหลือตกค้างปริมาณน้อย (ตารางที่ 4.2) เนื่องจากกรดฟอร์มิคมีโมเลกุลเล็ก ครึ่งชีวิตสั้น สามารถสลายตัวกลายเป็นคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) และน้ำ (H₂O) ทำให้ไม่เหลือกรดตกค้างในเนื้อยางแห้งที่จะไปส่งผลกระทบต่อหรือหน่วงปฏิกิริยาเชื่อมโยงของยางกับสารเชื่อมโยง ทำให้ยางหลังการเชื่อมโยงมีสมบัติเชิงกลที่ดี โดยผลจากสมบัติที่ได้มีความสอดคล้องกันกับลักษณะการเชื่อมโยง



รูปที่ 4.2 ค่าความแข็งแรงดึงของยางเมื่อใช้สารตกตะกอนกรดฟอรั่มิกและสารตกตะกอนเชิงพาณิชย์ประเภทต่างๆ

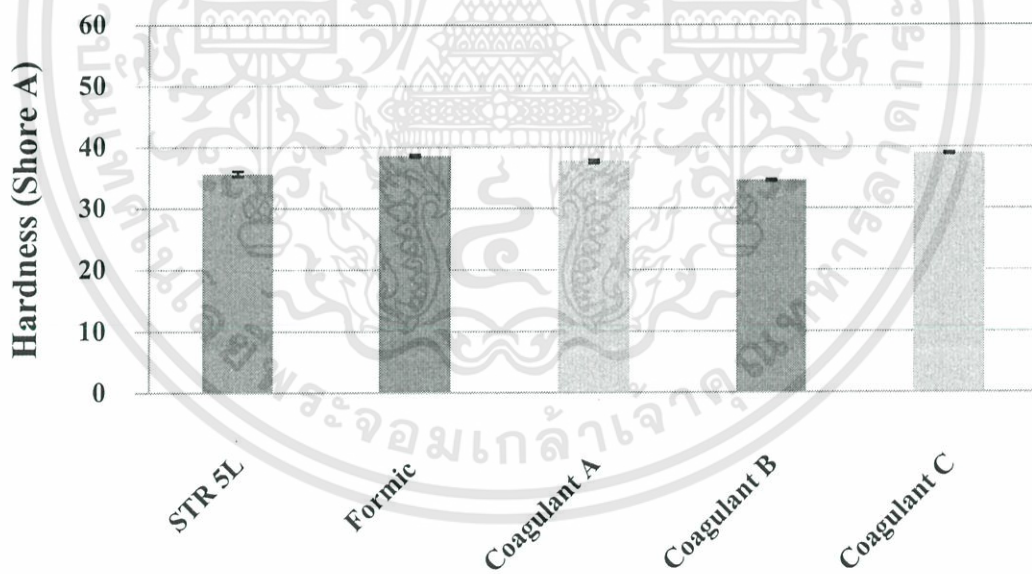


รูปที่ 4.3 ค่าเปอร์เซ็นต์การยืด ณ จุดขาดของยางเมื่อใช้สารตกตะกอนกรดฟอรั่มิกและสารตกตะกอนเชิงพาณิชย์ประเภทต่างๆ



สูตรยาง

รูปที่ 4.4 ค่าความเค้นที่ 100% การยืดของยางเมื่อใช้สารตกตะกอนกรดฟอร์มิกและสารตกตะกอนเชิงพาณิชย์ประเภทต่างๆ



สูตรยาง

รูปที่ 4.5 ค่าความแข็งกดของยางเมื่อใช้สารตกตะกอนกรดฟอร์มิกและสารตกตะกอนเชิงพาณิชย์ประเภทต่างๆ

4.1.4 สมบัติตามมาตรฐานยางแห่งประเทศไทย

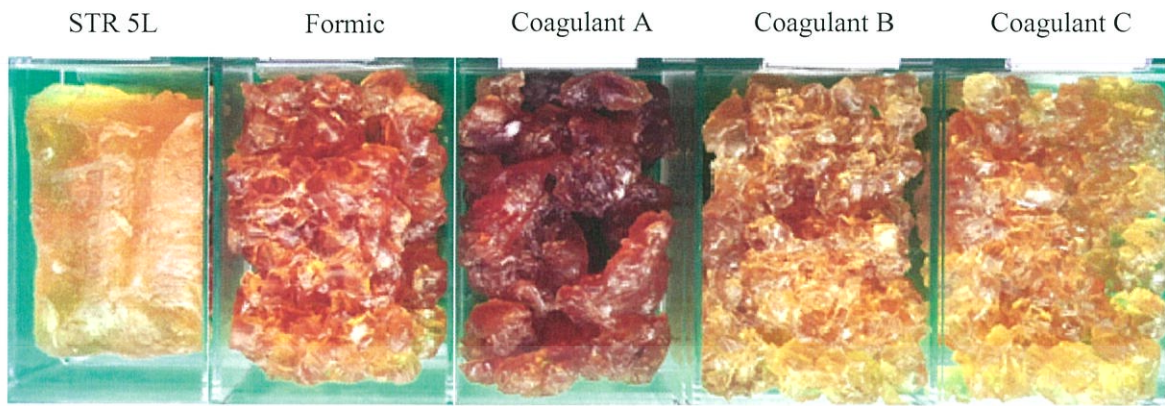
นำยางดิบที่ได้จากการใช้สารตกตะกอนมาทดสอบสมบัติตามมาตรฐานยางแห่งประเทศไทย ได้แก่ ปริมาณสิ่งสกปรก, ปริมาณสิ่งระเหย, ปริมาณเถ้า, ปริมาณไนโตรเจน, ค่าความอ่อนตัวเริ่มแรก, ดัชนีความอ่อนตัว, ความหนืดมูนนี้ และค่าสีโลวิบอนด์ สามารถแสดงผลได้ดังตารางที่ 4.4

ค่าความอ่อนตัวเริ่มแรก เป็นสมบัติที่บ่งบอกถึงความสามารถในการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของยางดิบหรือยางผสมสูตร ยางที่มีความหนืดสูงมีแนวโน้มของค่าความอ่อนตัวที่สูงทำให้มีความสามารถในการไหลที่ต่ำ ยางคุณภาพดีเช่น STR 5L จึงควรมีค่าความอ่อนตัวเริ่มแรกไม่ต่ำกว่า 35 (เป็นผลมาตรฐานของสถาบันยาง) จากตารางที่ 4.4 พบว่าสารตกตะกอนกรดฟอร์มิคมีค่าความอ่อนตัวเริ่มแรกสูงกว่าสารตกตะกอนเชิงพาณิชย์ทุกประเภท ทั้งนี้เป็นผลมาจากกรดฟอร์มิคมีโมเลกุลเล็ก สลายตัวได้ง่าย กรดเหลือตกค้างปริมาณน้อย ทำให้ยางยังคงมีความยืดหยุ่น มีความสามารถในการไหลที่ต่ำเมื่อเทียบกับสารตกตะกอนเชิงพาณิชย์ชนิดอื่นๆ ซึ่งจะส่งผลดีต่อกระบวนการขึ้นรูป

ดัชนีความอ่อนตัวของยาง เป็นค่าที่แสดงถึงความต้านทานต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Oxidation) ของยางธรรมชาติที่อุณหภูมิ 140°C เป็นเวลา 30 นาที ยางแผ่นที่มีคุณภาพดี ต้องมีดัชนีความอ่อนตัวของยางไม่ต่ำกว่า 60 (เป็นผลมาตรฐานของสถาบันยาง) จากตารางที่ 4.4 พบว่า Coagulant A มีดัชนีความอ่อนตัวของยางสูงที่สุด ซึ่งอาจเป็นไปได้ว่า Coagulant A มีสารแอนติออกซิแดนต์ผสมอยู่ นอกจากนี้การใช้ Coagulant B และ Coagulant C ให้ดัชนีความอ่อนตัวของยางที่ต่ำกว่ามาตรฐาน ทำให้ยางไม่มีความเสถียรต่อการเสื่อมสภาพ และการใช้สารละลายกรดฟอร์มิคให้ดัชนีความอ่อนตัวของยางที่ต่ำกว่ามาตรฐาน ซึ่งอาจเป็นผลมาจากสภาวะในการเก็บและเตรียมน้ำยางขึ้นก่อนทำการทดลองเพราะยางธรรมชาติมีความไวต่อสภาพแวดล้อมเป็นอย่างมาก

จากตารางที่ 4.4 พบว่า Coagulant A มีค่าสีโลวิบอนด์ที่มากกว่าสารตกตะกอนชนิดอื่นๆ ทำให้ยางที่ได้มีสีคล้ำกว่ามาตรฐาน (รูปที่ 4.6) เมื่อนำไปจัดจำหน่ายจะถูกจัดเป็นยางเกรดต่ำ ราคาถูก จึงไม่เหมาะที่จะนำมาใช้เป็นสารตกตะกอน สาเหตุที่ได้ยางสีคล้ำกว่าคาดว่า เนื่องจาก Coagulant A เป็นกรดผสมและคาดว่ามีการซัลฟูริก (H_2SO_4) เป็นองค์ประกอบ เนื่องจากเป็นกรดแก่ราคาถูก แต่การมีกำมะถันเป็นองค์ประกอบ ทำให้เกิดสารเชิงซ้อนที่มีสีเข้ม สังกัดได้จากสีของยางเครพที่เกิดการตกตะกอนจากหางน้ำยางโดยใช้กรดซัลฟูริกจะมีสีเข้ม สำหรับสารตกตะกอนชนิดอื่นๆ นั้นให้ผลของค่าสีโลวิบอนด์ที่ไม่เกินกว่าค่ามาตรฐานยางแห่งประเทศไทย STR 5L ที่กำหนด และไม่มี ความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.6 ข้างแท่งมาตรฐาน STR 5L และข้างแท่งที่ได้จากการใช้สารตกตะกอนกรดฟอร์มิก, Coagulant A, Coagulant B และ Coagulant C (ตามลำดับจากซ้ายไปขวา)

ตารางที่ 4.4 สมบัติของยางตามมาตรฐานยางแท่งไทยที่ได้จากการใช้สารตกตะกอนกรดฟอร์มิกและสารตกตะกอนเชิงพาณิชย์ประเภทต่างๆ

สมบัติ	STR 5L	Formic	Coagulant A	Coagulant B	Coagulant C
ปริมาณสิ่งสกปรก (%)	< 0.04	0.01	0.023	0.012	0.013
ปริมาณสิ่งระเหย (%)	< 0.80	0.26	0.34	0.17	0.19
ปริมาณเถ้า (%)	< 0.40	0.21	0.49	0.09	0.12
ปริมาณไนโตรเจน (%)	< 0.60	0.21	0.36	0.21	0.21
ค่าความอ่อนตัวเริ่มแรก	> 35.00	57.00	25.00	51.50	53.50
ดัชนีความอ่อนตัวของยาง	> 60.00	36.20	68.00	35.00	46.70
ความหนืด ML (1+4), 100°C	-	98.30	53.20	96.10	101.40
สีวัดด้วยโลวิบอนด์สเกล	< 6.00	5.00	10.00	3.00	3.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การใช้สารตกตะกอนเชิงพาณิชย์ส่งผลต่อสมบัติของยางอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งการใช้สารตกตะกอนเชิงพาณิชย์ที่ไม่เหมาะสมจะส่งผลให้สมบัติต่างๆ ของยางด้อยลง ไม่ว่าจะเป็นลักษณะการเชื่อมโยง, สมบัติเชิงกล, ค่าสปีโลบอนด์ เป็นต้น จากการทดลองตอนนี้ พบว่าการใช้สารตกตะกอนกรดฟอร์มิคให้สมบัติที่ดีกว่าการใช้สารตกตะกอนเชิงพาณิชย์ที่นำมาทดลอง

4.2 ผลของชนิดสารต้านเชื้อราที่มีผลต่อสมบัติต่างๆ ของยางก้อนถ้วย

ในการทดลองตอนนี้เป็นการศึกษาผลของการใช้สารต้านเชื้อราได้แก่ สารต้านเชื้อรา Nipacide® Bit 20 และไกลออกซอล ผสมลงในสารตกตะกอนกรดฟอร์มิคที่มีความเข้มข้น 3% (v/v) ในปริมาณ 0.2% (wt of DRC) เพื่อศึกษาผลของสารต้านเชื้อราที่มีผลต่อประสิทธิภาพการใช้งานของสารตกตะกอน เช่น ระยะเวลาในการแข็งตัว, ลักษณะการเชื่อมโยง, สมบัติเชิงกล, สมบัติตามมาตรฐานยางแห่งประเทศไทย รวมทั้งประสิทธิภาพการป้องกันเชื้อรา

4.2.1 ระยะเวลาในการแข็งตัวและค่าความเป็นกรด-ด่าง

ในงานวิจัยนี้ศึกษาการใช้สารตกตะกอนที่ปริมาตร 20 มิลลิลิตร ต่อน้ำยาง 1 ถ้วย (250 กรัม) จากนั้นจับเวลาที่ยางเกิดการแข็งตัวอย่างสมบูรณ์ โดยมีการวัดค่า pH ของสารตกตะกอนก่อนเทลงในถ้วยน้ำยาง (วัดค่าขณะที่เป็นสารละลาย) และหลังจากที่ยางแข็งตัวอย่างสมบูรณ์แล้ว (วัดค่าส่วนที่เป็นน้ำเซรัม) สามารถแสดงผลการทดลองได้ตามตารางที่ 4.5

จากตารางที่ 4.5 พบว่า การเติมสารต้านเชื้อราไกลออกซอล ทำให้สารตกตะกอนกรดฟอร์มิคมีความเป็นกรดเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ยางแข็งตัวเร็วขึ้น ส่วนการเติมสารต้านเชื้อรา Nipacide® Bit 20 มีผลทำให้สารตกตะกอนกรดฟอร์มิคมีความเป็นด่างเพิ่มขึ้น ทำให้การแข็งตัวของยางช้าลง เนื่องจากมีความเป็นกรดน้อยกว่า

ตารางที่ 4.5 ระยะเวลาในการแข็งตัวของยางและค่าความเป็นกรด-ด่างของสารตกตะกอน

กรดฟอร์มิกผสมสารต้านเชื้อราชนิดต่างๆ

ลำดับ	สูตรยาง	เวลาการแข็งตัวของยาง	ผล pH	
		(ชั่วโมง)	ก่อน	หลัง
1	Formic	50	1.87 ± 0.01	3.46 ± 0.01
2	Formic + NI	52	2.01 ± 0.01	3.56 ± 0.01
3	Formic + GL	47	1.82 ± 0.03	3.64 ± 0.01

4.2.2 สมบัติการต้านเชื้อรา

หลังจากยางแข็งตัวอย่างสมบูรณ์แล้ว นำยางที่ได้มาทดสอบสมบัติการต้านเชื้อรา โดยสังเกตความเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในทุกๆ 3 วัน เป็นเวลาทั้งหมด 15 วัน ผลจากการสังเกตเป็นไปดังรูปที่ 4.7

จากการสังเกตการเปลี่ยนแปลงหลังจากยางแข็งตัวอย่างสมบูรณ์ พบว่า ยางที่ได้จากการใช้สารตกตะกอนกรดฟอร์มิกมีสีคล้ำขึ้นหลังจากผ่านไป 3 วัน และมีราปรากฏขึ้นหลังจากผ่านไป 6 วัน ในขณะที่การเติมสารต้านเชื้อราทั้งสองชนิดไม่พบราบนก้นยางเกิดขึ้น แต่มีความเปลี่ยนแปลงของสียางเล็กน้อย หลังจากผ่านไป 15 วัน ยางที่ได้จากการใช้สารตกตะกอนกรดฟอร์มิก มีราปรากฏขึ้นทั่วทั้งก้อน ก้อนยางมีสีคล้ำมากกว่ายางที่ได้จากการใช้สารต้านเชื้อราทั้งสองชนิด ขณะที่ก้อนยางที่ได้จากการเติมสารต้านเชื้อรา Nipacide® Bit 20 ยังคงไม่พบราเกิดขึ้น ซึ่งแตกต่างกับก้อนยางที่ได้จากการเติมสารต้านเชื้อรา ไกลออกซอล ที่เริ่มมีราปรากฏขึ้น สรุปได้ว่า การใช้สารต้านเชื้อรา มีความจำเป็นในการผลิตยางก้อนด้วยคุณภาพดีให้ปราศจากรา นอกจากนี้ประสิทธิภาพการต้านเชื้อราของสาร Fungicide แต่ละชนิดไม่เท่ากัน ในการทดลองนี้การใช้สารต้านเชื้อรา Nipacide® Bit 20 ที่ปริมาณ 0.2% (wt of DRC) ให้ประสิทธิภาพการต้านเชื้อราที่ดีกว่าการใช้สารต้านเชื้อรา ไกลออกซอล โดยกลไกการต้านเชื้อราเกิดจากอนุมูลอิสระ (Free radical หรือ oxidant) ของสารต้านเชื้อราซึ่งเป็นผลพลอยได้จากการใช้ออกซิเจนในกระบวนการเมตาบอลิซึม (Metabolism) ของเซลล์ที่เป็นโมเลกุลไม่เสถียร และมีความว่องไวต่อการเกิดปฏิกิริยาเคมีเข้าทำปฏิกิริยาเคมีกับสารชีวโมเลกุลต่างๆ ที่อยู่รอบข้างทันทีที่ถูกสร้างขึ้น ส่งผลให้จุลินทรีย์เกิดการยับยั้งหรือทำลายได้ ไม่ว่าจะเป็

การเปลี่ยนสภาพโปรตีนและไขมันของเยื่อหุ้มเซลล์ หรือการสร้างพันธะโควาเลนต์ (Covalent bond) กับโปรตีนหรือเอนไซม์ (Enzyme) บางชนิดจนทำให้การทำงานของโปรตีนหรือเอนไซม์ เหล่านั้นผิดปกติ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

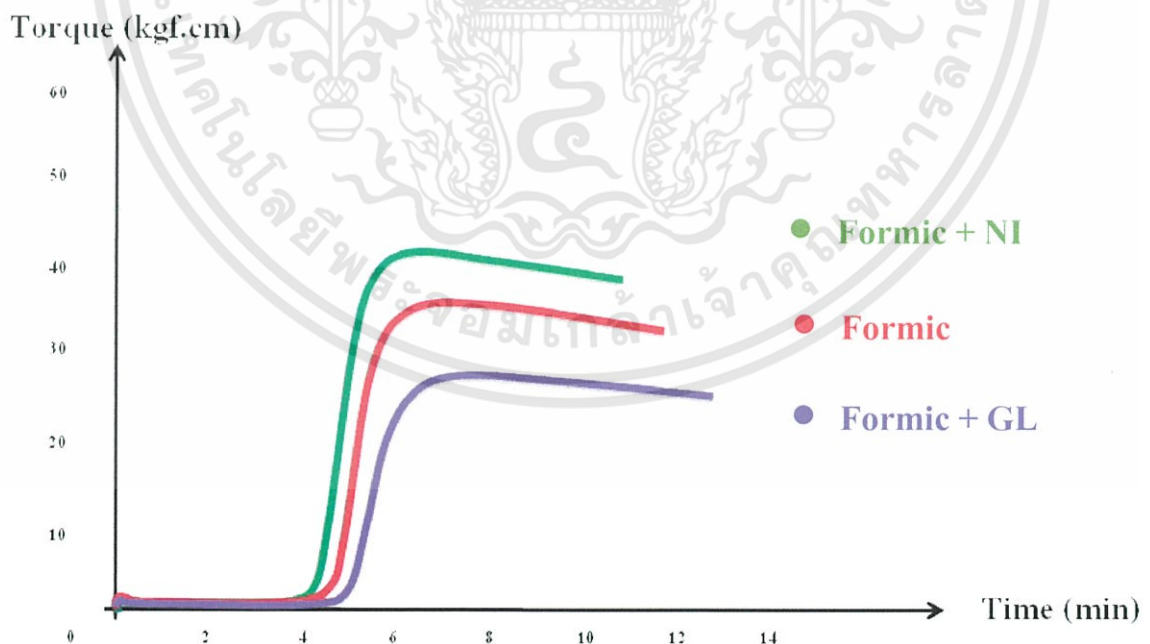


รูปที่ 4.7 การขึ้นราของยางจากการใช้สารตกตะกอนกรดฟอร์มิก, กรดฟอร์มิกผสมสารต้านเชื้อรา Nipacide[®] Bit 20 และกรดฟอร์มิกผสมสารต้านเชื้อราไกลออกซอล (จากซ้ายไปขวา) ระยะเวลาดำเนินการ 1, 3, 6, 9, 12 และ 15 วัน ตามลำดับ (จากบนลงล่าง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.3 ลักษณะการเชื่อมโยง

จากรูปที่ 4.8 พบว่า การเติมสารต้านเชื้อราในสารละลายกรดฟอร์มิกไม่ทำให้ได้ Scorch time ที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่การเติมสารต้านเชื้อราไกลออกซอลจะทำให้ยางมีความแข็งแรงหลังเชื่อมโยงที่ต่ำกว่าการเติมสารต้านเชื้อรา Nipacide® Bit 20 เนื่องจากความเป็นกรดที่เพิ่มขึ้นไปรบกวนการทำงานระหว่างสารเชื่อมโยงและสารเร่งเชื่อมโยง ทำให้สารทั้งสองมีประสิทธิภาพการทำงานที่ลดลงเกิดปฏิกิริยาการเชื่อมโยงช้า นอกจากนี้ยังทำให้ยางมีความนุ่มขึ้นสังเกตจากค่าแรงบิดที่ต่ำที่สุด และมีดัชนีอัตราเร็วเชื่อมโยงที่ต่ำ เมื่อเทียบกับสารตกตะกอนอีก 2 ชนิด อย่างไรก็ตามการเติมสารต้านเชื้อรา Nipacide® Bit 20 ซึ่งเป็นสารประกอบเอมีน (Amine) ลงในสารตกตะกอนกรดฟอร์มิกจะทำให้ยางมีความแข็งแรงหลังเชื่อมโยงที่สูงกว่าการเติมสารต้านเชื้อราไกลออกซอล เนื่องจากความเป็นด่างจากโครงสร้างจะส่งผลให้การทำงานระหว่างสารเชื่อมโยงและสารเร่งเชื่อมโยงมีประสิทธิภาพการทำงานที่ดีขึ้น เนื่องจากเป็นที่ทราบกันดีอยู่แล้วว่าการเกิดปฏิกิริยาเชื่อมโยงของยางจะทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพเมื่อมีสถานะที่เป็นด่าง ดังนั้นการเติมสารต้านเชื้อรา Nipacide® Bit 20 ลงในสารตกตะกอนกรดฟอร์มิกจึงทำให้ได้ดัชนีอัตราเร็วเชื่อมโยงของยางที่สูงกว่าการใช้สารตกตะกอนกรดฟอร์มิกและสารตกตะกอนกรดฟอร์มิกที่ผสมสารต้านเชื้อราไกลออกซอล ตามลำดับ



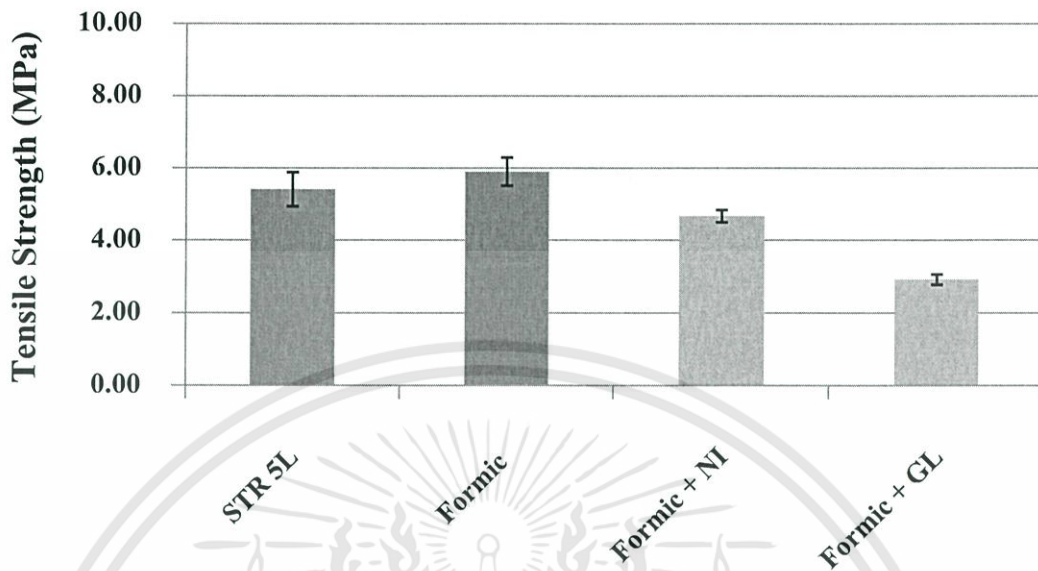
รูปที่ 4.8 กราฟการเชื่อมโยงของยางเมื่อใช้สารตกตะกอนกรดฟอร์มิกที่มีการผสมสารต้านเชื้อรา

ตารางที่ 4.6 ลักษณะการเชื่อมโยงของยางเมื่อใช้สารตกตะกอนกรดฟอร์มิคที่มีการผสมสารต้านเชื้อราชนิดต่างๆ

สูตรยาง	Mooney	Torque (kgf.cm)		Scorch time	Cure time	Cure Rate Index
	ML 1+4, (100°C)	M _L	M _H	t _{s2} (sec)	t ₉₀ (sec)	CRI (s ⁻¹)
Formic	15.90 ± 0.42	1.00 ± 0.00	34.00 ± 0.71	246.00 ± 2.12	283.80 ± 8.49	161.30 ± 2.59
Formic + NI	23.90 ± 0.07	1.00 ± 0.00	41.50 ± 0.71	240.00 ± 8.49	273.00 ± 12.73	181.90 ± 2.31
Formic + GL	12.00 ± 0.14	0.60 ± 0.21	25.90 ± 1.27	294.00 ± 16.97	390.00 ± 4.24	62.50 ± 1.18

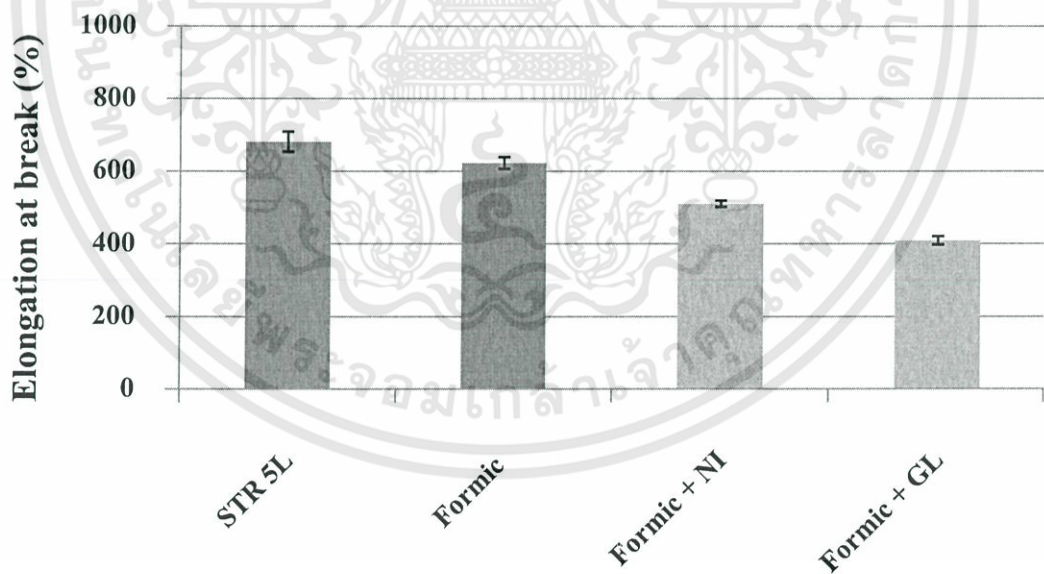
4.2.4 สมบัติเชิงกล

การเติมสารต้านเชื้อราลงในสารตกตะกอนกรดฟอร์มิคจะทำให้สมบัติเชิงกลลดลง แต่การเติมสารต้านเชื้อรา Nipacide® Bit 20 จะให้สมบัติเชิงกลที่ดีกว่าการเติมสารต้านเชื้อราไกลออกซอล โดยเฉพาะค่าความแข็งแรงดึง (รูปที่ 4.9) และค่าเปอร์เซ็นต์การยืด ณ จุดขาด (รูปที่ 4.10) เนื่องจากสารต้านเชื้อราไกลออกซอล มีความเป็นกรดมากกว่า (ตารางที่ 4.5) ทำให้ดัชนีอัตราเร็วเชื่อมโยงต่ำ เป็นผลให้สมบัติเชิงกลต่ำลง โดยเฉพาะค่าความแข็งแรงดึง (รูปที่ 4.9) และค่าเปอร์เซ็นต์การยืด ณ จุดขาดของยาง (รูปที่ 4.10) ซึ่งสอดคล้องกับผลของลักษณะการเชื่อมโยง



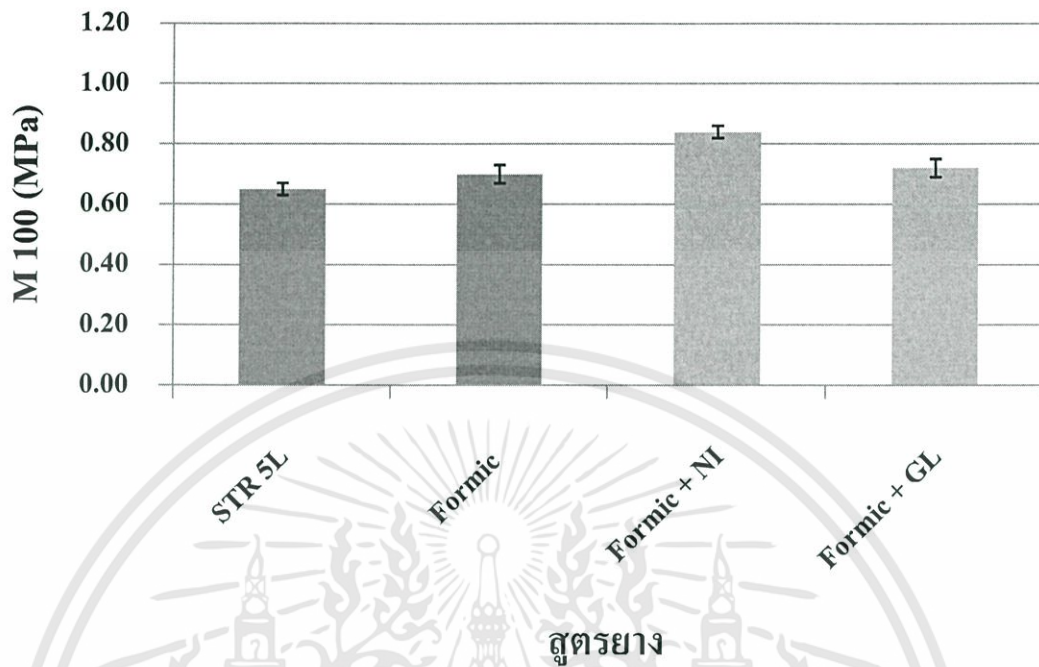
สูตรยาง

รูปที่ 4.9 ค่าความแข็งแรงดึงของยางเมื่อใช้ตกตะกอนกรดฟอร์มิกและสารตกตะกอนกรดฟอร์มิกผสมสารต้านเชื้อราชนิดต่างๆ

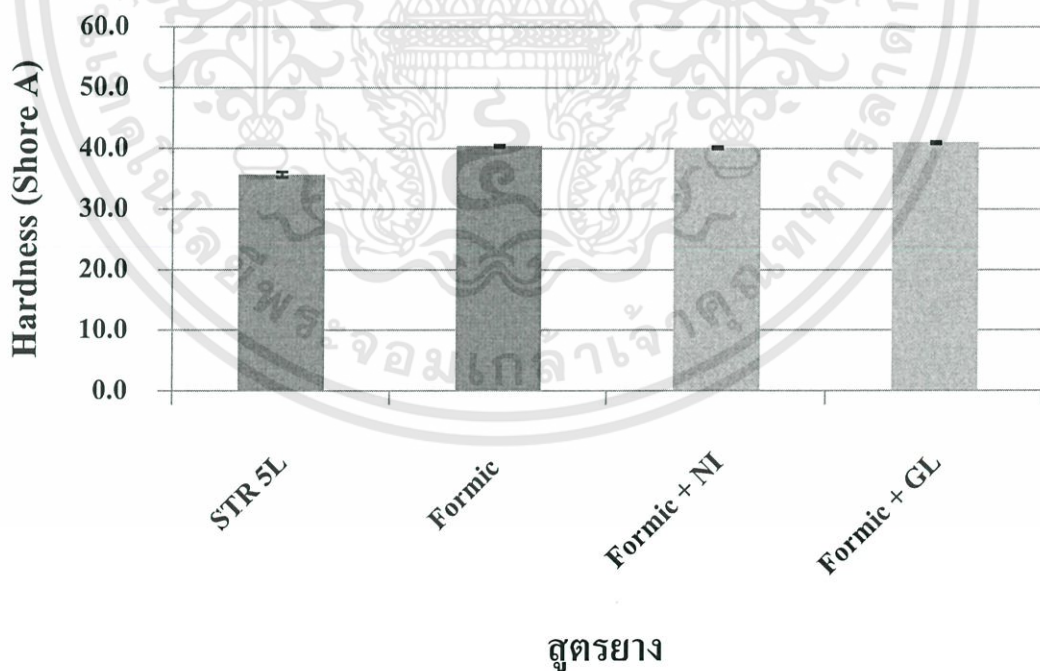


สูตรยาง

รูปที่ 4.10 ค่าเปอร์เซ็นต์การยืด ณ จุดขาดของยางเมื่อใช้สารตกตะกอนกรดฟอร์มิกและสารตกตะกอนกรดฟอร์มิกผสมสารต้านเชื้อราชนิดต่างๆ



รูปที่ 4.11 ค่าความเค้นที่ 100% การยืดของยางเมื่อใช้สารตกตะกอนกรดฟอร์มิกและสารตกตะกอนกรดฟอร์มิกผสมสารต้านเชื้อราชนิดต่างๆ



รูปที่ 4.12 ค่าความแข็งกดของยางเมื่อใช้สารตกตะกอนกรดฟอร์มิกและสารตกตะกอนกรดฟอร์มิกผสมสารต้านเชื้อราชนิดต่างๆ

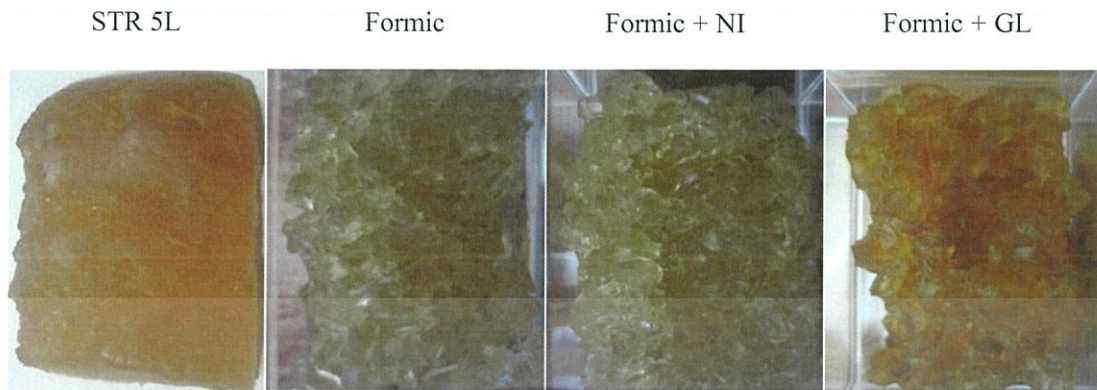
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.5 สมบัติตามมาตรฐานยางแห่งประเทศไทย

จากตารางที่ 4.7 พบว่าการเติมสารต้านเชื้อรา Nipacide® Bit 20 มีค่าความอ่อนตัวเริ่มแรกสูงที่สุด เนื่องจากยางมีดัชนีอัตราเร็วเชื่อมโยงที่ดีกว่า (จากรูปที่ 4.8) ทำให้โครงสร้างภายในของยางที่ได้จากการใช้สารต้านเชื้อรา Nipacide® Bit 20 มีความแข็งแรงกว่า นอกจากนี้ยังพบอีกว่า การเติมสารต้านเชื้อราทั้งสองชนิดลงในสารตกตะกอนกรดฟอร์มิก จะทำให้ดัชนีความอ่อนตัวของยางต่ำลง เนื่องจากโมเลกุลของสารต้านเชื้อราเมื่อออกซิเจนเป็นองค์ประกอบซึ่งว่องไวต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันทำให้ยางเกิดการเสื่อมสภาพ (Degradation) แบบเชื่อมโยง (Crosslinking) สำหรับค่าสีโลวิบอนด์ พบว่าการเติมสารต้านเชื้อราไกลออกซอล ให้ค่าสีที่เกินกว่ามาตรฐาน เนื่องจากไกลออกซอลเป็นหมู่อัลดีไฮด์ (Aldehyde) และมีพันธะคู่ (Double bond) ทำให้สามารถดูดกลืนแสงและให้สีที่เข้มกว่า

ตารางที่ 4.7 สมบัติของยางตามมาตรฐานยางแห่งประเทศไทยที่ได้จากการใช้สารตกตะกอนกรดฟอร์มิก, กรดฟอร์มิกผสมสารต้านเชื้อรา Nipacide® Bit 20 และกรดฟอร์มิกผสมสารต้านเชื้อราไกลออกซอล

สมบัติ	STR 5L	Formic	Formic + NI	Formic + GL
ปริมาณสิ่งสกปรก (%)	< 0.04	0.01	0.004	0.004
ปริมาณสิ่งระเหย (%)	< 0.80	0.26	0.10	0.13
ปริมาณเถ้า (%)	< 0.40	0.21	0.03	0.06
ปริมาณไนโตรเจน (%)	< 0.60	0.21	0.17	0.17
ค่าความอ่อนตัวเริ่มแรก	> 35.00	47.00	52.50	40.50
ดัชนีความอ่อนตัวของยาง	> 60.00	36.20	32.50	28.00
ความหนืด ML (1+4), 100°C	-	98.30	95.20	98.40
สีวัดด้วยโลวิบอนด์สเกล	< 6.00	5.00	3.50	8.00



รูปที่ 4.13 ยางแท่งมาตรฐาน STR 5L และยางแท่งที่ได้จากการใช้สารตกตะกอนกรดฟอร์มิก, กรดฟอร์มิกผสมสารต้านเชื้อรา Nipacide[®] Bit 20 และกรดฟอร์มิกผสมสารต้านเชื้อรา ไกลออกซอล (ตามลำดับจากซ้ายไปขวา)

การเติมสารต้านเชื้อราส่งผลต่อสมบัติต่างๆ ของยางอย่างมีนัยสำคัญ โดยเฉพาะประสิทธิภาพการต้านเชื้อราและสมบัติของยางแท่ง ซึ่งประสิทธิภาพในการทำงานของสารต้านเชื้อราแต่ละชนิดไม่เท่ากัน ขึ้นกับชนิดและปริมาณที่ใช้ จากการศึกษา พบว่าสารต้านเชื้อรา Nipacide[®] Bit 20 ปริมาณ 0.2% (wt of DRC) ให้ประสิทธิภาพการทำงานที่ดีกว่า

4.3 ผลของชนิดสารฟอกสีที่มีผลต่อสมบัติต่างๆ ของยางก้อนถ้วย

ในการทดลองตอนนี้เป็นการศึกษาผลของการใช้สารฟอกสีเพื่อปรับปรุงสีของยางก้อนถ้วย ไม่ให้มีสีคล้ำกว่ามาตรฐานของยางแท่งคุณภาพดี เช่น STR 5L และ STR 10 เป็นต้น ดังนั้นจึงมีการใช้สารฟอกสี โซเดียมไฮโดรซัลไฟด์และโซเดียมเมตาไบซัลไฟด์ ผสมในสารตกตะกอนกรดฟอร์มิกที่มีความเข้มข้น 3% (v/v) ในปริมาณ 0.4% (wt of DRC) เพื่อศึกษาผลของสารฟอกสีที่มีต่อประสิทธิภาพการใช้งานของสารตกตะกอน โดยศึกษาจากสมบัติของยางที่มีการใช้สารตกตะกอน เช่น ระยะเวลาในการแข็งตัว, ลักษณะการเชื่อมโยง, สมบัติเชิงกล และสมบัติตามมาตรฐานยางแท่งไทย

4.3.1 ระยะเวลาในการแข็งตัวและค่าความเป็นกรด-ด่าง

ในงานวิจัยนี้ศึกษาการใช้สารตกตะกอนที่ปริมาตร 20 มิลลิลิตร ต่อน้ำยาง 1 ถ้วย (250 กรัม) จากนั้นจับเวลาที่ยางเกิดการแข็งตัวอย่างสมบูรณ์ โดยมีการวัดค่า pH ของสารตกตะกอนก่อนเทลงในถ้วยน้ำยาง (วัดค่าขณะที่เป็นสารละลาย) และหลังจากที่ยางแข็งตัวอย่างสมบูรณ์แล้ว (วัดค่าส่วนที่เป็นน้ำเซรุ่ม) สามารถแสดงผลการทดลองได้ตามตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.8 ระยะเวลาในการแข็งตัวของยางและค่าความเป็นกรด-ด่างของสารตกตะกอน

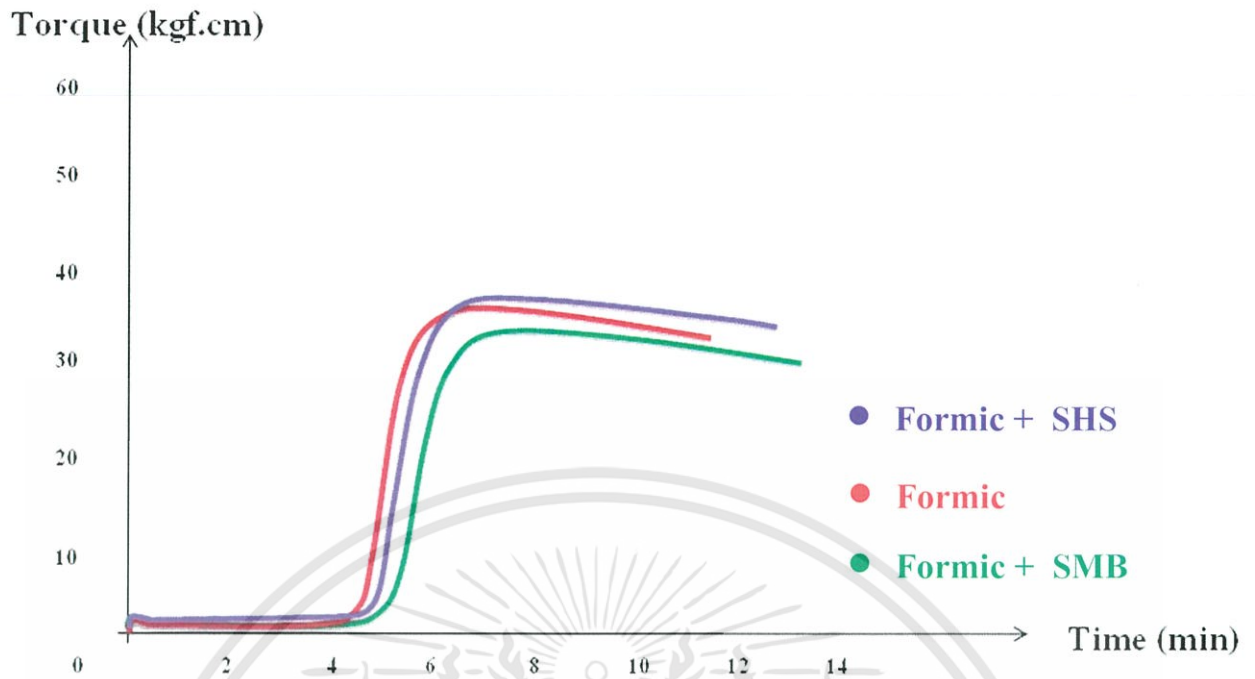
กรดฟอร์มิกผสมสารฟอกสีชนิดต่างๆ

ลำดับ	สูตรยาง	เวลาการแข็งตัวของยาง (ชั่วโมง)	ผล pH	
			ก่อน	หลัง
1	Formic	50	1.87 ± 0.01	3.46 ± 0.01
2	Formic + SHS	61	2.18 ± 0.00	3.68 ± 0.00
3	Formic + SMB	53	2.04 ± 0.00	3.68 ± 0.00

การเติมสารฟอกสี SHS และสารฟอกสี SMB ในสารตกตะกอนกรดฟอร์มิกทำให้ค่า pH ในระบบเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ยางแข็งตัวช้าลง (ตารางที่ 4.6) เนื่องจากในสภาวะปกติสารฟอกสีทั้งสองชนิดมีค่า pH ประมาณ 3.5 – 5

4.3.2 ลักษณะการเชื่อมโยง

จากรูปที่ 4.14 พบว่าการเติมสารฟอกสีทั้งสองชนิดลงในสารละลายกรดฟอร์มิก ทำให้ได้กราฟที่เป็น Delay scorch time เล็กน้อยแต่ไม่ได้ส่งผลต่อลักษณะการเชื่อมโยงอย่างมีนัยสำคัญ



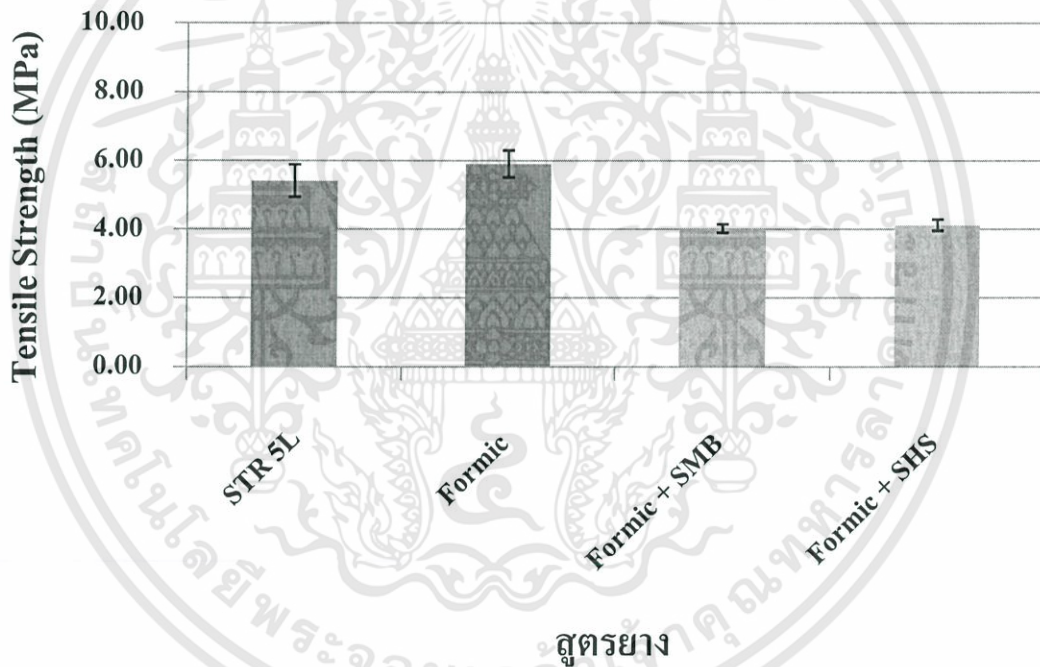
รูปที่ 4.14 กราฟการเชื่อมโยงของยางเมื่อใช้สารตกตะกอนกรดฟอร์มิกที่มีการผสมสารฟอกสีชนิดต่างๆ

ตารางที่ 4.9 ลักษณะการเชื่อมโยงของยางเมื่อใช้สารตกตะกอนกรดฟอร์มิกที่มีการผสมสารฟอกสีชนิดต่างๆ

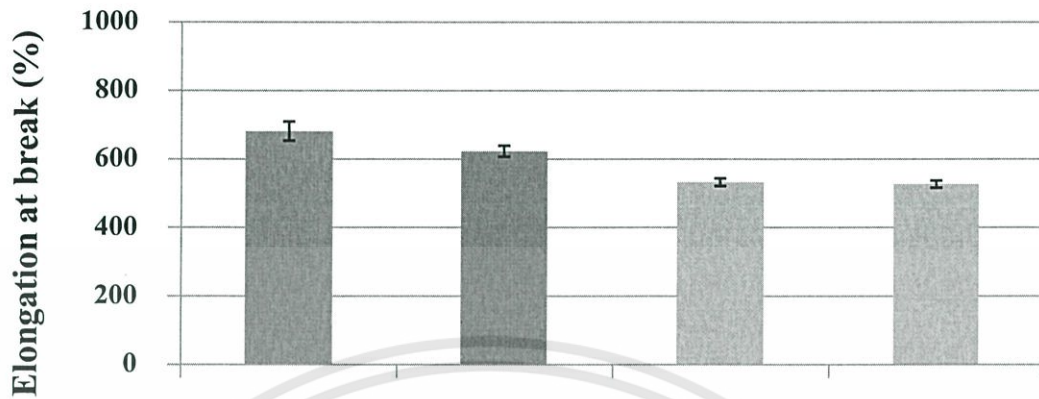
สูตรยาง	Mooney	Torque (kgf.cm)		Scorch time	Cure time	Cure Rate Index
	ML 1+4, (100°C)	M_L	M_H	t_{s2} (sec)	t_{c90} (sec)	CRI (s^{-1})
Formic	15.90 ± 0.42	1.00 ± 0.00	34.00 ± 0.71	246.00 ± 2.12	283.80 ± 8.49	161.30 ± 2.59
Formic + SHS	17.60 ± 0.00	1.00 ± 0.00	36.05 ± 0.07	297.00 ± 12.73	363.00 ± 0.00	90.90 ± 3.85
Formic + SMB	15.10 ± 0.00	0.65 ± 0.21	33.35 ± 0.49	300.00 ± 14.85	384.00 ± 8.49	71.40 ± 2.47

4.3.3 สมบัติเชิงกล

จากรูปที่ 4.15 – 4.18 พบว่าการเติมสารฟอกสีทั้งสองชนิดลงในสารละลายกรดฟอร์มิคมีผลให้สมบัติเชิงกลมีค่าลดลงเล็กน้อย เนื่องจากผลของ Oxidizing agent ซึ่งไปเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชัน โดยเฉพาะเมื่อสัมผัสกับอากาศ ทั้งนี้อาจเป็นเพราะปริมาณของสารฟอกสีที่ใช้ไม่เหมาะสม และสมบัติเชิงกลที่ได้จากการเติมสารฟอกสีทั้งสองชนิด โดยเฉพาะค่าความแข็งแรงดึงและค่าเปอร์เซ็นต์การยืด ณ จุดขาดของยางไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัย แต่ค่าความเค้นที่ 100% การยืดของยางมีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อย เนื่องจากการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันอาจทำให้เกิดการเชื่อมสภาพแบบเชื่อมโยง



รูปที่ 4.15 ค่าความแข็งแรงดึงของยางเมื่อใช้สารตกตะกอนกรดฟอร์มิคและสารตกตะกอนกรดฟอร์มิคผสมสารฟอกสีชนิดต่างๆ



STR 5L

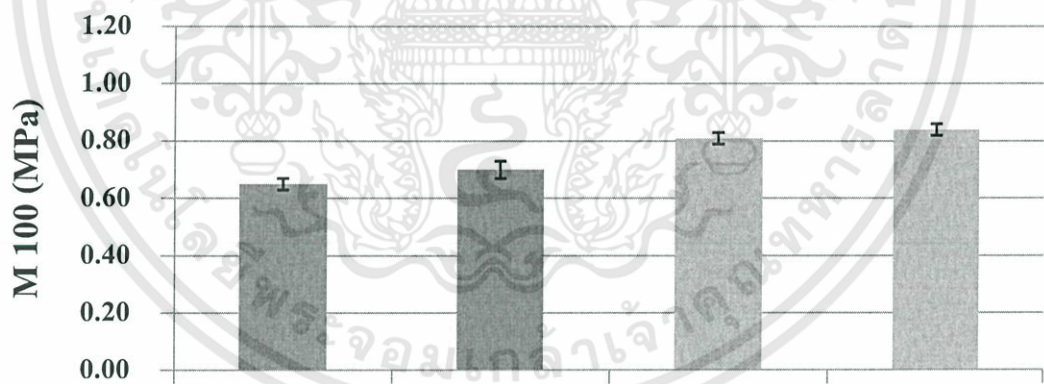
Formic

Formic + SMB

Formic + SHS

สูตรยาง

รูปที่ 4.16 ค่าเปอร์เซ็นต์การยืด ณ จุดขาดของยางเมื่อใช้สารตกตะกอนกรดฟอร์มิกและสารตกตะกอนกรดฟอร์มิกผสมสารฟอกสีชนิดต่างๆ



STR 5L

Formic

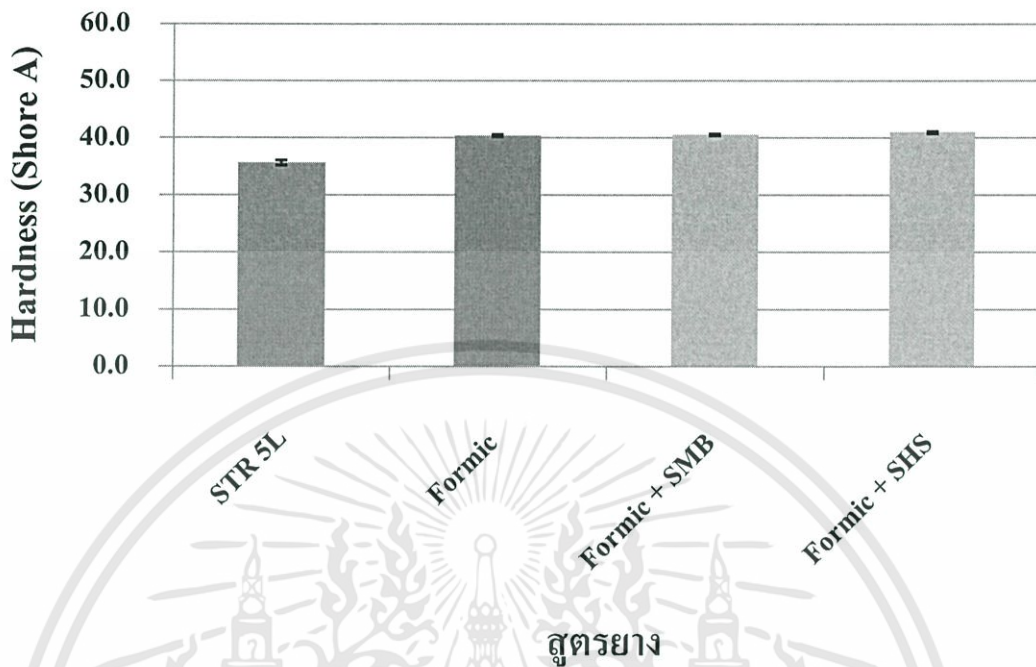
Formic + SMB

Formic + SHS

สูตรยาง

รูปที่ 4.17 ค่าความเค้นที่ 100% การยืดของยางเมื่อใช้สารตกตะกอนกรดฟอร์มิกและสารตกตะกอนกรดฟอร์มิกผสมสารฟอกสีชนิดต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

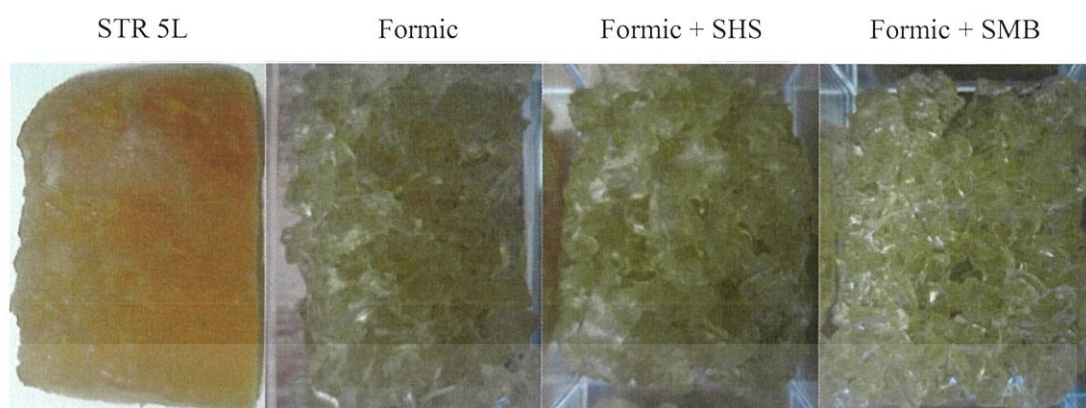


รูปที่ 4.18 ค่าความแข็งกดของยางเมื่อใช้สารตกตะกอนกรดฟอร์มิกและสารตกตะกอนกรดฟอร์มิกผสมสารฟอกสีชนิดต่างๆ

4.3.4 สมบัติตามมาตรฐานยางแห่งประเทศไทย

จากตารางที่ 4.10 พบว่าการเติมสารฟอกสีทั้งสองชนิด มีผลทำให้ดัชนีความอ่อนตัวของยางมีค่าต่ำลง เนื่องจากสารทั้งสองชนิดถ้าอยู่ในรูปของสารละลายจะมีสมบัติเป็นสารรีดิวซ์ สลายตัวได้ง่ายเมื่อสัมผัสกับความชื้น และไวต่อการทำปฏิกิริยากับออกซิเจนในอากาศ ซึ่งถ้า SMB ถูกออกซิไดซ์จะกลายเป็นซัลเฟต (Sulfate) และ SHS เมื่อถูกออกซิไดซ์จะกลายเป็น โซเดียมไบซัลไฟต์ (Sodium-bisulfite)

การเติมสารฟอกสี SMB จะทำให้ได้ค่าสีโลวิบอนด์ที่ต่ำกว่าการใช้สารตกตะกอนกรดฟอร์มิกและสารตกตะกอนกรดฟอร์มิกที่ผสมสารฟอกสี SHS เนื่องจาก SMB สามารถป้องกันการเกิดปฏิกิริยาของอนุมูลอิสระในน้ำยางที่ทำให้ยางมีสีคล้ำได้



รูปที่ 4.19 ข้างแท่งมาตรฐาน STR 5L และข้างคิป์ที่ได้จากการใช้สารตกตะกอนกรดฟอร์มิก, กรดฟอร์มิกผสมสารฟอกสี SHS และกรดฟอร์มิกผสมสารฟอกสี SMB (ตามลำดับจากซ้ายไปขวา)

ตารางที่ 4.10 สมบัติของยางตามมาตรฐานยางแท่งไทยที่ได้จากการใช้สารตกตะกอนกรดฟอร์มิก, กรดฟอร์มิกผสมสารฟอกสี SHS และกรดฟอร์มิกผสมสารฟอกสี SMB

สมบัติ	STR 5L	Formic	Formic + SHS	Formic + SMB
ปริมาณสิ่งสกปรก (%)	< 0.04	0.011	0.005	0.003
ปริมาณสิ่งระเหย (%)	< 0.80	0.26	0.09	0.06
ปริมาณเถ้า (%)	< 0.40	0.21	0.06	0.03
ปริมาณไนโตรเจน (%)	< 0.60	0.21	0.15	0.16
ค่าความอ่อนตัวเริ่มแรก	> 35.00	47.00	37.50	35.50
ดัชนีความอ่อนตัวของยาง	> 60.00	36.20	13.90	9.90
ความหนืด ML (1+4), 100°C	-	98.30	90.10	88.80
สีวัดด้วยโลวิบอนด์สเกล	< 6.00	5.00	5.00	3.00

ในการทดลองตอนนี้สามารถสรุปได้ว่า การใช้สารฟอกสี SHS และสารฟอกสี SMB ผสมในสารละลายกรดฟอร์มิก เพื่อใช้เป็นสารตกตะกอนน้ำยางธรรมชาติ ส่งผลให้สีของยางแห้งที่ได้อ่อนลงแต่อาจทำให้สมบัติของยางแห้งที่ได้ลดลงเช่นกัน ดังนั้นจึงจำเป็นต้องศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับชนิดและปริมาณสารฟอกสีที่เหมาะสมในงานวิจัยต่อไป

4.4 ผลของปริมาณสารฟอกสีโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ที่มีผลต่อสมบัติยางก้อนถ้วย

ในการทดลองตอนนี้เป็นการศึกษาผลของปริมาณสารฟอกสีโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ที่มีผลต่อสมบัติยางก้อนถ้วยในช่วงปริมาณ 0.10 – 0.40% (wt of DRC) โดยมีการเติมสารต้านเชื้อรา Nipacide® Bit 20 ที่ 0.2% (wt of DRC) ในสารละลายกรดฟอร์มิกที่มีความเข้มข้น 3% (v/v) เพื่อศึกษาหาปริมาณสารฟอกสีที่เหมาะสมที่ทำให้ได้ยางคุณภาพดี เช่น ยางแท่ง STR 5L และ STR 10

4.4.1 ระยะเวลาในการแข็งตัวและค่าความเป็นกรด-ด่าง

ในงานวิจัยนี้ศึกษาการใช้สารตกตะกอนที่ปริมาตร 20 มิลลิลิตร ต่อน้ำยาง 1 ถ้วย (250 กรัม) จากนั้นจับเวลาที่ยางเกิดการแข็งตัวอย่างสมบูรณ์ โดยมีการวัดค่า pH ของสารตกตะกอนก่อนเทลงในถ้วยน้ำยาง (วัดค่าขณะที่เป็นสารละลาย) และหลังจากที่ยางแข็งตัวอย่างสมบูรณ์แล้ว (วัดค่าส่วนที่เป็นน้ำขุ่น) สามารถแสดงผลการทดลองได้ตามตารางที่ 4.11

จากตารางที่ 4.11 พบว่าการใช้สารฟอกสีที่ปริมาณแตกต่างกัน ไม่ทำให้ระยะเวลาที่ใช้ในการแข็งตัวของยางแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

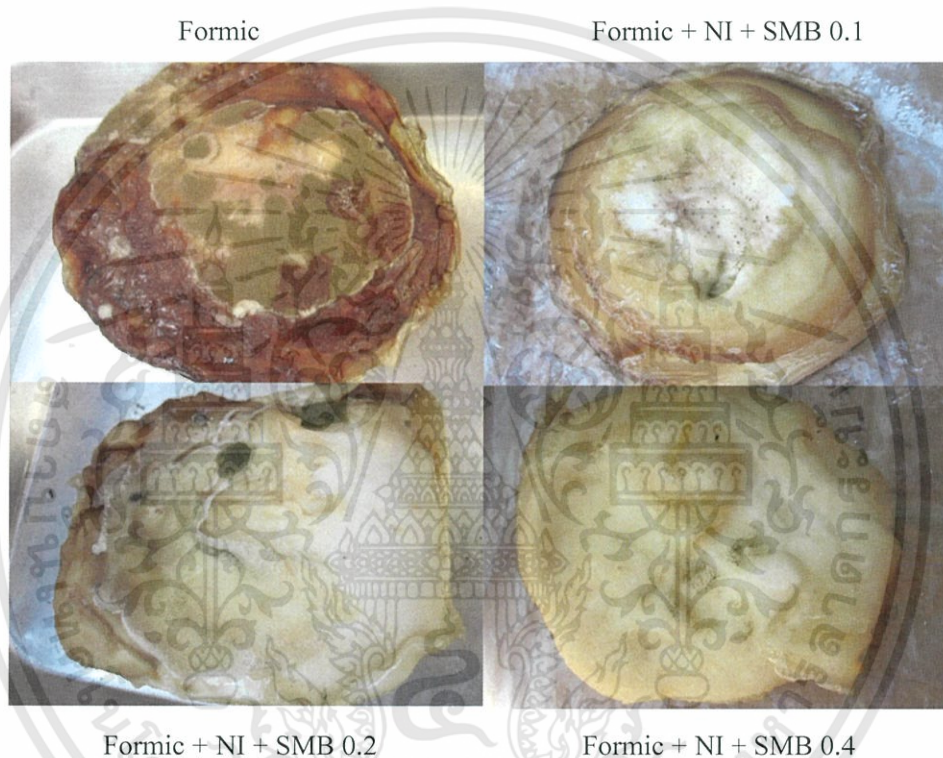
ตารางที่ 4.11 ระยะเวลาในการแข็งตัวของยางและค่าความเป็นกรด-ด่างของสารตกตะกอนกรดฟอร์มิกผสมสารต้านเชื้อรา Nipacide® Bit 20 และสารฟอกสีโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ในปริมาณต่างๆ

ลำดับ	สูตรยาง	เวลาการแข็งตัวของยาง	ผล pH	
		(ชั่วโมง)	ก่อน	หลัง
1	Formic	50	1.87 ± 0.01	3.46 ± 0.01
2	Formic + NI + SMB 0.1	53	2.01 ± 0.01	3.65 ± 0.01
3	Formic + NI + SMB 0.2	52	2.00 ± 0.01	3.96 ± 0.01
4	Formic + NI + SMB 0.4	55	2.13 ± 0.00	3.81 ± 0.01

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.3 สมบัติการต้านเชื้อรา

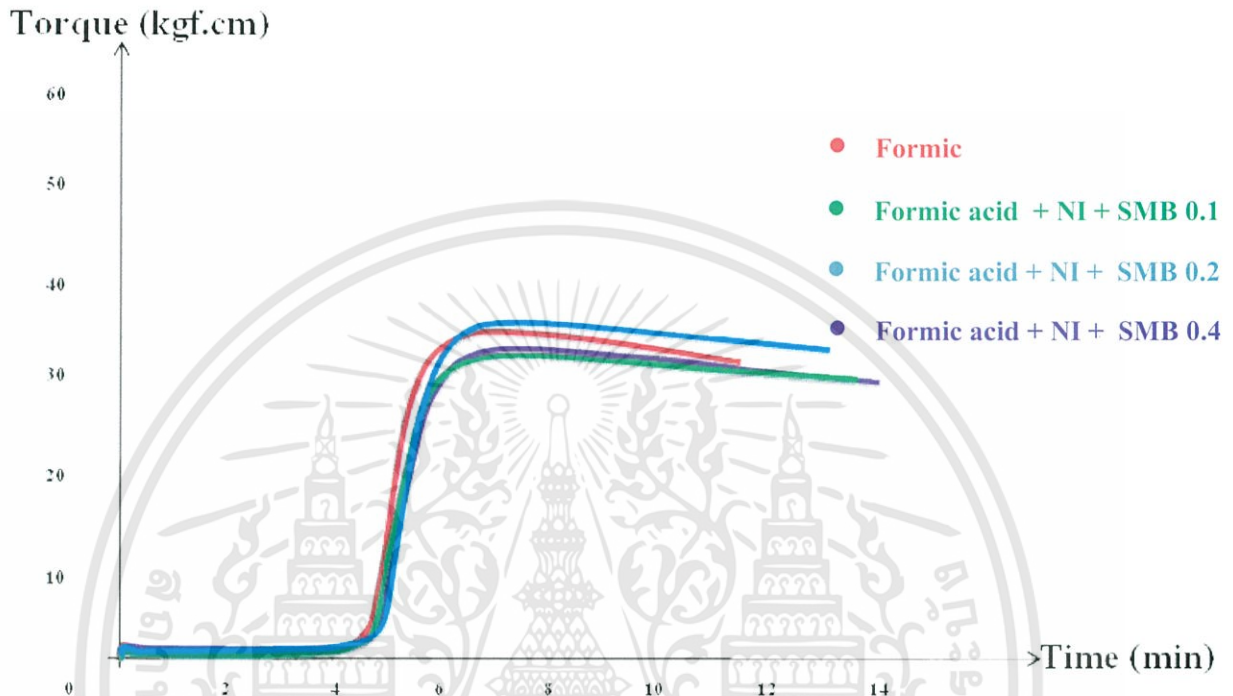
จากการทดสอบการต้านเชื้อราพบว่า การใช้สารฟอกสีที่ปริมาณแตกต่างกัน ไม่ทำให้ได้สมบัติการต้านเชื้อราที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ เนื่องจากสารฟอกสีทำหน้าที่กำจัดรงควัตถุสีในยางธรรมชาติ เช่น บีตา-แคโรทีน แต่ปริมาณอาหาร รา โปรตีน และไขมันยังมีอยู่มาก ก่อนยางฟอกสีจึงสามารถเกิดราได้ ซึ่ง โปรตีน ไขมัน และความชื้นสามารถช่วยเร่งให้เกิดรา ถ้าหากไม่มีการใส่สารต้านเชื้อราในปริมาณที่เหมาะสม



รูปที่ 4.20 ยางก้อนถ้วยที่ได้ หลังจากผ่านไประยะเวลา 15 วัน จากการใส่สารละลายกรดฟอร์มิค (บนซ้าย), สารละลายกรดฟอร์มิคผสมสารต้านเชื้อรา Nipacide® Bit 20 และสารฟอกสี SMB ในปริมาณ 0.1 (บนขวา), 0.2 (ล่างซ้าย) และ 0.4% (wt of DRC) (ล่างขวา)

4.4.2 ลักษณะการเชื่อมโยง

จากรูปที่ 4.21 และตารางที่ 4.12 พบว่า การใช้สารฟอกสีที่ปริมาณแตกต่างกัน ไม่ทำให้ลักษณะการเชื่อมโยงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ



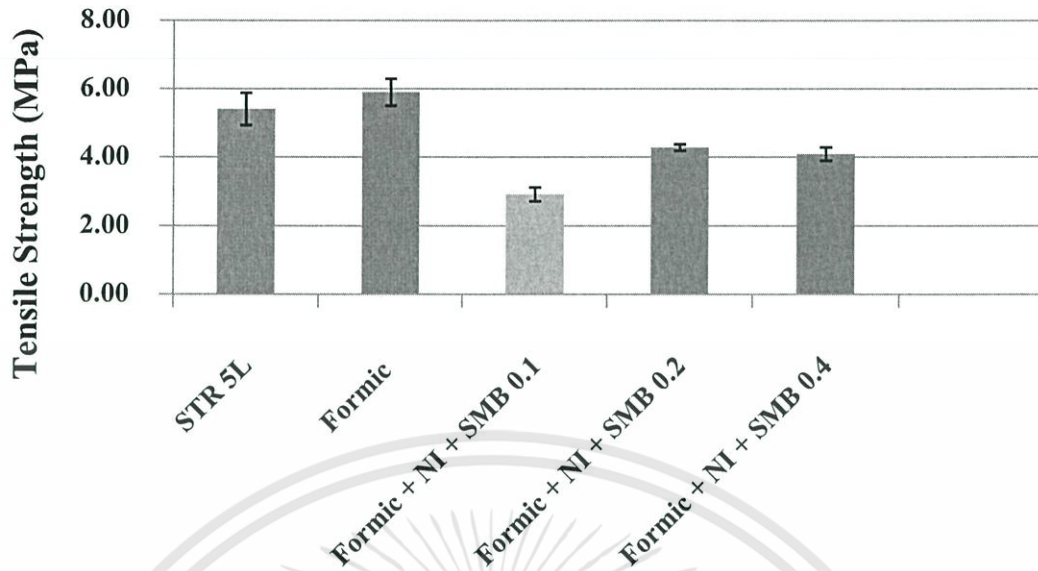
รูปที่ 4.21 กราฟการเชื่อมโยงของยางเมื่อใช้สารตกตะกอนกรดฟอร์มิกที่มีการผสมสารต้านเชื้อรา Nipacide® Bit 20 และสารฟอกสี SMB ในปริมาณต่างๆ

ตารางที่ 4.12 ลักษณะการเชื่อมโยงของยางเมื่อใช้สารตกตะกอนกรดฟอร์มิกที่มีการผสมสารต้านเชื้อรา Nipacide® Bit 20 และสารฟอกสี SMB ในปริมาณต่างๆ

สารตกตะกอน	Mooney	Torque (kgf.cm)		Scorch time	Cure time	Cure Rate Index
	ML 1+4, (100°C)	M _L	M _H	t _{s2} (sec)	t _{c90} (sec)	CRI (s ⁻¹)
Formic	15.90 ± 0.42	1.00 ± 0.00	34.00 ± 0.71	246.00 ± 2.12	283.80 ± 8.49	161.30 ± 2.59
Formic + NI + SMB 0.1	12.00 ± 0.14	0.65 ± 0.21	31.00 ± 1.41	276.00 ± 16.97	300.00 ± 2.12	71.40 ± 3.37
Formic + NI + SMB 0.2	15.50 ± 0.17	0.68 ± 0.04	35.00 ± 1.48	297.00 ± 2.12	363.00 ± 6.36	90.90 ± 1.68
Formic + NI + SMB 0.4	15.00 ± 0.07	0.48 ± 0.04	32.50 ± 0.78	279.00 ± 4.24	366.00 ± 3.36	68.90 ± 1.12

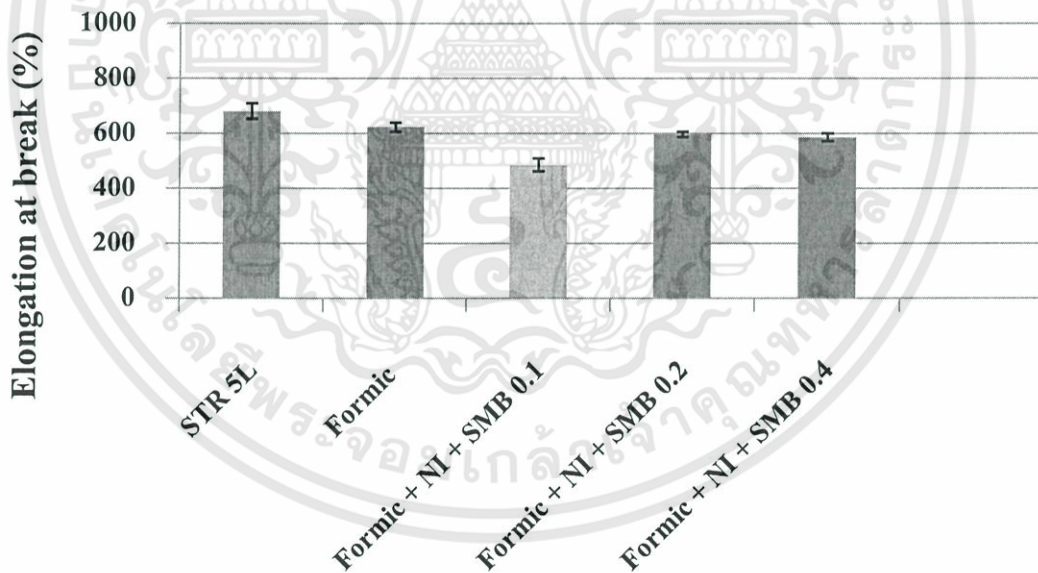
4.4.4 สมบัติเชิงกล

จากรูปที่ 4.22 – 4.25 พบว่าสารฟอกสีที่ปริมาณแตกต่างกันส่งผลต่อสมบัติเชิงกล โดยเฉพาะค่าความแข็งแรงดึงและค่าเปอร์เซ็นต์การยืด ณ จุดขาดของยาง มีค่าลดลงเล็กน้อยแสดงว่าการใช้สารฟอกสีทำให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันกำจัดตรงควัตถุสี ซึ่งอาจส่งผลให้เกิดการเสื่อมสภาพแบบเชื่อมโยง สังเกตได้จากค่ามอดุลัสของยางที่เพิ่มขึ้น ทำให้ยางแข็ง เปราะ ยื่นย่นได้จากดัชนีความอ่อนตัวของยางที่มีค่าลดลงเมื่อมีการเติมสารฟอกสี (ตารางที่ 4.13)



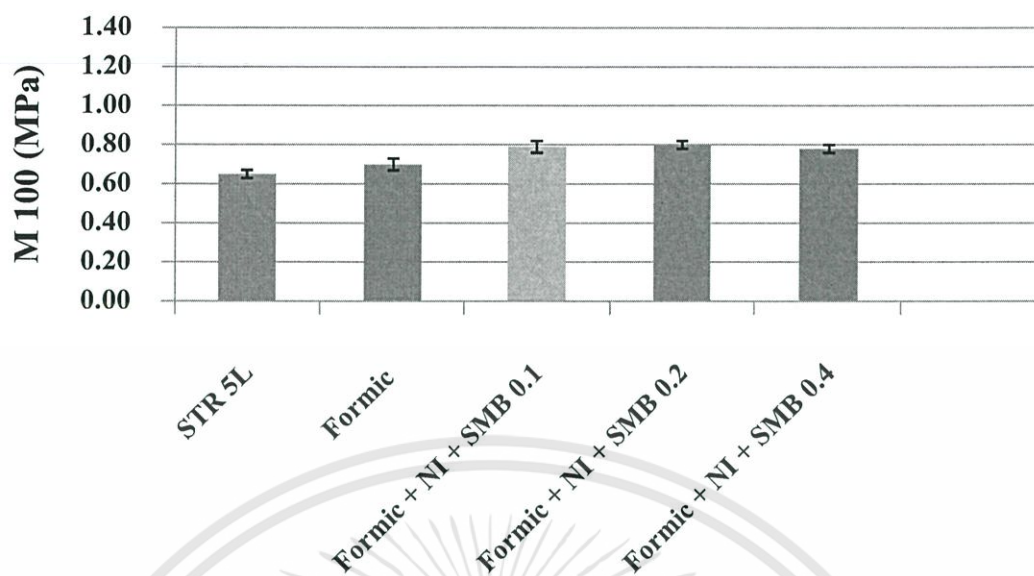
สูตรยาง

รูปที่ 4.22 ค่าความแข็งแรงดึงของยางเมื่อใช้สารตกตะกอนกรดฟอร์มิกที่มีการผสมสารต้านเชื้อรา Nipacide® Bit 20 และสารฟอกสี SMB ในปริมาณต่างๆ



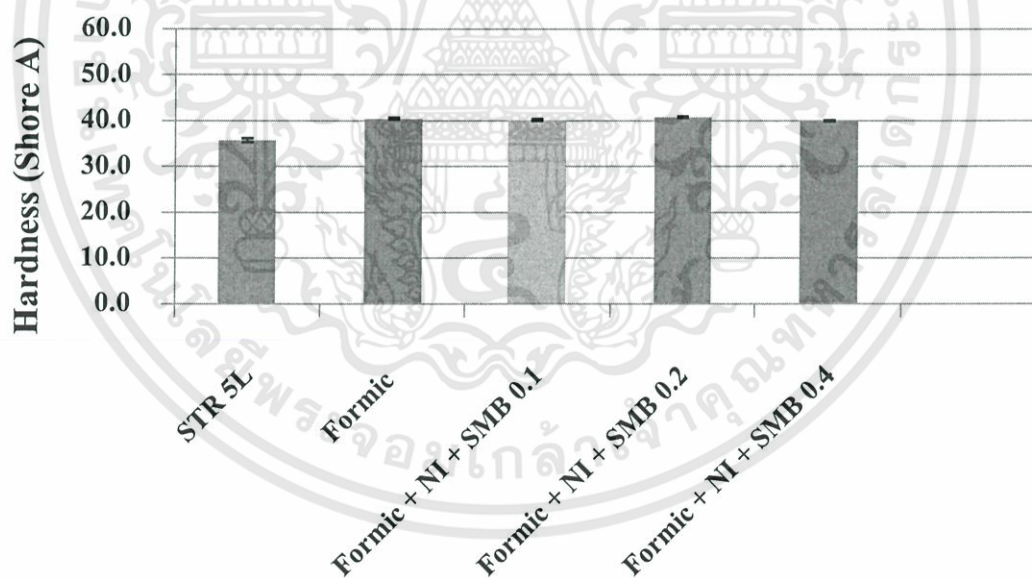
สูตรยาง

รูปที่ 4.23 ค่าเปอร์เซ็นต์การยืด ณ จุดขาดของยางเมื่อใช้สารตกตะกอนกรดฟอร์มิกที่มีการผสมสารต้านเชื้อรา Nipacide® Bit 20 และสารฟอกสี SMB ในปริมาณต่างๆ



สูตรยาง

รูปที่ 4.24 ค่าความเค้นที่ 100% การยืดของยางเมื่อใช้สารตกตะกอนกรดฟอร์มิกที่มีการผสมสารด้านเชีอรา Nipacide® Bit 20 และสารฟอกสี SMB ในปริมาณต่างๆ



สูตรยาง

รูปที่ 4.25 ค่าความแข็งกดของยางเมื่อใช้สารตกตะกอนกรดฟอร์มิกที่มีการผสมสารด้านเชีอรา Nipacide® Bit 20 และสารฟอกสี SMB ในปริมาณต่างๆ

4.4.5 สมบัติตามมาตรฐานยางแห่งประเทศไทย

จากตารางที่ 4.13 พบว่า การใช้สารฟอกสีที่ปริมาณแตกต่างกันจะให้ค่าความอ่อนตัวเริ่มแรกและดัชนีความอ่อนตัวของยางที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ สำหรับการเทียบสีโลวิบอนด์ ค่าที่ได้อาจมีความคลาดเคลื่อน เนื่องจากการเทียบสีด้วยตาเปล่า เห็นได้จากตัวอย่างยางที่ได้มีสีอ่อนลง

ตารางที่ 4.13 สมบัติของยางตามมาตรฐานยางแห่งประเทศไทยที่ได้จากการใช้สารตกตะกอนกรดฟอร์มิก, กรดฟอร์มิกที่มีการผสมสารต้านเชื้อรา Nipacide® Bit 20 และสารฟอกสี SMB ในปริมาณต่างๆ

สมบัติ	STR 5L	Formic	Formic + NI + SMB 0.1	Formic + NI + SMB 0.2	Formic + NI + SMB 0.4
ปริมาณสิ่งสกปรก (%)	< 0.04	0.011	0.007	0.003	0.001
ปริมาณสิ่งระเหย (%)	< 0.80	0.26	0.10	0.11	0.08
ปริมาณเถ้าไม่เกิน (%)	< 0.40	0.21	0.05	0.08	0.07
ปริมาณไนโตรเจน (%)	< 0.60	0.21	0.17	0.17	0.16
ค่าความอ่อนตัวเริ่มแรก	> 35.00	47.00	46.50	54.00	35.00
ดัชนีความอ่อนตัวของยาง	> 60.00	36.20	23.30	18.30	11.40
ความหนืด ML (1+4), 100°C	-	98.30	98.20	100.90	88.10
สีวัดด้วยโลวิบอนด์สเกล	< 6.00	5.00	3.00	5.00	3.50

STR 5L

Formic

Formic + NI

Formic + NI

Formic + NI

+ SMB 0.1

+ SMB 0.2

+ SMB 0.4



รูปที่ 4.26 ขางแท่งมาตรฐาน STR 5L และขางคียบที่ได้จากการใช้สารตกตะกอนกรดฟอร์มิก,

สารละลายกรดฟอร์มิกผสมสารต้านเชื้อรา Nipacide® Bit 20 และสารฟอกสี SMB ใน ปริมาณ 0.1, 0.2 และ 0.4% (wt of DRC) (ตามลำดับจากซ้ายไปขวา)

ในการใช้สารฟอกสีที่ปริมาณแตกต่างกัน ส่งผลต่อสีของขางแห้งที่ได้ อย่างมีนัยสำคัญ คือ เมื่อเพิ่มปริมาณสารฟอกสี สีของขางแห้งที่ได้จะอ่อนลง แต่สมบัติเชิงกลจะลดลงเมื่อเทียบกับการใช้ สารตกตะกอนกรดฟอร์มิก

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

5.1.1 ผลของสารตกตะกอนกรดฟอรั่มิกและสารตกตะกอนเชิงพาณิชย์ประเภทต่างๆ

การใช้สารตกตะกอนเชิงพาณิชย์บางชนิดส่งผลต่อสมบัติของยางอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งการใช้สารตกตะกอนเชิงพาณิชย์ที่ไม่เหมาะสมจะส่งผลให้สมบัติของยางด้อยลง ไม่ว่าจะเป็นลักษณะการเชื่อมโยง, สมบัติเชิงกล, ค่าสี โลวิบอนด์ เป็นต้น จากการทดลองตอนนี้พบว่า การใช้สารตกตะกอนกรดฟอรั่มิกให้สมบัติที่ดีกว่าการใช้สารตกตะกอนเชิงพาณิชย์ที่นำมาทดลอง

5.1.2 ผลของชนิดสารต้านเชื้อราที่มีผลต่อสมบัติต่างๆ ของยางก้อนถ้วย

การเติมสารต้านเชื้อราส่งผลต่อสมบัติต่างๆ ของยางอย่างมีนัยสำคัญ โดยเฉพาะประสิทธิภาพการต้านเชื้อราและสมบัติของยางแห้ง ซึ่งประสิทธิภาพในการทำงานของสารต้านเชื้อราแต่ละชนิดไม่เท่ากัน ขึ้นกับชนิดและปริมาณที่ใช้ จากการศึกษาพบว่า สารต้านเชื้อรา Nipacide® Bit 20 ปริมาณ 0.2% (wt of DRC) ให้ประสิทธิภาพการทำงานที่ดีกว่า

5.1.3 ผลของชนิดสารฟอกสีที่มีผลต่อสมบัติต่างๆ ของยางก้อนถ้วย

จากการศึกษา สามารถสรุปได้ว่า การใช้สารฟอกสี SHS และสารฟอกสี SMB ผสมในสารละลายกรดฟอรั่มิก เพื่อใช้เป็นสารตกตะกอนน้ำยางธรรมชาติ ส่งผลให้สีของยางแห้งที่ได้อ่อนลง แต่อาจทำให้สมบัติของยางแห้งที่ได้ลดลงเช่นกัน ดังนั้นจึงจำเป็นต้องศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับชนิดและปริมาณสารฟอกสีที่เหมาะสมในงานวิจัยต่อไป

5.1.4 ผลของปริมาณสารฟอกสีโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ที่มีผลต่อสมบัติยางก้อนถ้วย

ในการใช้สารฟอกสีที่ปริมาณแตกต่างกัน ส่งผลต่อสีของยางแห้งที่ได้อย่างมีนัยสำคัญ คือ เมื่อเพิ่มปริมาณสารฟอกสี สีของยางแห้งที่ได้จะอ่อนลง แต่สมบัติเชิงกลจะลดลงเมื่อเทียบกับการใช้สารตกตะกอนกรดฟอรั่มิก

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. ศึกษาผลของการใช้สารต้านเชื้อราให้ละเอียดขึ้น โดยศึกษาสายพันธุ์ของราที่เกิดขึ้นบนยางก้อนถ้วย เพื่อหาชนิดกับปริมาณของสารต้านเชื้อราเชิงพาณิชย์ที่เหมาะสม นอกจากนี้อาจมีการใช้สารต้านเชื้อรามากกว่า 1 ชนิด เช่น Fungicide + Bactericide
2. ศึกษาสารฟอกสีชนิดอื่นที่สามารถทำให้สียางสวยได้
3. ทำการศึกษาการใช้สารตกตะกอนโดยใช้น้ำยางสดแทนน้ำยางข้น
4. ปรับปรุงสมบัติของยางก้อนถ้วยโดยใช้สารเติมแต่งชนิดอื่น เช่น สารแอนติออกซิแดนต์, สารที่ทำให้ความหนืดของยางคงที่ เช่น ไฮดรอกซิลามีน (Hydroxylamine)



เอกสารอ้างอิง

- [1] รัชญา สุกครัตน์ชัย. “สถานการณ์และแนวโน้มยางพาราดี ส่งผลอย่างไรต่อสหกรณ์การเกษตร.” [Online]. Available: http://www.cad.go.th/cadweb_org/ewt_news.php?nid=14689. 2555.
- [2] ระบบจัดการความรู้ สำนักงานกองทุนสงเคราะห์การทำสวนยาง. “ผลิตยางก้อนด้วยมาตรฐานป้อนโรงงานยางแท่ง.” [Online]. Available: http://km.rubber.co.th/index.php?option=com_content&view=article&id=190:2011-05-30-02-55-22&catid=54:2011-05-30-06-44-35&Itemid=161. 2555.
- [3] สมาคมยางพาราไทย. “สถิติยางไทย.” [Online]. Available: <http://www.thainr.com/th/?detail=stat-thai>. 2555.
- [4] หน่วยเทคโนโลยียาง คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล (สาขายา) จังหวัดนครปฐม. “เทคโนโลยียาง.” [Online]. Available: rubber.sc.mahidol.ac.th/rubbertech.htm. 2555.
- [5] วราภรณ์ ขจรไชยกูล. “ยางธรรมชาติ การผลิตและการใช้งาน.” กรุงเทพฯ: ห้างหุ้นส่วนจำกัด ซีโน ดีไซน์. 2549.
- [6] สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร. “การผลิตยางก้อนถ้วย.” เอกสารแผ่นพับสถาบันวิจัยยาง กรุงเทพฯ: สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร. 2554.
- [7] วราภรณ์ ขจรไชยกูล. “เทคโนโลยีน้ำยาง.” กรุงเทพฯ: สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย. 2555.
- [8] อธิพิล แจ่มชัด. “เอกสารประกอบการสอนวิชาเทคโนโลยียาง.” กรุงเทพฯ: ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 2542.
- [9] สำนักงานตลาดกลางยางพาราหนองคาย. “การเลือกใช้กรดที่ทำให้ยางมีคุณภาพดี.” [Online]. Available: <http://www.rubbernongkhai.com/index.php/component/content/article/7/726-rubberdee>. 2555.
- [10] สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร. “การผลิตยางก้อนถ้วย.” เอกสารแผ่นพับสถาบันวิจัยยาง กรุงเทพฯ: สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร. 2554.
- [11] สมดุล พวกเกาะ. “วิธีการผลิตยางก้อนถ้วย.” ศูนย์ส่งเสริมและพัฒนาอาชีพการเกษตร จังหวัดหนองคาย (พืชสวน). [Online]. Available: <http://www.aopdr01.doae.go.th/cuplump1.htm>. 2555.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- [12] สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร. “คำแนะนำการผลิตยางเครพจากยางก้อนถ้วยคุณภาพดี.” วารสารยางพารา สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร. ปีที่ 33, ฉบับที่ 2, เมษายน-มิถุนายน, 2555.
- [13] วิทยา ใจวิไล. “สารฟอกขาว.” [Online]. Available: <http://sirinartgsc.multiply.com/journal/item/144/144>. 2555.
- [14] สารเคมีในชีวิตประจำวัน. “สารฟอกสีในถั่วงอก.” [Online]. Available: <http://www.pharm.su.ac.th/cheminlife/cms/index.php/product.name/product-name-english/476-sodium-hydrosulfite.html>. 2555.
- [15] ChemSpider. “2, 6-xylyl mercaptan.” [Online]. Available: <http://www.chemspider.com/Chemical-Structure.55004.html>. 2012.
- [16] Chemicalland21. “o-chlorophenal.” [Online]. Available: <http://www.chemicalland21.com/industrialchem/organic/O-CHLOROPHENOL.htm>. 2012.
- [17] สาขาวิชาเทคโนโลยียางและพอลิเมอร์ วิทยาลัยเทคนิคจันทบุรี. “กระบวนการผลิตยาง.” [Online]. Available: http://www2.technicchan.ac.th/~polymer/index.php?option=com_content/&task=view&id=38&Itemid=56. 2555.
- [18] น้าทิพย์ รัตนวรรณ. “ความเป็นไปได้ในการใช้น้ำส้มควันไม้เป็นสารตัวเติมเพื่อปรับปรุงคุณภาพและป้องกันเชื้อราในกระบวนการผลิตยางแผ่นและยางแท่ง.” โครงการวิทยานิพนธ์หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. 2552.
- [19] Wikipedia. “p-nitrophenal” [Online]. Available: <http://en.wikipedia.org/wiki/p-nitrophenol>. 2012.
- [20] ปรีดีเปรม ทศนุกุล. “ผลเสียของการใช้น้ำหมักชีวภาพและน้ำส้มควันไม้ในการจับตัวยาง.” วารสารยางพารา สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร. ปีที่ 33, ฉบับที่ 2, เมษายน-มิถุนายน, 2555.
- [21] อรอนงค์ แซ่ฮั่น. “นวัตกรรมจากอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์.” โครงการนักเรียนโรงเรียนกาญจนาดิษฐ์ อำเภอกาญจนดิษฐ์ จังหวัดสุราษฎร์ธานี. [Online]. Available: <http://www.nano.kmitl.ac.th/innovations/index.php/villages/rubber.html>. 2555.

- [22] อรัญ หันพงศักรัตติกุล. “การหาสาเหตุและการป้องกันการเจริญของเชื้อราบนยางแผ่น.”
โครงการวิจัยมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. [Online]. Available:
<http://research.trf.or.th/node/3892>. 2555.
- [23] ศรีสุดา โรจนเสถียร. “ผลของน้ำมะพร้าวหมักและกรดอะซิติกต่อการจับตัวของยางพาราในการผลิตยางแผ่นดิบ.” โครงการงานวิจัยนักวิทยุรุ่นเยาว์จากโครงการพัฒนาอัจฉริยภาพทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสำหรับเด็กและเยาวชน. หนังสือพิมพ์บ้านเมือง 24 กรกฎาคม 2554.
- [24] ศุภชัย นิลคำ. “การจับตัวของธรรมชาติด้วยน้ำหมักชีวภาพ.” [Online]. Available:
<http://www.vcharkarn.com/varticle/41185>. 2555.
- [25] อรพินทร์ ชัยคำพลเลิศ, สมบัติ ธนะวันต์ และสุวิน อภิชาติพัฒนศิริ. “การศึกษาสารช่วยจับตัวชนิดใหม่ในการจับตัวยางธรรมชาติ.” ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล. 2552.
- [26] Sajeev John, Joeju Issac และ Rani Joseph. “**Mechanical Properties of Natural Rubber Latex Coagulated by a Novel Coagulant-Yeast.**” International Journal of Advanced Engineering Sciences and Technologies, vol. 8, 2011. pp. 177-178.
- [27] นุชนาฏ ณ ระนอง. “การทดสอบสมบัติทางกายภาพของยาง.” ส่วนอุตสาหกรรมยาง สถาบันยาง กรมวิชาการเกษตร. 2542.
- [28] พงษ์ธร แซ่ฮุ่ย และชาคริต สิริสิงห. “ยาง กระบวนการผลิตและการทดสอบ.” ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ (เอ็มเทค) สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2550.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

การวิเคราะห์ทางกายภาพและการทดสอบสมบัติยาง

การเตรียมตัวอย่าง

ก่อนนำตัวอย่างไปทำการทดสอบหาคุณสมบัติต่างๆ จะต้องมีการเตรียมตัวอย่าง โดยบดตัวอย่างให้เป็นเนื้อเดียวกันเพื่อความสม่ำเสมอของชิ้นงานทดสอบ จากนั้นนำไปตัดแบ่งเป็นชิ้นเล็กๆ เพื่อทดสอบหาสมบัติต่างๆ ดังนี้

สมบัติ	น้ำหนักชิ้นทดสอบโดยประมาณ (กรัม)
ปริมาณสิ่งสกปรก	15
ปริมาณเถ้า	10
ปริมาณไนโตรเจน	10
ปริมาณสิ่งระเหย	15

การทดสอบปริมาณสิ่งสกปรก (Determination of Dirt Content)

ปริมาณและชนิดของสิ่งสกปรกมีความสำคัญต่อกระบวนการแปรรูปและคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ดังนั้นความสกปรกจึงเป็นสิ่งจำเป็นที่ต้องมีปริมาณน้อยที่สุด

การทดสอบเป็นไปตามมาตรฐาน ASTM D1278-91 a Standard Test Method for Rubber from Natural Source Chemical Analysis ซึ่งมีวิธีการทดสอบ ดังนี้

1. ละลายยางดิบ 10 กรัม ด้วยน้ำมันสน 250 มิลลิลิตร
2. เติมน้ำสารเร่งเพื่อช่วยในการละลายยาง 1 มิลลิลิตร
3. วางบนเตาที่มีความร้อนประมาณ 140 °C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง
4. นำสารละลายยางที่ได้ไปกรองเพื่อคำนวณหาน้ำหนักของปริมาณผงในยาง

การคำนวณ

ปริมาณสิ่งสกปรก = $\frac{[\text{น้ำหนักตัวกรองพร้อมสิ่งสกปรก} - \text{น้ำหนักตัวกรอง}]}{\text{น้ำหนักชิ้นทดสอบ}} \times 100$

การทดสอบปริมาณเถ้า (Determination of Ash Content)

ปริมาณเถ้าเป็นตัวบ่งชี้ปริมาณแร่ธาตุที่มีอยู่ในยางดิบ

การทดสอบเป็นไปตามมาตรฐาน ASTM D1278-91 a Standard Test Method for Rubber from Natural Source Chemical Analysis ซึ่งมีวิธีการทดสอบ ดังนี้

1. ชั่งยางดิบให้ได้น้ำหนัก 5 กรัม
2. ห่อด้วยกระดาษกรอง โดยกระดาษกรองจะใส่ไว้ในถ้วยทนความร้อน แล้วบันทึกน้ำหนัก
3. นำเข้าเตาเผาที่มีอุณหภูมิสูงประมาณ $550 \text{ }^{\circ}\text{C} \pm 20 \text{ }^{\circ}\text{C}$ เป็นเวลาประมาณ 4 ชั่วโมง
4. ทำให้เย็นใน โถแก้วดูความชื้น แล้วชั่งละเอียด 0.0001 กรัม

การคำนวณ

$$\text{ปริมาณเถ้า} = \left[\frac{\text{น้ำหนักถ้วยพร้อมเถ้า} - \text{น้ำหนักถ้วย}}{\text{น้ำหนักชิ้นทดสอบ}} \right] * 100$$

การทดสอบปริมาณไนโตรเจน (Determination of Nitrogen Content)

ไนโตรเจนในยางดิบ ส่วนใหญ่อยู่ในรูปของโปรตีน ดังนั้น ปริมาณของไนโตรเจนจึงเป็นตัวบ่งชี้ว่าในยางดิบมีโปรตีนอยู่มากน้อยเพียงใด

การทดสอบเป็นไปตามมาตรฐาน ASTM D3533-90 Standard Method of Testing Rubber from Natural Source – Nitrogen Content

การวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจนจะใช้วิธี Semi-micro kjedahl โดยย่อยสลายยางด้วยกรดกำมะถันเข้มข้นแล้วใช้สารเร่งปฏิกิริยา เพื่อเปลี่ยนสารประกอบไนโตรเจนไปเป็นแอมโมเนียมไฮโดรเจนซัลเฟต ปรับสารละลายให้เป็นด่าง แล้วนำไปกลั่นจะได้ก๊าซแอมโมเนียมจับก๊าซแอมโมเนียด้วยกรดบอริก แล้วไทเทรตกับสารละลายมาตรฐานกรดกำมะถัน

การทดสอบหาปริมาณไนโตรเจนเพื่อป้องกันการนำหาน้ำยางมาผลิตเป็นยางแท่ง เพราะในหาน้ำยางมีปริมาณไนโตรเจนสูง ซึ่งจะมีผลทำให้เกิดความยุ่งยากเกี่ยวกับการเร่งปฏิกิริยาวัลคาไนซ์ คือ จะทำให้เกิดการวัลคาไนซ์ที่เร็วส่งผลให้เป็นการเพิ่มความแข็งให้แก่ยาง ซึ่งจะส่งผลต่อสมบัติทางไดนามิกส์ เช่น สมบัติการกระดอน เมื่อยางแข็งการกระดอนก็จะต่ำลง

การคำนวณ

$$\text{ปริมาณไนโตรเจน} = \left\{ \left[\frac{\text{ปริมาณสารละลายในการไทเทรตตัวอย่าง} - \text{ปริมาณสารละลายในการไทเทรต blank}}{\text{ความเข้มข้นของสารละลายกรดกำมะถัน} * 0.028} \right] / \text{น้ำหนักชิ้นทดสอบ} \right\} * 100$$

การทดสอบปริมาณสิ่งระเหย (Determination of Volatile Matter Content)

สิ่งระเหยในยางส่วนใหญ่เป็นความชื้น ถ้ามีปริมาณสูงจะทำให้ยางเกิดราได้ง่าย มีกลิ่นเหม็นและเกิดปัญหาระหว่างกระบวนการแปรรูป

การทดสอบเป็นไปตามมาตรฐาน ASTM D1278-91 a Standard Test Method for Rubber from Natural Source Chemical Analysis ซึ่งมีวิธีการทดสอบ ดังนี้

1. ชั่งยางที่เตรียมไว้ไปผ่านเครื่องบด
2. วางยางในถาดอะลูมิเนียมแล้วนำเข้าตู้อบที่อุณหภูมิ $100\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$ เป็นเวลาประมาณ 4 ชั่วโมง
3. นำยางแต่ละชิ้นที่ได้ใส่ในถุงพลาสติก พับปากถุง 3 ครั้ง พับครึ่งอีกครั้ง แล้วนำไปหนีบไว้กับที่หนีบ
4. ปล่อยางในถุงพลาสติกให้เย็น ใช้เวลาประมาณ 30 นาที นำไปชั่งละเอียด 0.001 กรัม แล้วหาเปอร์เซ็นต์สิ่งระเหยในยาง

การคำนวณ

ปริมาณสิ่งระเหย = $\frac{[\text{น้ำหนักชิ้นทดสอบก่อนอบ} - \text{น้ำหนักชิ้นทดสอบหลังอบ}]}{\text{น้ำหนักชิ้นทดสอบก่อนอบ}} \times 100$

ภาคผนวก ข

ยางแท่งมาตรฐานหรือยางที่เอสอาร์ (Technically Specified Rubbers, TSR)

ยางแท่งมาตรฐานเป็นยางที่มีการกำหนดมาตรฐานเป็นสากลใช้ร่วมกันทุกประเทศ มีสมบัติเฉพาะคงที่ โดยจะแบ่งเกรดของยางแท่งแต่ละชั้นไปตามพารามิเตอร์ต่างๆ เช่น ปริมาณสิ่งสกปรก ปริมาณเถ้า ปริมาณสิ่งระเหย สี และความหนืด เป็นต้น สำหรับแต่ละประเทศที่เป็นผู้ผลิต รายใหญ่จะมีการกำหนดมาตรฐานของตัวเอง โดย STR (Standard Thai Rubber) เป็นชื่อย่อตามมาตรฐานของไทย SIR (Standard Indonesia Rubber) ของประเทศอินโดนีเซีย และ SMR (Standard Malaysia Rubber) ของประเทศมาเลเซีย

ความสำคัญของสมบัติต่างๆ ที่กำหนดในมาตรฐานยางแท่ง [5]

1. สิ่งสกปรก

ส่วนใหญ่จะเป็นเศษวัสดุต่างๆ เช่น ดิน ทราย กรวด เปลือกไม้ เป็นต้น สิ่งสกปรกเหล่านี้มีผลต่อการผลิตยางแปรรูป ทำให้ในกระบวนการผลิตต้องเพิ่มขึ้นขั้นตอนการกำจัดสิ่งสกปรกเหล่านี้ ออก ซึ่งเศษผงเหล่านี้นอกจากจะทำให้ชิ้นงานเสีย ใช้ไม่ได้แล้วยังส่งผลกระทบต่อสมบัติความแข็งแรง ทนทานของผลิตภัณฑ์ ความทนต่อการสึกหรอ เป็นต้น ยางที่มีการเจือปนของวัสดุดังกล่าว จัดเป็น “ยางตาย” ซึ่งจะไม่สามารถผสมเข้าเป็นเนื้อเดียวกันกับยางปกติได้

2. ผงเถ้า

ส่วนใหญ่เป็นสารที่เหลือจากการเผาไหม้ที่อุณหภูมิสูง 500-600 °C (ตามวิธีการทดสอบ ปริมาณผงเถ้า) ซึ่งได้แก่ สารตัวเติมต่างๆ เช่น แคลเซียมคาร์บอเนต ดินขาว เป็นต้น ซึ่งสิ่งเหล่านี้ไม่ได้มีอยู่ในยางแต่มีเมื่อเติมน้ำหนักยาง นอกจากนี้สารเหล่านี้ยังทำให้ยางมีสมบัติความแข็งแรง ลดลงเช่นเดียวกับผลของสิ่งสกปรกอีกด้วย

3. สารระเหยได้

สารต่างๆ ที่ระเหยได้ที่ตรวจพบในยางส่วนใหญ่ คือ น้ำ ซึ่งน้ำมีผลต่อกระบวนการผสมยางกับสารต่างๆ เพื่อการเตรียมยางคอมปาวด์ขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ เพราะจะต้องใช้เวลาและอุณหภูมิลดลงยางเพื่อไล่ความชื้นออกก่อน ไม่เช่นนั้นยางกับสารต่างๆ อาจผสมเข้ากันไม่ได้

4. ไนโตรเจน

การกำหนดปริมาณไนโตรเจนมีที่มาจากการผลิตน้ำยางข้น มีผลพลอยได้คือ น้ำยางสกิม ซึ่งมีปริมาณของสารที่ไม่ใช่ยางคือ โปรตีนอยู่มาก ถ้าหากผู้ผลิตนำน้ำยางสกิมมาผลิตเป็นยางแท่ง

ปริมาณไนโตรเจนจากโปรตีนจะสูง ซึ่งส่งผลต่อลักษณะการคงรูปของยาง สารที่มีองค์ประกอบของไนโตรเจนจะเป็นตัวช่วยเร่งในการทำให้ยางคงรูป หากมีการควบคุมปริมาณให้สม่ำเสมอและแน่นอนแล้วจะสามารถช่วยลดปริมาณการใช้สารเร่งในการทำสูตรยางได้ด้วย

5. ความอ่อนตัวเริ่มแรก (Po)

ความอ่อนตัวเริ่มแรกเป็นค่าที่บ่งชี้ความนิ่ม-แข็งของยาง ซึ่งบ่งบอกว่ายางนั้นบดง่ายหรือยาก ถ้าค่า Po ต่ำหมายความว่า ยางนิ่ม บดง่าย ใช้พลังงานและเวลาบดน้อย แต่ถ้าหากค่ามากไป ยางจะนิ่มมากจนเหลวผสมสารต่างๆ ให้เข้ากันเป็นเนื้อเดียวได้ยาก และถ้าหากยางมีค่า Po สูง แม้ว่าการบดยางต้องใช้พลังงานสูงและเวลามาก แต่ยางที่ได้ นั้น โมเลกุลจะค่อนข้างไม่ได้รับการกระทบกระเทือนจากปัจจัยต่างๆ ทำให้สมบัติทางกายภาพดีกว่ายางที่มีค่า Po ต่ำ

6. ดัชนีความอ่อนตัวของยาง (PRI)

ดัชนีความอ่อนตัวเป็นค่าที่ได้มาจากการหาเปอร์เซ็นต์ความอ่อนตัวของยางภายหลังการอบบ่ม เร่งให้ยางเสื่อมสภาพ แล้วเปรียบเทียบกับค่าความอ่อนตัวเริ่มแรก (Po) ก่อนการเร่งให้เสื่อมสภาพ (ตามวิธีการทดสอบ PRI) ค่า PRI สูงแสดงว่า ยางมีความเสถียรต่อการเสื่อมสภาพได้ดี และถ้าค่า PRI ต่ำแสดงว่า ยางไม่มีความเสถียรต่อการเสื่อมสภาพ ดังนั้นในกระบวนการผลิตจึงต้องมีการควบคุมวัตถุดิบที่นำมาใช้ในการผลิตยางแท่ง โดยเฉพาะเกรด STR 20 ซึ่งถ้าหากใช้สัดส่วนผสมของซียางที่ oxidize มากเกินไป ยางที่ได้จะต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน

7. สี

สีเป็นสมบัติที่วัดได้จากการเทียบสีมาตรฐาน การทดสอบจะทดสอบเฉพาะกับยางแท่งที่ผลิตจากน้ำยางสดโดยตรง ค่าที่สูงหมายความว่า สีคล้ำกว่าค่าที่ต่ำ

8. ความหนืด

ปกติวัดค่าโดยใช้เครื่อง Mooney viscometer จึงมักเรียกกันว่า ค่าความหนืด Mooney ซึ่งเป็นค่าที่บ่งชี้หรือมีความหมายคล้ายกับค่า Po เพียงแต่ค่า Po วัดโดยใช้เครื่อง Wallace Plastimeter ซึ่งเป็นการกดชิ้นงานทดสอบด้วยแรงและให้ความร้อนของแท่นกดที่แน่นอน แล้ววัดความหนาของชิ้นทดสอบที่ถูกกด ส่วนเครื่อง Mooney Viscometer จะใช้ระบบการหมุนของ rotor เหมือนชิ้นงานทดสอบ แล้วหาแรงที่ต้านการหมุนของ rotor ของเครื่อง ดังนั้นค่า Po และค่า Mooney ของยางตัวอย่างจากยางแท่งก็เหมือนกัน จึงไม่จำเป็นต้องมีค่าเหมือนกันแต่แนวโน้มจะต้องคล้อยไปทางเดียวกัน คือ ถ้ายางแท่งก้อนหนึ่งมีค่า Po สูง เมื่อนำไปวัดค่า Mooney ค่าที่ได้จะต้องสูงเช่นเดียวกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางแสดงมาตรฐานของยางเอสทีอาร์ชนิดต่างๆ [12]

สมบัติ	เกรดยาง							
	น้ำ ยาง	น้ำยาง/ยาง แผ่น		ยางก้อน/ยางแผ่น				
		STR XL	STR 5L	STR 5	STR 5 CV	STR 10	STR 10 CV	STR 20
ปริมาณสิ่งสกปรก ไม่เกิน (%)	0.02	0.04	0.04	0.04	0.08	0.08	0.16	0.16
ปริมาณเถ้า ไม่เกิน (%)	0.40	0.40	0.60	0.60	0.60	0.60	0.80	0.80
ปริมาณไนโตรเจน ไม่เกิน (%)	0.50	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60
ปริมาณสิ่งระเหย ไม่เกิน (%)*	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80
ค่าความอ่อนตัว เริ่มแรก ไม่ต่ำกว่า	35	35	30	-	30	-	30	-
ดัชนีค่าความอ่อนตัว ของยาง ไม่ต่ำกว่า	60	60	60	60	50	50	40	40
สีวัดด้วยโลวิบอนด์ สเกลไม่เกิน	4.0	6.0	-	-	-	-	-	-
ความหนืด ML (1+4), 100 °C	-	-	-	**	-	**	-	**
แถบสี	ฟ้า	เขียว อ่อน	เขียว อ่อน	ตัวอักษร ขาวบนพื้น เขียวอ่อน	น้ำตาล	ตัวอักษร ขาวบน พื้น น้ำตาล	แดง	ตัวอักษร ขาว บนพื้น แดง

หมายเหตุ * เป็นขีดจำกัดสำหรับผู้ใช้งาน กรณีของผู้ผลิตต้องมีปริมาณสิ่งระเหย ไม่เกิน 0.50%

** ขีดจำกัดของผู้ผลิตสำหรับ STR 5 CV กำหนดค่าความหนืด 70 (+7, -5), 60 (+7, -5) และ 50 (+7, -5) สำหรับ STR 10 CV กำหนดค่าความหนืด 60 (+7, -5), สำหรับ STR 20 CV กำหนดค่าความหนืด 65 (+7, -5)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Nipacide BIT 20

Biocidal preparation containing sodium benzisothiazolinone

Product Specification

<u>Item</u>	<u>Specification</u>	<u>unit</u>	<u>Method</u>
Appearance: color	beige to brown		visual
Appearance: form	clear liquid		visual
Assay Nipacide BIT	19.0-21.0	%	MOA004R
Impurity - diamide	max. 0.5	%	MOA004R
Specific gravity	1.180-1.240	g/ml	MOA012A
pH value (10% solution)	12.0-13.20		MOA013C
Viscosity @ 20 rpm	max. 400.0	cps	MOA019D

Product Code: 169593 Version: 1
Date of Issue: 26/08/2002

This product specification would cease to be binding if the customer has not purchased the product during the preceding 12 months. This information is based on our present state of knowledge and is intended to provide general notes on our product and their uses. It should therefore not be construed as guaranteeing specific properties of the products described or their suitability for a particular application. Any existing industrial rights must be observed. ISO-, EN- and DIN- Standards are published by: Beuth-Verlag, Burggrafenstr. 6, D-10787 Berlin, Germany. They are also available from the National Standard authority of each country. DGF-Standards are published by: Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft mbH, Birkenwald Str. 44, D-7019 Stuttgart, German. This Product Specification is not signed. If you have any questions, please contact the local Clariant Office or Clariant Produkte (Deutschland) GmbH, Division Functional Chemicals, Management Systems/Quality Assurance, D-65926 Frankfurt, Germany. E-mail: fun.ms.qa@clariant.com

*** Please visit our website <http://fun.clariant.com>

Nipacide BIT 20 – 169593 Revision: 1

Page 1

Glyoxal 40%

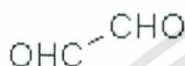
Technical Data Sheet
July 2009

BASF
The Chemical Company

Formula..... $C_2H_2O_2$
Molecular Weight..... 58.0
PRD Number 30037091
CAS Registry Number 107-22-2

Product Specifications	Value	Test Method
Assay, %	39.5-40.5	GC
Formaldehyde, ppm maximum	100	HPLC
Acid Number, mg/gr maximum	1.5	GC
Color, APHA maximum	20	8802
pH value	2.0-3.5	DIN 19 268

Physical Properties
Melting temperature, °C -14
Boiling temperature, °C 104
Density @20 °C, g/cm ³ 1.27
Ignition temperature, °C 285



Description

Glyoxal is a colorless to yellow liquid, with a faint odor. It is also miscible with water.

Synonyms

Glyoxaldehyde
Ethanedial
1,2-Ethanedione
Diformyl
Ethanedione
Glyoxal aldehyde

Safety

Glyoxal is harmful by inhalation. May cause sensitization by skin contact and is irritating to eyes and skin.

Always refer to the Material Safety Data Sheet (MSDS) for detailed information on safety.

Applications

Intermediate used in the production of:

- Adhesives
- Cross linkers
- Paper resins
- Pharmaceuticals
- Sulfur scavenging
- Textile resins

Packaging

This product is available in bulk, tote and drums.

Storage & Handling

Glyoxal has a shelf life of six months if unopened, original containers and may yellow after lengthy storage. Ensure thorough ventilation of storage and work areas. It must be protected from air.

Always refer to the Material Safety Data Sheet (MSDS) for detailed information on handling and disposal.

Always refer to the Material Safety Data Sheet (MSDS) for detailed information on handling and disposal.

Although all statements and information in this publication are believed to be accurate and reliable, they are presented gratis and for guidance only, and risks and liability for results obtained by use of the products or application of the suggestions described are assumed by the user. NO WARRANTIES OF ANY KIND, EITHER EXPRESS OR IMPLIED, INCLUDING WARRANTIES OF MERCHANTABILITY OR FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE, ARE MADE REGARDING PRODUCTS DESCRIBED OR DESIGNS, DATA OR INFORMATION SET FORTH. Statements or suggestions concerning possible use of the products are made without representation or warranty that any such use is free of patent infringement and are not recommendations to infringe any patent. The user should not assume that toxicity data and safety measures are indicated or that other measures may not be required.

© 2009 BASF Corporation

Contact us:

E-mail: chemical_intermediates@basf-corp.com
Website: www.basf.com/usa/intermediates

Chemicals

BASF Corporation

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Material Safety Data Sheet Sodium hydrosulfite
MSDS# 01503

MSDS Name: Sodium hydrosulfite

Synonyms: Sodium hydrosulphite; Sodium sulfoxylate; Sodium dithionite.

Physical and Chemical Properties:

Physical State: Crystalline powder

Color: white

Odor: penetrating odor -sulfur dioxide odor

pH: Not available

Vapor Pressure: Not available

Vapor Density: Not available

Evaporation Rate: Not available

Viscosity: Not available

Boiling Point: Not available

Freezing/Melting Point: 55 deg C (131.00.F)

Decomposition Temperature: Solubility in water: 25 g/100ml (20.C)

Specific Gravity/Density: 1.4

Molecular Formula: Na₂S₂O₄

Molecular Weight: 174.10

Stability and Reactivity Chemical Stability: Stable under normal temperatures and pressures. Ignition sources, dust generation, exposure to air, excess heat, moisture, high

Conditions to Avoid: humidity.

Incompatibilities with other strong oxidizing agents, strong acids.

Materials Hazardous Decomposition Products Carbon monoxide, oxides of sulfur, carbon dioxide. Hazardous Polymerization has not been reported.

The information above is believed to be accurate and represents the best information currently available to us. However, we make no warranty of merchantability or any other warranty, express or implied, with respect to such information, and we assume no liability resulting from its use. Users should make their own investigations to determine the suitability of the information for their particular purposes. In no event shall the company be liable for any claims, losses, or damages of any third party or for lost profits or any special, indirect, incidental, consequential, or exemplary damages howsoever arising, even if the company has been advised of the possibility of such damages.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Certificate of Analysis
BASF SE

Please note that the certificates of analysis are also conveniently available online and around the clock at www.wouldaccountbasf.com

VIV INTERCHEM CO., LTD
22 SOI SUKHUMVIT 42, SUKHUMVIT ROAD
10110 BANGKOK
PHRAKANONG, KLONG-TOEY,
Thailand

Fax No 00027121030

2011-02-15
E-CCA/Q
Produktion Anorganika
+49 621 6043646
Certificate No 6785

Inspection Certificate 3.1 according to EN 10204

Sodium Metabisulphite	Material	50077130
Non food grade	Order	3006693268 000010
25 KG PE-Bag	Delivery	3089118962 000010
Purchase Order/Customer Product#	Lot	48351936W0
FID-7-280111	Lot/Qty	20825.000 KG
50077130	Total	20825.000 KG
	Transport	TRLU3855840

Best before/Retest-Date (MM-YYYY): 02-2013

Product release-Date (DD-MM-YYYY): 12-02-2011

Property	Limit	Unit	Result	Test Method
Na ₂ S ₂ O ₅	min. 97.2	g/100g	99.3	ANSI-4.276
SO ₂	min. 65.5	g/100g	66.9	calculated
pH (5%, 20 °C)	4.0-4.8	pH	4.5	ISO 3627-2001
Chloride	max. 50	mg/kg	< 50	IC
Heavy metals as Pb	max. 10	mg/kg	< 10	AES-ICP
Fe	max. 10	mg/kg	< 10	AES-ICP
Na ₂ SO ₃ + Na ₂ SO ₄		g/100g	remainder	calculated

Quality Control E-CCA-Q

The aforementioned data shall constitute the agreed contractual quality of the product at the time of passing of risk. The data are controlled at regular intervals as part of our quality assurance program. Neither these data nor the properties of product specimens shall imply any legally binding guarantee of certain properties or of fitness for a specific purpose. No liability of ours can be derived there from.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้