ความเป็นไปได้ในการใช้สารเคมียับยั้งการเจริญของราบนยางแผ่นดิบ

นางสาวกิตติกานต์ กุแก้ว

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม (สหสาขาวิชา)
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2554
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)
เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย
The abstract and full text of theses from the academic year 2011 in Chulalongkorn University Intellectual Repository (CUIR)
are the thesis authors' files submitted through the Graduate School.

FEASIBILITY OF USING CHEMICALS FOR FUNGAL GROWTH INHIBITION ON RUBBER AIR DRIED SHEET

Miss Kittikarn Kukaew

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Mater of Science Program in Environmental Science

(Interdisciplinary Program)

Graduate School

Chulalongkorn University

Academic Year 2011

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ความเป็นไปได้ในการใช้สารเคมียับยั้งการเจริญของราบนยางแผ่นดิบ
โดย	นางสาวกิตติกานต์ กุแก้ว
สาขาวิชา	วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชาญวิทย์ โฆษิตานนท์
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม	ดร.สุรพิชญ ลอยกุลนันท์

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

…….. คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร.พรพจน์ เปี่ยมสมบูรณ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

……ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อาจอง ประทัตสุนทรสาร)

…….. อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชาญวิทย์ โฆษิตานนท์)

…… อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม
(ดร.สุรพิชญ ลอยกุลนันท์)

……กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. อรทัย ชวาลภาฤทธิ์)

……กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(ดร. นิตยา นักระนาด มิลน์)

กิตติกานต์ กุแก้ว : ความเป็นไปได้ในการใช้สารเคมียับยั้งการเจริญของราบนยางแผ่นดิบ (FEASIBILITY OF USING CHEMICALS FOR FUNGAL GROWTH INHIBITION ON RUBBER AIR DRIED SHEET) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ผศ.ดร.ชาญวิทย์ โฆษิตานนท์, อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม: ดร.สุรพิชญ ลอยกุลนันท์, 110 หน้า.

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาหาสารเคมีสำหรับยับยั้งการเจริญของราในน้ำยางข้นและบนยางแผ่นดิบ ทำการแยกราจากน้ำยางข้นและยางแผ่นดิบ พบราจากยางแผ่นดิบคือ *Penicillium* sp. 3 สายพันธุ์ และ *Aspergillus* sp. 5 สายพันธุ์ ทดสอบการยับยั้งการเจริญของราโดยสารเคมี 6 ชนิด คือ โซเดียมซอร์เบต, โซเดียมเปอร์บอเรต, โซเดียมดีไฮโดรอะซิเตต, เอทิลแอลกอฮอล์, สาร A และสาร B วัดประสิทธิภาพการยับยั้งรา ซึ่งคิดจากขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางบริเวณใส และต้นทุนราคาของสารเคมี คัดสารเคมีไว้ศึกษาต่อ 4 ชนิดคือ สาร A ความเข้มข้น 4.2% (โดยปริมาตร), สาร B ความเข้มข้น 100% (โดยมวลปริมาตร), โซเดียมดีไฮโดรอะซิเตต ความเข้มข้น 0.2% (โดยมวลต่อปริมาตร) และโซเดียมเปอร์บอเรต ความเข้มข้น 2% (โดยมวลต่อปริมาตร) ทดสอบประสิทธิภาพการยับยั้งราที่แยกจากตัวอย่างยางแผ่นดิบ โดยใช้สารเคมีแต่ละชนิดรวมทั้งสารผสมในอัตราส่วน 1:1 สาร A ความเข้มข้น 4.2% (โดยปริมาตร) มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเชื้อราได้ดีที่สุด นำสาร A ไปทดสอบการยับยั้งการเจริญของราบนยางแผ่นดิบ โดยแช่ตัวอย่างยางแผ่นดิบในสาร A ความเข้มข้น 4.2% (โดยปริมาตร) เป็นเวลา 20 นาที ใส่ราที่คัดแยกไว้แล้วบ่มยางแผ่นดิบเป็นเวลา 7 วัน ผลการยับยั้งคือ 100%

สาขาวิชา วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม ลายมือชื่อนิสิต .....

ปีการศึกษา 2554 ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก.....

ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม .....

5287105220 : MAJOR ENVIRONMENTAL SCIENCE
KEYWORDS : INHIBITION, FUNGI, RUBBER AIR DRIED SHEET

KITTIKARN KUKAEW: FEASIBILITY OF USING CHEMICALS FOR FUNGAL GROWTH INHIBITION ON RUBBER AIR DRIED SHEET. ADVISOR: ASSOC. PROF.CHARNWIT KOSITANONT,Ph.D.,CO-ADVISOR: SURAPICH LOYKULNANT, Ph.D., 110 pp.

The aim of this study to use chemicals for fungal growth inhibition on rubber air dried sheet. Three strains of *Penicillium* sp. and five strains of *Aspergillus* sp. were isolated from air dried sheet. Six chemicals (sodium sorbate, sodium perborate, sodium dehydroacetate, reagent A, ethyl alcohol and reagent B) were tested on isolated fungi. Evaluations were based on size of inhibition zone and the cost of chemicals. The promising chemicals, (4.2% (v/v) reagent A, 100% (v/v) reagent B, 0.2% (w/v) sodium dehydroacetate and 2% (w/v) sodium perborate) were tested further. The pure solution of the chosen chemicals as well as 1:1 mixture were tested on the isolated fungi. The best result was obtained from using 4.2% (v/v) resgent A. Testing on the rubber air dried sheet by immersing the sheets in the solution for 20 minutes then inoculated with fungi and incubated for 7 days. From this study, it was found that complete inhibition of all fungi was obtained by using 4.2% (v/v) reagent A.

Field of Study : Environmental Science ..... Student's Signature .....

Academic Year : 2011 ..... Advisor's Signature .....

Co-advisor's Signature .....

กิตติกรรมประกาศ

การจัดทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี เนื่องจากได้รับความกรุณาและความอนุเคราะห์อย่างสูงจากบุคคลที่เกี่ยวข้องหลายท่าน

ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชาญวิทย์ โฆษิตานนท์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาให้คำแนะนำและข้อเสนอแนะต่างๆ ถ่ายทอดความรู้รวมทั้งการแนะนำเอกสารต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย และช่วยตรวจทานแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้สมบูรณ์ตลอดจนให้ความเมตตาแก่ผู้วิจัยตลอดการศึกษา

ขอกราบขอบพระคุณ ดร.สุรพิชญ ลอยกุลนันท์ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ที่กรุณาให้คำแนะนำ แนะนำเอกสารต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย และให้คำปรึกษา รวมทั้งการช่วยตรวจทานแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้สมบูรณ์และขอกราบขอบพระคุณนางสาวปิยะดา สุวรรณดิษฐากุลที่กรุณาให้คำแนะนำและคอยช่วยเหลืองานที่เกี่ยวข้องกับวิทยานิพนธ์เสมอมา

ขอกราบขอบพระคุณคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ประกอบด้วย ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อาจอง ประทัตสุนทรสาร รองศาสตราจารย์ ดร.อรทัย ชวาลภาฤทธิ์ และดร. นิตยา นักระนาดมิลน์ สำหรับคำแนะนำต่างๆในการทำวิจัย และร่วมเป็นประธานและกรรมการตรวจสอบวิทยานิพนธ์

ขอขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยและศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ ที่ให้การสนับสนุนทุนอุดหนุนการทำวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้และขอขอบคุณศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ โรงงานผลิตยางแผ่นและเกษตรกรผู้ผลิตยางแผ่นที่ให้ความอนุเคราะห์ในการเก็บตัวอย่างยางแผ่นดิบเพื่อใช้ในการนำมาวิจัยครั้งนี้ด้วย

สุดท้ายนี้ ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ พี่สาว น้องชาย และครอบครัว ที่คอยสนับสนุนด้านการศึกษา คอยให้กำลังใจ เอาใจใส่และห่วงใยสุขภาพเสมอมา ตลอดจนสนับสนุนด้านทุนทรัพย์เรื่อยมาจนจบการศึกษา ขอขอบคุณเพื่อนๆ พี่ๆ นิสิตปริญญาโท สหสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมสำหรับความช่วยเหลือและให้กำลังใจเสมอมา

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... จ

กิตติกรรมประกาศ..... ฉ

สารบัญ..... ช

สารบัญตาราง..... ญ

สารบัญภาพ..... ฏ

บทที่

1 บทนำ..... 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา..... 1

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย..... 2

1.3 ขอบเขตของการวิจัย..... 2

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ..... 2

2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 3

2.1 น้ำยาง..... 3

2.1.1 ส่วนที่เป็นเนื้อยาง..... 5

2.1.2 ส่วนที่ไม่ใช่ยาง..... 7

2.1.3 การเก็บรักษาสภาพน้ำยาง..... 10

2.1.4 สารเคมีสำหรับรักษาสภาพน้ำยาง..... 10

2.1.5 ชนิดของสารเคมีรักษาสภาพน้ำยาง..... 11

2.2 น้ำยางข้น..... 13

2.2.1 กระบวนการผลิตน้ำยางข้น..... 14

2.2.2 ชนิดของน้ำยางข้น..... 19

2.2.3 คุณภาพของน้ำยางข้น..... 20

2.3 ยางแผ่น..... 25

2.3.1 คุณภาพของยางแผ่น..... 25

2.3.2 ขั้นตอนการผลิตยางแผ่น..... 26

บทที่	หน้า
2.4 รา	33
2.4.1 ราที่เจริญบนยางแผ่น	33
2.5 ข้อมูลสารเคมี	34
2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	40
3 วิธีการดำเนินงานวิจัย	44
3.1 สถานที่ดำเนินการวิจัย	44
3.1.1 สถานที่เก็บตัวอย่าง	44
3.1.2 ห้องปฏิบัติการ	45
3.2 เครื่องมือ อุปกรณ์ สารเคมีและอาหารเลี้ยงเชื้อที่ใช้ในห้องปฏิบัติการ	45
3.2.1 เครื่องมือ อุปกรณ์	45
3.2.2 เครื่องแก้ว	47
3.2.3 สารเคมีที่ใช้หาความเข้มข้นที่เหมาะสมในการยับยั้งการเจริญของราในน้ำยางข้นและบนยางแผ่นดิบ	47
3.2.4 สารเคมีและอาหารเลี้ยงเชื้อ	47
3.3 วิธีดำเนินการศึกษาวิจัย	48
3.3.1 การแยกราในน้ำยางข้นและยางแผ่นดิบ	48
3.3.2 การคัดเลือกราที่มีลักษณะโคโลนีแตกต่างกัน	49
3.3.3 การจำแนกราที่มีลักษณะโคโลนีที่ไม่ซ้ำกัน และการระบุสกุล	49
3.3.4 การเก็บเชื้อสำหรับทำเป็นหัวเชื้อ (stock culture)	49
3.3.5 การทดสอบสารเคมีที่ใช้ยับยั้งรา	50
3.3.6 การทดสอบสารเคมีที่ใช้ยับยั้งราบนยางแผ่นดิบ	50
3.3.7 การวิเคราะห์ข้อมูล	51
4 ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง	52
4.1 แหล่งที่มาของตัวอย่าง	52
4.2 การแยกราจากตัวอย่าง	52
4.2.1 การแยกราจากน้ำยางข้น	52
4.2.2 การแยกราจากยางแผ่นดิบ	55
4.2.3 การคัดเลือกราที่มีลักษณะโคโลนีแตกต่างกัน	55

บทที่ หน้า
4.2.4 ผลการจำแนกราและการระบุสกุล..... 60
4.3 การทดสอบสารเคมีที่ใช้ยับยั้งรา..... 71
4.3.1 การทดสอบหาความเข้มข้นของสารเคมี..... 71
4.3.2 การทดสอบคุณภาพยางกับสารเคมี..... 73
4.3.3 การพัฒนาสารเคมีสำหรับยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์..... 74
4.4 การทดสอบสารเคมีที่ใช้ยับยั้งราบนยางแผ่นดิบ..... 77
5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ..... 79
5.1 สรุปผลการทดลอง..... 79
5.2 ข้อเสนอแนะ..... 80
รายการอ้างอิง..... 81
ภาคผนวก..... 86
ภาคผนวก ก ขั้นตอนการทำ slide culture..... 87
ภาคผนวก ข อาหารเลี้ยงเชื้อ..... 88
ภาคผนวก ค สารเคมี..... 90
ภาคผนวก ง ภาพประกอบงานวิทยานิพนธ์..... 91
ภาคผนวก จ ข้อมูลการทดสอบคุณภาพยางด้วยเครื่อง Universal Testing Machine..... 103
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์..... 110

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	ส่วนประกอบของน้ำยางธรรมชาติ.....	4
2.2	องค์ประกอบในน้ำยาง.....	5
2.3	ส่วนประกอบของเนื้อยางแห้ง.....	6
2.4	มาตรฐานยางแผ่นดิบคุณภาพต่างๆ.....	26
4.1	สถานที่เก็บตัวอย่างยางแผ่นดิบ.....	53
4.2	แสดงลักษณะโคโลนีราที่แยกได้จากตัวอย่างยางแผ่นดิบ.....	57
4.3	แสดงราที่พบบนตัวอย่างยางแผ่นดิบ.....	61
4.4	แสดงราที่พบบนตัวอย่างยางแผ่นดิบจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	62
4.5	แสดงภาพโครงสร้างภายใต้กล้องจุลทรรศน์และลักษณะโคโลนีของ *Penicillium* sp. 1.....	63
4.6	แสดงภาพโครงสร้างภายใต้กล้องจุลทรรศน์และลักษณะโคโลนีของ *Penicillium* sp. 2.....	64
4.7	แสดงภาพโครงสร้างภายใต้กล้องจุลทรรศน์และลักษณะโคโลนีของ *Penicillium* sp. 3.....	65
4.8	แสดงภาพโครงสร้างภายใต้กล้องจุลทรรศน์และลักษณะโคโลนีของ *Aspergillus* sp.1.....	66
4.9	แสดงภาพโครงสร้างภายใต้กล้องจุลทรรศน์และลักษณะโคโลนีของ *Aspergillus* sp. 2.....	67
4.10	แสดงภาพโครงสร้างภายใต้กล้องจุลทรรศน์และลักษณะโคโลนีของ *Aspergillus* sp. 3.....	68
4.11	แสดงภาพโครงสร้างภายใต้กล้องจุลทรรศน์และลักษณะโคโลนีของ *Aspergillus* sp. 4.....	69
4.12	แสดงภาพโครงสร้างภายใต้กล้องจุลทรรศน์และลักษณะโคโลนีของ *Aspergillus* sp. 5.....	70
4.13	การแปรผันความเข้มข้นของสารเคมี.....	72
4.14	แสดงปริมาณต่อต้นทุนของสารเคมีและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางบริเวณใส.....	73

ตารางที่		หน้า
4.15	แสดงคุณภาพยางกับสารเคมี……	73
4.16	สารเคมีที่ใช้สำหรับพัฒนาสารเคมีเพื่อยับยั้งการเจริญของรา……..……	74
4.17	การเจริญของราบนยางแผ่นดิบชุดควบคุมและที่แช่ด้วยสาร A..…….....	78
4.18	แสดงคุณภาพของยางที่แช่ด้วยสาร A เป็นเวลา 20 นาที.....……	78

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2.1	โครงสร้างทางเคมีของโพลิไอโซพรีน (cis-1,4-polyisoprene)	5
2.2	ส่วนประกอบต่างๆของน้ำยางสดหลังการปั่นแยก.....	9
2.3	กระบวนการผลิตน้ำยางข้น.....	24
4.1	จานอาหารเลี้ยงเชื้อจากตัวอย่างน้ำยางข้น โดยวิธีการ spread plate (ก) และ วิธีการstreak plate (ข).....	54
4.2	ลักษณะโคโลนีบนจานอาหารเลี้ยงเชื้อจำนวน 15 ตัวอย่าง.....	55
4.3	แผนภาพแสดงลักษณะของโคโลนีรา.....	56
4.4	กราฟจำนวนราที่พบในแต่ละสายพันธุ์ของตัวอย่างยางแผ่นดิบ.....	62
4.5	กราฟเปรียบเทียบขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของสารเคมี (1).....	76
4.6	กราฟเปรียบเทียบขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของสารเคมี (2).....	76
ง 1	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางบริเวณใส (clear zone) ของโซเดียมซอร์เบต (sodium sorbate).....	91
ง 2	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางบริเวณใส (clear zone) ของโซเดียมเปอร์บอเรต (sodium perborate).....	91
ง 3	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางบริเวณใส (clear zone) ของโซเดียมดีไฮโดรอะซิเตต (sodium dehydroacetate).....	92
ง 4	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางบริเวณใส (clear zone) ของสาร A.....	92
ง 5	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางบริเวณใส (clear zone) ของสาร B.....	93
ง 6	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางบริเวณใส (clear zone) ของเอทิลแอลกอฮอล์ (ethyl alcohol).....	93
ง 7	ประสิทธิภาพสารเคมีจากขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางบริเวณใส (clear zone) ของ *Penicillium* sp. 1 (P1).....	94
ง 8	ประสิทธิภาพสารเคมีจากขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางบริเวณใส (clear zone) ของ *Penicillium* sp. 2 (P2).....	94

ภาพที่		หน้า
ง 9	ประสิทธิภาพสารเคมีจากขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางบริเวณใส (clear zone) ของ *Penicillium* sp. 3 (P3).....	95
ง 10	ประสิทธิภาพสารเคมีจากขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางบริเวณใส (clear zone) ของ *Aspergillus* sp. 1 (AS1).....	95
ง 11	ประสิทธิภาพสารเคมีจากขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางบริเวณใส (clear zone) ของ *Aspergillus* sp. 2 (AS2).....	96
ง 12	ประสิทธิภาพสารเคมีจากขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางบริเวณใส (clear zone) ของ *Aspergillus* sp. 3 (AS3).....	96
ง 13	ประสิทธิภาพสารเคมีจากขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางบริเวณใส (clear zone) ของ *Aspergillus* sp. 4 (AS4).....	97
ง 14	ประสิทธิภาพสารเคมีจากขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางบริเวณใส (clear zone) ของ *Aspergillus* sp. 2 (AS2).....	97
ง 15	การเจริญของ *Penicillium* sp. 1 (P1) 3 ซ้ำหลังจากบ่มเป็นเวลา 7 วัน.....	99
ง 16	การเจริญของ *Penicillium* sp. 2 (P2) 3 ซ้ำหลังจากบ่มเป็นเวลา 7 วัน.....	99
ง 17	การเจริญของ *Penicillium* sp. 3 (P3) 3 ซ้ำหลังจากบ่มเป็นเวลา 7 วัน.....	100
ง 18	การเจริญของ *Aspergillus* sp. 1 (AS1) 3 ซ้ำหลังจากบ่มเป็นเวลา 7 วัน.....	100
ง 19	การเจริญของ *Aspergillus* sp. 2 (AS2) 3 ซ้ำหลังจากบ่มเป็นเวลา 7 วัน.....	101
ง 20	การเจริญของ *Aspergillus* sp. 3 (AS3) 3 ซ้ำหลังจากบ่มเป็นเวลา 7 วัน.....	101
ง 21	การเจริญของ *Aspergillus* sp. 4 (AS4) 3 ซ้ำหลังจากบ่มเป็นเวลา 7 วัน.....	102
ง 22	การเจริญของ *Aspergillus* sp. 5 (AS5) 3 ซ้ำหลังจากบ่มเป็นเวลา 7 วัน.....	102

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันยางพาราเป็นพืชเศรษฐกิจหลักที่มีความสำคัญต่อประเทศไทย เนื่องจากเป็นทั้งผู้ผลิตและส่งออกยางธรรมชาติมากที่สุดของโลกด้วยปริมาณการผลิต 3.16 ล้านตัน คิดเป็น 32.91% และมีการส่งออกยางธรรมชาติ 2.76 ล้านตัน คิดเป็น 39.67% (สถาบันวิจัยยาง, 2553 ก) ผลิตภัณฑ์ยางธรรมชาติที่ส่งออกมากที่สุดได้แก่ ยางแผ่นรมควัน ยางแท่งมาตรฐาน และน้ำยางข้น เป็นต้น (กรมควบคุมมลพิษ, 2548 ก) น้ำยางข้นสร้างรายได้ให้กับประเทศด้วยปริมาณการส่งออกเป็นอันดับ 3 คิดเป็น 21.85% รองจากยางแท่ง คิดเป็น 34.87% และยางแผ่นรมควัน คิดเป็น 25.48% (สถาบันวิจัยยาง, 2553 ก) โดยผลิตภัณฑ์จากยางถูกนำมาใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวันของคนทั่วโลก ซึ่งน้ำยางข้น เป็นวัตถุดิบสำคัญที่ใช้สำหรับการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ อุปกรณ์ เครื่องมือ เครื่องใช้ต่างๆทั้งการผลิตถุงมือยาง ยางรถยนต์ ถุงยางอนามัย ยางยืด อุปกรณ์ทางการแพทย์ ฯลฯ สามารถสร้างรายได้ สร้างอาชีพด้านอุตสาหกรรมการผลิตวัสดุสำเร็จรูปให้กับประเทศอีกด้วย แต่เนื่องจากขั้นตอนการเก็บน้ำยางข้นก่อนจะนำไปแปรรูปนั้นหากเก็บไว้นานจะเกิดการเจริญของราซึ่งจะส่งผลต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์และอาจทำให้เกิดผลเสียต่อสุขภาวะในการทำงานด้วยขณะเดียวกันยางแผ่นดิบเป็นผลิตภัณฑ์ที่ทำมาจากน้ำยางสดที่ได้มาจากต้นยางพารา โดยเกษตรกรจะทำยางแผ่นดิบส่งจำหน่ายไปยังโรงงานเพื่อผลิตยางแผ่นรมควัน ที่เป็นผลิตภัณฑ์ยางที่ส่งออกที่สร้างรายได้ให้กับประเทศในแต่ละปีเป็นมูลค่าไม่ต่ำกว่า 6 หมื่นกว่าล้านบาท (สถาบันวิจัยยาง, 2553 ข) จึงถือได้ว่ายางพาราเป็นพืชเศรษฐกิจที่มีบทบาทที่สำคัญต่ออาชีพ รายได้ และความเป็นอยู่ของประชาชนและเกษตรกรจำนวนมาก แต่เกษตรกรที่นำน้ำยางสดไปทำเป็นยางแผ่นดิบนั้นประสบปัญหามีราขึ้นบนผิวยางทำให้คุณภาพของยางแผ่นดิบนั้นลดลง ส่งผลกระทบต่อราคายางแผ่นดิบ ซึ่งราคายางที่ขายนั้นจะมีราคาที่ต่ำลงมาก (ณพรัตน์ วิชิตชลชัย, 2536) ทั้งยังส่งผลต่อรายได้ของเกษตรกรและส่งผลต่อสุขภาพของเกษตรกรและครอบครัวรวมทั้งคนงานในโรงงานที่จะต้องอาศัยอยู่ในสิ่งแวดล้อมร่วมอยู่ใกล้เคียงกับแหล่งผลิตยางแผ่นดิบและทำงานร่วมกับยางแผ่นดิบที่มีราขึ้นเป็นเวลานาน

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาหาสารเคมีสำหรับยับยั้งการเจริญของราในน้ำยางข้นและยางแผ่นดิบ

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาการยับยั้งการเจริญของราในน้ำยางข้นและยางแผ่นดิบซึ่งขอบเขตของการวิจัยมีรายละเอียดดังนี้

1.ใช้ตัวอย่างน้ำยางข้น จากโรงงานผลิตยางแผ่นในภาคใต้ จังหวัดสุราษฎร์ธานีและตัวอย่างยางแผ่นดิบ จากโรงงานผลิตยางแผ่นและสวนยางที่ผลิตยางแผ่นดิบในภาคใต้ และภาคตะวันออกของประเทศไทย ได้แก่ จังหวัดสุราษฎร์ธานี จังหวัดระยองและจังหวัดชลบุรี

2. ราที่ศึกษาเป็นราที่แยกได้จากตัวอย่างน้ำยางข้นและยางแผ่นดิบ

3. ใช้สารเคมีโดยการเติมสารเคมีที่มีความเข้มข้นที่เหมาะสมลงในน้ำยางข้นและใช้การแช่ยางแผ่นดิบลงในสารเคมี

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ได้สารเคมีในการเก็บรักษาน้ำยางข้นและยางแผ่นดิบที่ทำให้ราขึ้นน้อยที่สุดในภาวะการทำงานปกติของอุตสาหกรรมยาง

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 น้ำยาง

น้ำยาง (latex) มาจากภาษาละติน มีความหมายว่า ของเหลว (liquid) หรือของไหล (fluid) ในบางครั้งก็มีความหมายว่าเป็นของเหลวหรือของไหลที่มีลักษณะคล้ายน้ำนม (milky) โดยเฉพาะส่วนประกอบของน้ำที่เป็นของไหล ในระยะเวลา 10 ปี ก่อนศตวรรษ 19 มีการให้ความหมายของน้ำยางว่า เป็นน้ำจากเนื้อเยื่อพืชที่มีลักษณะคล้ายน้ำนม สีขาว ในระยะต่อมาในช่วงกลางศตวรรษที่ 19 น้ำยางจึงเป็นคำที่ใช้กันโดยทั่วไปในอุตสาหกรรมยาง โดยความหมายทางด้านวิทยาศาตร์พอลิเมอร์และเทคโนโลยี น้ำยางเป็นสารพอลิเมอร์ที่มีการกระจายตัวแบบคอลลอยด์ในตัวกลางที่มีน้ำเป็นส่วนประกอบ ดังนั้นน้ำยางจึงเป็นสารพอลิเมอร์ของอนุภาคยางที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูงกระจายตัวอยู่ในตัวกลางน้ำ (วิภาวี พัฒนกุล, 2554) น้ำยางสดอยู่ในท่อน้ำยางของต้นยางพารา (*Heveabrasiliensis*) พบนิวเคลียสจำนวนมากติดอยู่ข้างๆท่อน้ำยางเป็นไปได้ว่านิวเคลียสนี้มีส่วนสำคัญในการควบคุมกระบวนการสร้างน้ำยางขึ้นมา แต่จะไม่ค่อยพบนิวเคลียสปะปนอยู่ในส่วนของน้ำยางหลังกรีด น้ำยางเป็นส่วนของไซโตพลาสซึม เมื่อกรีดหรือเจาะ น้ำยางไหลออกจากท่อน้ำเรียกว่าน้ำยางสด (fresh or field latex) มีลักษณะเป็นของเหลวมีสีขาว ขาวออกเหลือง หรือสีครีม จัดเป็นสารแขวนลอย มีความหนาแน่นอยู่ที่ 0.975-0.980 กรัมต่อมิลลิลิตร มีค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) อยู่ที่ 6.5-7.0 ส่วนประกอบอื่นที่ไม่ใช่ยางอยู่ในรูปสารแขวนลอยและสารละลาย ปริมาณที่มีอยู่ไม่แน่นอนขึ้นอยู่กับ พันธุ์ของยาง อายุของต้นยาง ฤดูของการกรีดยาง และวิธีการกรีดยาง เป็นต้น (วราภรณ์ ขจรไชยกุล, 2524) ในตารางที่ 2.1 แสดงส่วนประกอบของน้ำยางธรรมชาติ

ตารางที่ 2.1 ส่วนประกอบของน้ำยางธรรมชาติ

ส่วนประกอบ	เปอร์เซ็นต์(%)
สารที่เป็นของแข็งทั้งหมด (Total Solid Content; TSC)	27-48
เนื้อยางแห้ง (Dry Rubber Content; DRC)	25-45
สารพวกโปรตีน	1-1.5
สารพวกเรซิน	1-1.25
ขี้เถ้า	สูงถึง 1
น้ำตาล	1
น้ำ	ส่วนที่เหลือจนครบ 100

ที่มา: เสาวนีย์ ก่อวุฒิกุลรังสี (2543)

น้ำยางสดธรรมชาติมีปริมาณเนื้อยางแห้งตั้งแต่ 20% โดยน้ำหนัก ขึ้นไปบางพันธุ์ที่มีการพัฒนาแล้วอาจสูงถึง 45%โดยน้ำหนัก โดยจะขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย ความแตกต่างระหว่างปริมาณสารที่เป็นของแข็งทั้งหมดกับปริมาณเนื้อยางแห้งในน้ำยางสดจะประมาณ 3% โดยน้ำหนัก แต่เมื่อนำน้ำยางสดมาเข้ากระบวนการปั่นเพื่อทำให้เป็นน้ำยางข้นแล้วความแตกต่างจะลดลงเหลือประมาณ 1.5%โดยน้ำหนัก ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับการเจือน้ำยางสดก่อนนำไปเข้ากระบวนการปั่น รวมถึงประสิทธิภาพ และการปรับสภาพของเครื่องปั่น ปริมาณสารที่ไม่ใช่น้ำยางมีประมาณ 5% โดยน้ำหนักของน้ำยางทั้งหมด ในปริมาณนี้เป็นสารโปรตีนที่ละลายได้ประมาณครึ่งหนึ่ง และประมาณหนึ่งในสี่จะดูดซับที่ผิวอนุภาคยางส่วนที่เหลือจะอยู่ในรูปของสารลูทอยด์ (lutoid) (วราภรณ์ ขจรไชยกูล, 2549) องค์ประกอบต่างๆของน้ำยาง สามารถแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ดังตารางที่ 2.2

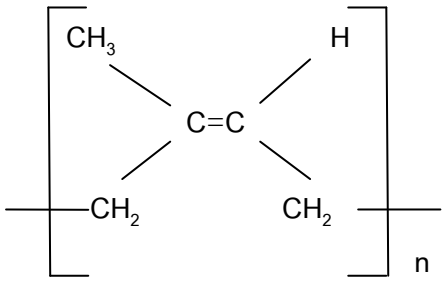
ตารางที่ 2.2 องค์ประกอบในน้ำยาง

องค์ประกอบในน้ำยาง	เปอร์เซ็นต์(%)(โดยน้ำหนัก)
1. ส่วนที่เป็นเนื้อยาง	35
2. ส่วนที่ไม่ใช่ยาง	65
2.1 ส่วนที่เป็นน้ำ	55
2.2 ส่วนของลูทอยด์และสารอื่น	10

ที่มา: ปนัดดา คำรัตน์ (2545)

2.1.1 **ส่วนที่เป็นเนื้อยาง**

ส่วนของเนื้อยางแห้งโดยปกติเป็นอนุภาคแขวนลอยในน้ำ ประกอบด้วยสารประกอบพวกไฮโดรคาร์บอน มีโครงสร้างทางเคมี คือ ซิส-1,4- โพลิไอโซพรีน (cis-1,4-polyisoprene) (ภาพที่ 2.1) มีความหนาแน่นเท่ากับ 0.92 กรัมต่อมิลลิลิตร รูปร่างลักษณะของอนุภาคจะมีลักษณะเป็นทรงค่อนข้างกลม มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.02-0.03 ไมครอน โมเลกุลมีขนาดใหญ่ ไม่ละลายน้ำ ที่ผิวมีประจุไฟฟ้าลบ และมีการเคลื่อนที่แบบบราวเนียน (Brownian) อนุภาคยางจะถูกห่อหุ้มด้วยสารพวกไขมันและโปรตีน มีโปรตีนอยู่ชั้นนอก และมีโลหะบางชนิด เช่น แมกนีเซียม โปแตสเซียม และทองแดงปะปนอยู่ประมาณ 0.5%



ภาพที่ 2.1 โครงสร้างทางเคมีของโพลิไอโซพรีน (cis-1,4-polyisoprene)
ที่มา: ศูนย์วิจัยและพัฒนาอุตสาหกรรมยางไทย (2555)

ส่วนประกอบของเนื้อยางแห้งประกอบด้วย เนื้อยางไฮโดรคาร์บอน น้ำที่กระจายตัวอยู่ในเนื้อยาง สารพวกโปรตีน สารพวกไขมัน แสดงอัตราส่วนในตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 ส่วนประกอบของเนื้อยางแห้ง

ส่วนประกอบ	เปอร์เซ็นต์(%)
เนื้อยางไฮโดรคาร์บอน	86
น้ำ กระจายอยู่ในเนื้อยาง	10
สารพวกโปรตีน	1
สารพวกไขมัน	3

ที่มา: เสาวนีย์ ก่อวุฒิกุลรังสี (2543)

โปรตีนมีประมาณ 25% ของโปรตีนทั้งหมดที่มีอยู่ในน้ำยางที่ห่อหุ้มอยู่ตรงผิวรอบนอกของอนุภาคยางอยู่ในชั้นน้ำ 50% และอยู่ปนในส่วนของสารลูทอยด์ 25% โดยโปรตีนที่อยู่ในน้ำยางส่วนใหญ่จะเป็นชนิดแอลฟากลูบูลิน (α-Globulin) และฮีวิน (Hevein) มีโปรตีนห่อหุ้มอยู่ในส่วนนอกสุดของอนุภาคยางประมาณ 1% ของอนุภาคยางส่วนใหญ่เป็นโปรตีนชนิดแอลฟากลูบูลิน ไม่ละลายในน้ำกลั่น แต่ละลายในกรดด่าง และเกลือ มีค่า Isoelectric point ที่ความเป็นกรด-ด่าง 4.8 สามารถละลายน้ำได้ มีค่า Isoelectric point ที่ความเป็นกรด-ด่าง 4.5 ชั้นของโปรตีนมีอนุมูลลบคาร์บ็อกซีเลต (carboxylate, $RCOO^-$) ทำให้เกิดการผลักกันระหว่างอนุภาคยาง จึงทำให้น้ำยางคงสภาพเป็นของเหลว เมื่อทำให้โปรตีนสูญเสียน้ำ เช่น การเติมแอลกอฮอล์ หรือกรดอะซิติก อนุภาคยางจะเกิดการรวมตัวกันเป็นก้อน เรียกว่า โคแอกกูลั่ม (Coagulum) แยกออกจากส่วนของซีรั่มโปรตีนบนผิวของอนุภาคยาง มีส่วนประกอบของกำมะถัน ในปริมาณ 5% ดังนั้นในขณะที่น้ำยางเกิดการสูญเสียสภาพ โปรตีนจะสลายตัวได้สารประกอบพวกไฮโดรเจนซัลไฟด์และสารเมอร์แคปเทน มีกลิ่นเหม็น

ไขมันอยู่ระหว่างผิวของอนุภาคยางและโปรตีน โดยส่วนใหญ่จะเป็นสารพวกฟอสโฟไลปิด ชนิดแอลฟาเลซิติน ทำหน้าที่ยึดโปรตีนให้เกาะอยู่บนผิวของอนุภาคยาง ในน้ำยางสภาวะที่เป็นด่าง เช่น มีแอมโมเนียอยู่ประมาณ 0.6% ขึ้นไป ฟอสโฟไลปิดจะถูกไฮโดรไลซ์ เป็นกรดไขมันที่มีโมเลกุลยาว (Long chain fatty acid) ซึ่งจะน้อยประมาณ 0.2% ในน้ำยาง การไฮโดรไลซิสจะเกิดขึ้นน้อย การเพิ่มความเสถียรของน้ำยางจึงจำเป็นต้องเพิ่มสบู่ หรือสารอื่นที่ช่วยในการเก็บรักษาน้ำยางเพิ่มลงไป (ประสพชัย รัตนเหล็กไหล, 2543; เสาวนีย์ ก่อวุฒิกุลรังสี, 2543)

2.1.2 **ส่วนที่ไม่ใช่ยาง**

ส่วนที่เป็นน้ำหรือ ซีรั่ม (serum) มีความหนาแน่นประมาณ 1.02 กรัมต่อมิลลิลิตร ประกอบด้วยสารดังต่อไปนี้

<u>คาร์โบไฮเดรต</u>เป็นสารจำพวกแป้งและน้ำตาลมีอยู่ในน้ำยางประมาณ 1% โดยน้ำตาลส่วนใหญ่จะเป็นชนิดคิวบราซิทอล(quebrachitol) มีน้ำตาลกลูโคส ซูโครส ฟรุกโตส ปริมาณเล็กน้อย น้ำตาลจะถูกแบคทีเรียใช้เป็นอาหาร เกิดปฏิกิริยาการย่อยสลายตัวให้กรดโมเลกุลที่มีขนาดเล็ก เกิดการเสียสภาพและรวมตัวเป็นก้อนทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงเป็นกรดไขมัน คือ กรดฟอร์มิกกรดอะซิติก และกรดโพรพิออนิก

<u>โปรตีนและกรดอะมิโน</u>จะอยู่ในส่วนของซีรัมน้ำยาง มีค่า Isoelectric point หลายค่าที่ละลายอยู่ในซีรั่ม ที่สำคัญมีอยู่ 2 ชนิด คือ แอลฟาโกลบูลินและฮีวิน โปรตีนที่พบมากในน้ำยางสด คือ แอลฟาโกลบูลิน

นอกจากโปรตีนและกรดอะมิโนในซีรัม ยังมีสารอื่นเช่น โคลีน (choline), เมทิลเอมีน (methyl amine), กรดอินทรีย์, ไซยาไนด์ (cyanide), อนุมูลลบอนินทรีย์ เช่น ฟอสเฟต(phosphate), คาร์บอเนต (carbonate), ไอออนโลหะหนัก ได้แก่ โพแทสเซียม แมกนีเซียม เหล็ก โซเดียม และทองแดง

2.1.2.1 ส่วนของลูทอยด์และสารอื่น

ลูทอยด์มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 ถึง 3 ไมครอน มีอนุภาคค่อนข้างกลมคล้ายกับอนุภาคยาง ซึ่งประกอบด้วยเนื้อเยื่อบางๆ มีสารละลายและสารที่แขวนลอยอยู่ ลูทอยด์สามารถเกิดการออสโมซิสได้ง่ายเนื่องจากห่อหุ้มด้วยเนื้อเยื่อชั้นเดียว ดังนั้นการเติมน้ำลงในน้ำยางสด จะทำให้ลูทอยด์บวมน้ำและแตกง่ายน้ำยางจะมีความหนืดมากขึ้นในขณะที่ลูทอยด์เกิดการพองตัวแต่เมื่อลูทอยด์แตกความหนืดจะลดลงอุณหภูมิที่สูงขึ้นมีผลทำให้ของเหลวภายในเกิดการขยายตัวจนลูทอยด์แตกออกของเหลวภายในซึ่งเป็นสารแขวนลอยที่มีประจุเป็นบวกและอิออนของโลหะ เช่น แคลเซียมอิออน และแมกนีเซียมอิออนปะปนรวมกันอยู่ซีรั่มทำให้อนุภาคยางรวมตัวกัน ก่อให้เกิดการอุดตันของท่อน้ำยาง ทำให้น้ำยางหยุดไหลหลังการกรีดและสาเหตุหนึ่งที่ทำให้น้ำยางเกิดการเสียสภาพคือ เนื้อเยื่อบางส่วนของลูทอยด์ที่แตกออกจับตัวกันเป็นก้อนติดอยู่บนผิวนอกของอนุภาคยาง ทำให้ยางมีขนาดโตขึ้นและเกิดการเคลื่อนที่ได้ช้าลง

หากมีการเติมแอมโมเนียลงไปในน้ำยาง ส่วนของลูทอยด์และสารพวกโลหะแมกนีเซียมจะรวมตัวกับแอมโมเนีย แยกตัวออกจากเนื้อยางตกตะกอนเป็นตมสีน้ำตาลและสีม่วง

2.1.2.2 อนุภาคเฟรย์-วิสลิ่ง (frey-wyssling)

เป็นสารที่ไม่ใช่ยางมีขนาดอนุภาคใหญ่กว่ายาง และมีความหนาแน่นมากกว่า มีรูปร่างกลมมีผนังล้อมรอบสองชั้น อยู่ติดกับเนื้อยางมีลักษณะอนุภาคเช่นเดียวกับยาง มีสีเหลืองเข้มจากสารเม็ดลีพวกคาโรตินอยด์ (carotinoid) จากน้ำยางชั้นล่างที่มีสีเหลืองเป็นเพราะมีอนุภาคเฟรย์-วิสลิ่งมากกว่าลูทอยด์ อนุภาคเฟรย์-วิสลิ่งสามารถรวมตัวกับแอมโมเนียและแยกตัวออกจากยางมาอยู่ในส่วนของซีรั่ม (สุรศักดิ์ สุทธิสงค์, 2532; เสาวนีย์ ก่อวุฒิกุลรังสี, 2543)

เมื่อนำน้ำยางสดปั่นด้วยความเร็วสูง 20,000 รอบต่อนาที สามารถแยกส่วนน้ำยางได้เป็น 4 ส่วน (รูปที่ 2.2) เรียงตามลำดับจากด้านบนถึงด้านล่าง ดังนี้

1. ส่วนของเนื้อยาง มีลักษณะเป็นครีมสีขาว อยู่ด้านบนสุด เป็นอนุภาคของยางอาจมีของแข็งอื่น เช่น อนุมูลของโลหะอื่นปนบ้างเล็กน้อย
2. อนุภาคเฟรย์-วิสลิ่ง เป็นส่วนที่อยู่ติดกับเนื้อยางมีลักษณะเป็นอนุภาคเช่นเดียวกับยางแต่มีสีเหลืองเวลาปั่นจะปนอยู่ในส่วนของซีรั่ม
3. ซีรั่ม มีสีใสปนเหลืองเป็นฟองง่าย มีลักษณะค่อนข้างเหนียว ส่วนใหญ่ประกอบด้วย โปรตีน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม ทองแดง และแมกนีเซียม
4. ตะกอนสีน้ำตาลและสีม่วง ซึ่งส่วนใหญ่เป็นสารพวกลูทอยด์ จะอยู่ส่วนล่างสุดส่วนใหญ่เป็นสารพวกโลหะหนักเป็นพวก แมกนีเซียม ฟอสฟอรัส และขี้แป้ง เป็นส่วนที่มีความถ่วงจำเพาะมากกว่าส่วนอื่นๆ มีลักษณะเป็นตม (ประสพชัย รัตนเหล็กไหล, 2543; เสาวนีย์ ก่อวุฒิกุลรังสี, 2543)

ภาพที่ 2.2 ส่วนประกอบต่างๆของน้ำยางสดหลังการปั่นแยก

ที่มา: เสาวนีย์ ก่อวุฒิกุลรังสี (2543)

2.1.3 **การเก็บรักษาสภาพน้ำยาง**

น้ำยางสดมีสภาพเป็นของเหลว เป็นสารแขวนลอยที่มีส่วนอนุภาคยางแขวนลอยกระจัดกระจายอยู่ในตัวกลางที่เรียกว่า ซีรั่ม (serum) มีโปรตีนดูดซับอยู่รอบผิวของอนุภาคยางไว้ (hydrated peotein envelope) ชั้นห่อหุ้มนี้มีความสำคัญต่อสถานะความคงตัวเป็นของเหลวน้ำยาง หรือความเสถียร (stability) โปรตีนชั้นนี้จะป้องกันไม่ให้แต่ละอนุภาคยางมารวมตัวกันและเกิดการจับรวมกันเป็นก้อน (coagulation) การสูญเสียน้ำ (dehydrated) ในชั้นของโปรตีนการทำลายอนุมูลลบของคาร์บ็อกซีเลตทำให้อนุภาคยางเกิดการรวมตัวกันเป็นก้อนยางเรียกว่า “โคแอกกูลั่ม” (coagulum) แยกตัวออกจากส่วนของซีรั่มหลังจากกรีดจากต้นยางสามารถคงสภาพอยู่ได้ไม่เกิน6 ชั่วโมงหลังจากนั้นน้ำยางจะจับตัวเป็นเม็ดเล็กๆมีลักษณะคล้ายเม็ดพริก และจะเกิดการบูดเน่าและมีกลิ่นเหม็น เพื่อไม่ให้อนุภาคยางในน้ำยางเกิดการรวมตัวกันเป็นก้อน เกิดการสูญเสียสภาพของน้ำยาง จึงต้องมีการเติมสารเคมีลงไปในน้ำยางเพื่อเก็บรักษาสภาพของน้ำยางให้คงสภาพเป็นของเหลวอยู่ (ณพรัตน์ วิชิตชลชัย, 2554; วราภรณ์ ขจรไชยกูล, 2549; เสาวนีย์ ก่อวุฒิกุลรังสี, 2543)

2.1.4 **สารเคมีสำหรับรักษาสภาพน้ำยาง**

เมื่อกรีดยางน้ำยางไหลออกมาจากต้นยางจะมีจุลินทรีย์ในอากาศปะปนลงไปในน้ำยางบนรอยกรีดยาง เปลือกต้นยางและในถ้วยรับน้ำยาง จุลินทรีย์จะใช้น้ำตาลกลูโคส ฟรุคโตสที่อยู่ในน้ำยางสด ก่อให้เกิดกรดทำลายชั้นโปรตีนที่ห่อหุ้มอนุภาคยาง น้ำยางจึงหนืดขึ้นและจับตัวกันเป็นก้อน ซึ่งการเกิดการจับตัวจะขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆด้วย เช่น สภาพแวดล้อมอุณหภูมิความคงตัวของน้ำยางพันธุ์ยางเป็นต้น เพื่อรักษาสภาพน้ำยางสดจึงต้องเติมสารเคมีป้องกันไม่ให้น้ำยางจับตัวกันเป็นก้อน

2.1.4.1 สมบัติของสารเคมีที่จะใช้รักษาสภาพของน้ำยาง

สารเคมีที่จะใช้รักษาสภาพน้ำยางควรมีสมบัติ ดังนี้

1. มีประสิทธิภาพในการทำลายหรือสามารถยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ซึ่งมีอยู่ในน้ำยาง

2. ควรมีประสิทธิภาพที่เป็นด่างเพื่อส่งเสริมสถานะของสารแขวนลอยให้น้ำยาง

3. สามารถระงับการทำงานของเอนไซม์ที่ช่วยในการเจริญของจุลินทรีย์ในน้ำยาง

4. ทำให้อนุมูลโลหะหนักไม่ว่องไวต่อการเกิดปฏิกิริยาเพราะอนุมูลเหล่านี้จะส่งเสริมการเจริญของจุลินทรีย์ในน้ำยาง

5. ไม่เกิดการรบกวนขั้นตอนกระบวนการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ และควรมีราคาถูกและเหมาะสม

6. ไม่ก่อความเป็นพิษต่อสุขภาพของคนและต่อคุณภาพของยางอีกทั้งยังสามารถขจัดออกจากน้ำยางได้โดยง่ายและสะดวกเมื่อถึงช่วงเวลาที่ไม่ต้องการ

2.1.5 ชนิดของสารเคมีรักษาสภาพน้ำยาง

ชนิดของสารเคมีรักษาสภาพน้ำยางสามารถแบ่งได้ 2 ประเภท ตามระยะเวลาในการเก็บรักษาน้ำยาง คือ

สารเคมีรักษาสภาพน้ำยางระยะสั้น (Short Term Preservative) การรักษาสภาพน้ำยาง เพื่อให้น้ำยางคงสภาพในช่วงระยะเวลาสั้นๆ ใช้เวลาเพียง 2-3 วันเท่านั้น ก่อนที่จะนำน้ำยางนั้นมาแปรรูปต่อไป สารเคมีที่ใช้ในการเก็บรักษาน้ำยางนี้เรียกว่า สารป้องกันการจับตัว (anticoagulant)

สารเคมีรักษาสภาพน้ำยางระยะเวลานาน (Long Term Preservative) สารเคมีชนิดนี้ส่วนใหญ่จะใช้เพื่อรักษาน้ำยางข้นให้คงสภาพเป็นของเหลวไม่ให้เกิดการเสียบูดเน่าหรือมีกลิ่นเหม็น น้ำยางมีการขนส่งไประยะทางไกล เช่น ส่งออกต่างประเทศหรือน้ำยางที่เก็บไว้ในสต๊อคก่อนที่จะนำมาใช้ทำผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปต่างๆ สารเคมีที่ใช้รักษาสภาพน้ำยางนี้ เรียกว่าสารรักษาสภาพน้ำยาง (Preservative) ได้แก่ แอมโมเนียและแอมโมเนียใช้ร่วมกับสารเคมีอื่น

2.1.5.1 การใช้แอมโมเนียรักษาสภาพน้ำยาง

แอมโมเนียเป็นสารรักษาสภาพน้ำยางที่นิยมใช้กันทั่วไป แอมโมเนีย 0.2% ในน้ำยางโดยน้ำหนัก สำหรับการรักษาสภาพน้ำยางในระยะสั้น แต่ถ้าต้องการรักษาสภาพน้ำยางระยะเวลานานควรใช้ในปริมาณ 0.7% โดยน้ำหนักโดยไม่ต้องใช้แอมโมเนียร่วมกับสารอื่น แอมโมเนียที่อยู่ในรูปของ anhydrous liquid บรรจุในถังเป็นที่นิยมใช้มากกว่าการใช้ในรูปของแอมโมเนียน้ำเข้มข้นเพราะแอมโมเนียน้ำเข้มข้นจะมีความปลอดภัยในการเคลื่อนย้ายน้อยกว่าแอมโมเนียที่อยู่ในรูปของ anhydrous liquid บรรจุถังและการใช้แอมโมเนียน้ำเข้มข้นโดยตรงจะทำให้น้ำยางจับตัวเป็นหย่อมๆได้ แต่แอมโมเนียยังมีข้อเสียและข้อบกพร่องหลายอย่าง เช่น การหายใจสูดดมแอมโมเนียเข้าไปในปริมาณมากหรือมีการสัมผัสโดนแอมโมเนียปริมาณที่เข้มข้นมากก่อให้เกิดอันตรายต่อผู้สูดดมและสัมผัสได้ จึงมีความพยายามที่จะหาสารอื่นๆที่มีความสามารถดีกว่าและทดแทนการใช้แอมโมเนียได้แต่พบว่ายังไม่สามารถหาสารใดที่มีข้อได้เปรียบมากกว่าและทำหน้าที่รักษาสภาพน้ำยางได้ดีเท่ากับแอมโมเนียนอกจากการลดปริมาณการใช้ลงและใช้แอมโมเนียร่วมกับสารอื่น เพื่อเสริมประสิทธิภาพการรักษาสภาพน้ำยาง (secondary preservative) โดยสารที่ใช้ร่วมจะช่วยเสริมประสิทธิภาพในการทำลายจุลินทรีย์ การรักษาสภาพน้ำยางโดยระบบนี้เรียกว่า Low Ammonia (LA) จะแตกต่างจากการใช้แอมโมเนียอย่างเดียวเรียกว่า High Ammonia (HA) สารที่ใช้ร่วมเป็นตัวเสริมในระบบ Low Ammonia (LA) ได้แก่ pentachlorophenates, zinc dialkyldithiocarbamates, thiuramsulphides, aminophenolsและ boric acid การใช้แอมโมเนียในระบบ Low Ammonia (LA) ที่มีสารที่เป็นตัวช่วยเสริมในการรักษาน้ำยางจะใช้ปริมาณ 0.2% โดยน้ำหนัก และใช้สารร่วมประมาณ 0.2% โดยน้ำหนักต่อน้ำยางทั้งหมด

2.1.5.2 สารอื่นๆที่ใช้รักษาสภาพน้ำยาง

1.) ฟอร์มาลดีไฮด์

ใช้เติมในรูปสารละลาย 1% โดยน้ำหนักต่อปริมาตรลงในถ้วยและถังรับน้ำยางสดประมาณ 0.02% โดยน้ำหนักต่อน้ำยางทั้งหมดการใช้ฟอร์มาลดีไฮด์รักษาสภาพน้ำยางสดก่อนที่จะนำไปทำน้ำยางข้นโดยวิธีการปั่นเพื่อใช้ในการทำยางฟองน้ำนั้นจะไม่เหมาะสมเนื่องจาก

ฟอร์มาลดีไฮด์ทำให้โปรตีนในน้ำยางเกิดการเปลี่ยนแปลงและมีผลกระทบต่อคุณภาพของยางฟองน้ำ

2.) โซเดียมซัลไฟต์

ใช้เติมในรูปสารละลาย 3% โดยน้ำหนักต่อปริมาตรเติมลงในถ้วยและถังรับน้ำยางสดประมาณ 0.05% โดยน้ำหนักต่อน้ำยางทั้งหมดซึ่งการใช้สารนี้โดยเฉพาะกับกรณีที่จะนำน้ำยางสดไปผลิตเป็นยางเครพขาวหรือเครพสีจาง (pale crepe) เพราะยางชนิดนี้เน้นเรื่องของสียางจะต้องจางมากที่สุดการใช้โซเดียมซัลไฟต์ในการผลิตยางเครพสีจางก็เพื่อช่วยทำหน้าที่ป้องกันปฏิกิริยาของเอนไซม์ที่จะทำให้ยางสีเข้ม

3.) โปแตสเซียมไฮดรอกไซด์

เป็นสารตัวเลือกนอกเหนือจากแอมโมเนียเพื่อใช้รักษาสภาพน้ำยางสด โปแตสเซียมไฮดรอกไซด์ใช้ในการรักษาน้ำยางข้นชนิดที่ใช้วิธีการระเหยน้ำ(evaporation) เนื่องจากสารนี้มีความเป็นด่างสูงจึงป้องกันปฏิกิริยาของจุลินทรีย์ได้ดีและรักษาความเสถียรให้น้ำยางได้ดีและไม่มีปัญหาในเรื่องของการฟอร์มสถานะหนืดอันเนื่องจากการมีปฏิกิริยากับซิงค์ออกไซด์ (zinc oxide thickening) (ณพรัตน์ วิชิตชลชัย, 2554; วิภาวี พัฒนกุล, 2554; วราภรณ์ ขจรไชยกูล, 2549; เสาวนีย์ ก่อวุฒิกุลรังสี, 2543)

2.2 น้ำยางข้น

น้ำยางข้นเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้มาจากน้ำยางที่ไล่เอาน้ำออกไปบางส่วนแล้วทำให้มีความเข้มข้นของเนื้อยางแห้งเพิ่มมากขึ้นจากที่มีในธรรมชาติระดับความเข้มข้นของเนื้อยางควรมีอย่างน้อย 60% เนื่องจากน้ำยางสดนั้นมีปริมาณเนื้อยางเฉลี่ยประมาณ 33% ทำให้การขนส่งและการซื้อขายนั้นไม่สะดวก นอกจากนี้สารบางอย่างที่มีอยู่ในน้ำยางที่ส่งผลต่อคุณภาพและไม่เหมาะสมที่จะนำไปเข้ากระบวนการผลิตเพื่อทำผลิตภัณฑ์ให้มีคุณภาพสม่ำเสมอได้ (รัตน์ เพชรจันทร, 2527; สถาบันวิจัยยาง, 2553 ก)

2.2.1 กระบวนการผลิตน้ำยางข้น

กระบวนการผลิตน้ำยางข้นดังแสดงในภาพที่ 2.3 เป็นกระบวนการที่แปรรูปน้ำยางสดจากต้นยางพารา ให้มีระดับความเข้มข้นที่เหมาะสมและมีคุณภาพสม่ำเสมอเพื่อเข้ากระบวนการผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ จึงมีกระบวนการผลิตน้ำยางข้นดังต่อไปนี้

2.2.1.1 การรักษาสภาพน้ำยางสดเพื่อที่จะผลิตเป็นน้ำยางข้น

น้ำยางสดที่กรีดจากต้นยางพารานั้นมีการคงสภาพอยู่ได้ไม่เกิน 6 ชั่วโมง ซึ่งอนุภาคของยางจะเริ่มจับตัวจนน้ำยางเกิดการสูญเสียสภาพคือเกิดการจับตัวเป็นก้อน น้ำยางจะแยกออกมาเป็น 2 ส่วน โดยเป็นส่วนที่เป็นเนื้อยางและส่วนที่เป็นซีรั่ม ดังนั้นน้ำยางจะต้องถูกรักษาสภาพไม่ให้ถูกจับตัว (เสาวนีย์ ก่อวุฒิกุลรังษี, 2543) ซึ่งการเสียสภาพดังกล่าวนั้น เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติเนื่องจากปฏิกิริยาของจุลินทรีย์กับสารอื่นๆที่ไม่ใช่ยาง ซึ่งมีอยู่ในน้ำยาง ดังนั้นการที่จะนำน้ำยางสดไปผลิตเป็นน้ำยางข้นนั้น จำเป็นต้องมีการเติมสารเพื่อรักษาสภาพน้ำยางให้คงสถานะเป็นของเหลว ด้วยการเติมแอมโมเนีย ซึ่งแอมโมเนียเป็นสารที่ใช้อย่างกว้างขวางเพื่อรักษาน้ำยางสดที่จะนำไปผลิตเป็นน้ำยางข้น (วราภรณ์ ขจรไชยกูล, 2549) แอมโมเนียเป็นตัวการสำคัญที่ไม่ให้จุลินทรีย์ที่ปะปนเกิดการเจริญในน้ำยางปกติ สภาพน้ำยางจะพิจารณาจากการเพิ่มขึ้นของจำนวนกรดไขมันระเหย (volatile fatty acid) จะเป็นค่าที่บ่งชี้การเติบโตของจุลินทรีย์ในน้ำยางการเพิ่มขึ้นของจุลินทรีย์ในน้ำยางข้นขึ้นอยู่กับปริมาณแอมโมเนียที่ใช้ช่วงระยะเวลาและการรักษาสภาพน้ำยางสดตั้งแต่เริ่มไหลออกจากลำต้น ปริมาณแอมโมเนีย 0.3-0.7% แต่การใช้แอมโมเนียเพียงอย่างเดียวเพื่อรักษาสภาพน้ำยางสดนั้น ไม่สามารถป้องกันการเพิ่มจำนวนกรดไขมันระเหย (volatile fatty acid) ให้ระยะยาวได้ ดังนั้นจึงมีการใช้สารเคมีซึ่งเป็น secondary preservative เช่น ซิงค์ออกไซด์ (ZnO), เตตระเมทิลไธยูแรมไดซัลไฟด์ (TMTD) เป็นต้น เพื่อเป็นการป้องกันการเพิ่มจำนวนกรดไขมันระเหย (volatile fatty acid) ได้ดีกว่าการใช้แอมโมเนียเพียงแค่อย่างเดียว โดย ซิงค์ออกไซด์ (ZnO) มีความสามารถในการทำลายจุลินทรีย์ที่เกิดในน้ำยางได้ดี การใช้ ซิงค์ออกไซด์ (ZnO) 0.05% กับ แอมโมเนีย 0.3% ต่อน้ำยาง จะรักษาจำนวนกรดไขมันระเหย (volatile fatty acid) ให้ได้คงที่นานถึง 2 อาทิตย์และได้มีการทดลองพบว่าการใช้ซิงค์ออกไซด์ (ZnO) ร่วมกับ เตตระเมทิลไธยูแรมไดซัลไฟด์ (TMTD)/ซิงค์ออกไซด์ (ZnO) ในอัตรา 0.025% ต่อน้ำหนักยางร่วมกับแอมโมเนีย 0.2-0.35% ต่อน้ำหนักยาง (กรมวิชาการเกษตร, 2531)

2.2.1.2 การรวบรวมน้ำยางสด

น้ำยางสดเมื่อถึงโรงงานผลิตน้ำยางข้นและจะผ่านการกรองด้วยตะแกรงขนาด 80 เมช (mesh) ลงสู่ถังรวมและนำตัวอย่างน้ำยางสดไปทดสอบหาปริมาณเนื้อยางแห้ง หากน้ำยางสดนั้นมีปริมาณเนื้อยางแห้งน้อยกว่า 25% จะไม่นำไปผลิตเป็นน้ำยางข้น เมื่อทราบปริมาณเนื้อยางแห้งว่าเหมาะสมแล้วจึงรีบผ่านแก๊สแอมโมเนียลงสู่ยาง หลังจากนั้นจะมีการตรวจสอบปริมาณแมกนีเซียมในน้ำยาง ซึ่งปริมาณธาตุแมกนีเซียมในน้ำยางสดจะแปรปรวน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ เช่น พันธุ์ยาง การใส่ปุ๋ย ตลอดจนฤดูกาล หากทดสอบพบว่าน้ำยางมีปริมาณแมกนีเซียมสูง ก็ให้เติมไดแอมโมเนียมฟอสเฟต (diammonium phosphate, DAP) โดยปกติจะเติม ไดแอมโมเนียมฟอสเฟต (diammonium phosphate, DAP) 1.0-1.5 กิโลกรัมต่อน้ำหนักยางสด 1 ตัน (น้ำหนักยางก่อนนำไปปั่นควรมีแมกนีเซียมน้อยกว่า 50 ppm ของของแข็งทั้งหมด เมื่อทำการปั่นข้นแล้วควรมีแมกนีเซียมไม่เกิน 20 ppm ของของแข็งทั้งหมด) แล้วปล่อยทิ้งไว้ 1 คืน เพื่อให้เกิดการตกตะกอนของแมกนีเซียมโดยที่ ไดแอมโมเนียมฟอสเฟต (diammonium phosphate, DAP)จะทำปฏิกิริยากับแมกนีเซียมเกิดเป็น ammonium phosphate (ทั้งนี้ถ้าแมกนีเซียมในน้ำยางมีปริมาณมาก จะทำให้น้ำยางสูญเสียความคงตัวต่อเครื่องกลลดลง Mechanical Stability Time, MST) อันมาจากลักษณะการฟอร์ม magnesium higher fatty acid soap ที่ไม่ละลายน้ำ และสิ่งสกปรกต่างๆลงสู่ก้นถัง ตะกอนเหล่านี้จะถูกแยกจากน้ำยาง หลังจากนั้นจึงนำตัวอย่างน้ำยางไปทดสอบหาจำนวนกรดไขมันระเหย (volatile fatty acid) (เพื่อให้แน่ใจว่าน้ำยางนี้ได้รักษาสภาพเพียงพอที่จะนำไปผลิตเป็นน้ำยางเข้มข้นได้ น้ำยางที่มีการรักษาสภาพดีพอจะต้องมีจำนวนกรดไขมันระเหย (volatile fatty acid) ไม่เกิน 0.05 และน้ำยางที่มีจำนวนกรดไขมันระเหยสูงกว่านี้จะไม่ใช้ผลิตเป็นน้ำยางเข้มข้น) และนำไปปั่นต่อไป (สถาบันวิจัยยาง, 2536)

2.2.1.3 วิธีการผลิตน้ำยางข้น

วิธีการผลิตน้ำยางข้นโดยวิธีต่างๆ มีดังต่อไปนี้

1. วิธีการระเหยน้ำ (evaporation)

เป็นการใช้พลังงานความร้อนที่ทำให้น้ำเกิดการระเหยไปเพื่อให้ได้น้ำยางที่มีความเข้มข้นเพิ่มขึ้นเรียกว่า (evaporation method) น้ำยางข้นที่ได้เรียกว่า evaporation latex น้ำยางเข้มข้นที่ได้จะมีความคงสภาพเป็นน้ำยางที่ดีมาก ดังนั้นองค์ประกอบต่างๆของน้ำยางจะไม่เปลี่ยนแปลง และการกระจายของเม็ดยางก็ไม่เปลี่ยนแปลงด้วย น้ำยางข้นที่ได้จากวิธีการระเหยน้ำนี้ จึงเหมาะสำหรับการที่จะต้องขนย้ายน้ำยางไปไกลๆ และเหมาะสำหรับการนำไปผลิตวัสดุสำเร็จรูปประเภทที่ต้องใส่สารตัวเติม (filler) เช่น การผลิตกาว latex-cement น้ำยางนี้เหมาะหรือใช้ได้ผลดีในกรณีที่ต้องการนำไปทำกาวประเภทที่สารอื่นๆที่อยู่ในน้ำยาง ช่วยรักษาความเสถียรของน้ำยางเป็นข้อได้เปรียบกับการทำกาวนั้นๆ แต่อย่างไรตามในทางการค้าไม่ค่อยนิยมการทำน้ำยางข้นด้วยวิธีนี้ เพราะเป็นวิธีที่ยุ่งยากและสิ้นเปลืองเวลา

2. วิธีการทำให้เกิดครีม (creaming)

เป็นการทำน้ำยางให้เกิดครีม โดยการเติมสารช่วยให้เกิดครีม (creaming agent) ได้แก่ sodium alginate, locust bean gum, karaya, gum tragacanth เป็นต้นซึ่งเป็นสารคอลลอยด์ที่ละลายน้ำได้ปริมาณเล็กน้อยลงไปในน้ำยาง ทำหน้าที่พอกหรือเคลือบผิวของอนุภาคยางให้มีขนาดใหญ่ขึ้นและลอยสู่ผิวหน้าของน้ำยางได้ การทำน้ำยางข้นโดยวิธีทำให้เกิดครีม มีข้อดีคือ อุปกรณ์ที่ใช้เป็นอุปกรณ์ง่ายๆ ใช้แรงงานและพลังงานน้อย เนื้อยางที่สูญเสียไปกับหางน้ำยางค่อนข้างน้อย แต่สามารถทำให้น้ำยางข้นที่ผลิตโดยวิธีนี้บริสุทธิ์ และมีโปรตีนน้อยลงเมื่อผ่านกรรมวิธีการทำให้เกิดครีมซ้ำหลายๆครั้ง ส่วนข้อเสียคือ เป็นวิธีการที่ช้าต้องใช้เวลานาน และการเกิดครีมจะเร็วหรือช้าขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของน้ำยางที่นำมาผลิตด้วย คุณสมบัติของน้ำยางข้นเกิดการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลาระหว่างการเก็บและการขนส่ง

3. วิธีการแยกด้วยไฟฟ้า (electrodecantation)

วิธีการแยกด้วยไฟฟ้านั้น จากการที่ในสถานะของน้ำยาง อนุภาคยางที่แขวนลอยในซีรั่มต่างถูกห่อหุ้มด้วยคาร์บ๊อกซิเลทอิออน (carboxylate ion) ที่มีประจุลบ ดังนั้นจึงสามารถที่จะอาศัยวิธีการทางไฟฟ้าเข้ามาช่วยในการแยกส่วนของเนื้อยางจากส่วนของซีรั่มได้ โดยวิธีการจุ่มขั้วไฟฟ้าที่เป็นขั้วบวก ลงในน้ำยางที่ได้เติมสารช่วยทำให้น้ำยางคงความเสถียรไว้แล้ว อนุภาคยางจะค่อยๆเคลื่อนไปรวมอยู่ทางขั้วบวก และลอยตัวขึ้นสู่ผิวหน้าของน้ำยางในที่สุด ทั้งนี้เนื่องจากความหนาแน่นของอนุภาคยางต่ำกว่าความหนาแน่นของซีรั่ม อย่างไรก็ตามวิธีการทำให้น้ำยางข้นโดยใช้วิธีการแยกด้วยไฟฟ้านี้เป็นวิธีที่ยุ่งยากไม่ประหยัดจึงเป็นเพียงวิธีการสำหรับค้นคว้าวิจัยและไม่เป็นที่นิยมในเชิงพาณิชย์

4. วิธีการปั่น (centrifuge)

วิธีการปั่นเป็นวิธีที่นิยมใช้มากที่สุดในการผลิตน้ำยางข้น เป็นวิธีการทำให้เกิดครีมโดยไม่ต้องใช้สารเคมี น้ำยางเป็นสารที่จัดอยู่ในระบบคอลลอยด์ (colloid system) ที่ประกอบด้วยส่วนของอนุภาคยาง (rubber particle) แขวนลอยกระจัดกระจายอยู่ในตัวกลาง คือซีรั่มอนุภาคยางเหล่านี้มีการเคลื่อนไหวแบบบราวเนียน (Brownian) และอนุภาคยางเบากว่าซีรั่ม ดังนั้นอนุภาคยางจึงมีแนวโน้มที่จะลอยตัวของน้ำยางอัตราการเคลื่อนของอนุภาคยางขึ้นอยู่กับแรงดึงดูดของโลกซึ่งหากสามารถเพิ่มแรงดึงดูดได้ก็จะช่วยเพิ่มความเร็วในการเคลื่อนที่ของอนุภาคยางด้วยฉะนั้นการปั่นซึ่งสามารถเพิ่มแรงดึงดูดได้เป็น 2,000 ถึง 3,000 เท่าของแรงดึงดูดโลก จึงสามารถเร่งการเคลื่อนที่ของอนุภาคยางได้ จากหลักการนี้จึงได้ถูกนำมาพิจารณาสร้างเครื่องปั่นน้ำยางเพื่อการผลิตน้ำยางข้น เพื่อการแยกส่วนที่เป็นเนื้อยางออกจากส่วนของซีรั่มนั่นเอง

ขณะที่เครื่องปั่นทำงานนั้น ความเข้มข้นของน้ำยางภายในเครื่องจะเกิดการเปลี่ยนแปลง โดยปริมาณเนื้อยางแห้งในน้ำยางจะมากที่สุดที่จุดศูนย์กลางของการหมุนและจะค่อยๆลดลงเมื่อห่างออกไปจนถึงขอบถัง ดังนั้นในการออกแบบเครื่อง จะต้องให้น้ำยางที่ใส่เข้าไปในเครื่อง เริ่มถูกหมุนเหวี่ยงในถังบริเวณที่มีความเข้มข้นเท่ากับความเข้มข้นของน้ำยางที่ต้องการผลิต เพราะกระบวนการแยกน้ำยางข้นออกจากหางน้ำยางจะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว และได้น้ำยางที่มีความเข้มข้นตามต้องการ ปกติจะมีการปรับเครื่องปั่นให้ผลิตน้ำยางที่มีความเข้มข้นประมาณ

60% ของเนื้อยางแห้ง เครื่องปั่นน้ำยางขนาดเล็กๆสามารถแยกน้ำยางสดได้ประมาณ 15 ลิตรต่อชั่วโมง และเครื่องขนาดใหญ่ระดับอุตสาหกรรมแยกน้ำยางสดได้ 400-600 ลิตรต่อชั่วโมง และปกติการเดินเครื่องปั่นจะสามารถเดินติดต่อกันได้อย่างมากครั้งละไม่เกิน 3 ชั่วโมง เพราะจำเป็นต้องหยุดเครื่องเพื่อทำความสะอาดล้างตม (sludge) ที่ติดอยู่ในหัวปั่นของเครื่อง

ในการผลิตน้ำยางข้นโดยวิธีการปั่น โรงงานผลิตยางข้นจะต้องจัดหาน้ำยางสดจากสวน ปกติจะตั้งจุดรับซื้อยางตามที่ต่างๆหรือชาวสวนยางบางรายอาจขนน้ำยางสดมาส่งให้ที่โรงงานโดยตรง หรือรวบรวมน้ำยางจากสวนยาง ข้อสำคัญที่ต้องคำนึงถึง และถือปฏิบัติ การรักษาความสะอาด การใช้สารรักษาสภาพน้ำยางอย่างถูกต้อง และพอเพียงปกติจะใช้แอมโมเนียอย่างเดียวหรือใช้ร่วมกับสารช่วยเช่น ซิงค์ออกไซด์ (ZnO), เตตระเมทิลไธยูแรมไดซัลไฟด์ (TMTD) ควรนำน้ำยางสดที่รวบรวมได้เข้ากระบวนการผลิตให้เร็วที่สุด จึงจะได้น้ำยางที่มีคุณภาพดี เมื่อนำน้ำยางสดเข้าโรงงานแล้วจะทำการถ่ายลงถังรวม เก็บตัวอย่างตรวจสอบปริมาณเนื้อยางแห้ง และปริมาณกรดไขมันระเหยได้ ตลอดจนปริมาณธาตุแมกนีเซียม เพื่อใช้เป็นข้อมูลสำหรับการปรับสมบัติน้ำยางสดให้เหมาะสมต่อไป โดยโรงงานจะให้ธาตุแมกนีเซียมตกตะกอนด้วยการเติมไดแอมโมเนียมฟอสเฟต (diammonium phosphate, DAP) ในน้ำยางอย่างน้อย 1 วัน จึงจะไขเอาน้ำยางออกจากถังเก็บเข้าสู่กระบวนการปั่นด้วยเครื่องปั่นซึ่งน้ำยางที่ออกจากเครื่องปั่นส่วนหนึ่งคือ น้ำยางข้น และอีกส่วนคือ หางน้ำยาง (พายับ นามประเสริฐ, 2534; วราภรณ์ ขจรไชยกูล, 2549; สถาบันวิจัยยาง,2536)

2.2.1.4 การรวบรวม และรักษาสภาพของน้ำยางข้น

ขั้นตอนสุดท้ายของการปั่นน้ำยางข้น คือ การรวบรวม และรักษาสภาพของน้ำยางข้น สารที่นิยมใช้เก็บรักษาสภาพน้ำยางข้น คือ แอมโมเนีย และแอมโมเนียร่วมกับสารช่วยบางชนิดเช่นซิงค์ออกไซด์ (ZnO), ซิงค์ไดเอทิลไดไทโอคาร์บาเมต (Zinc Diethyl Dithiocarbamate), เตตระเมทิลไธยูแรมไดซัลไฟด์(TMTD) เป็นต้น (วราภรณ์ ขจรไชยกูล, 2549) โดยส่วนใหญ่มีการเติมแอมโมเนียเป็นหลัก เพราะแอมโมเนียเป็นตัวทำลายแบคทีเรียระบบการรักษาสภาพน้ำยางข้นด้วยแอมโมเนียมี 2 ระบบคือ

1.) ระบบที่ใช้ปริมาณแอมโมเนียมากประมาณ 0.7% ต่อน้ำหนักน้ำยางเรียกน้ำยางข้นชนิดนี้ว่า HA (High Ammonia)

2.) ระบบที่ใช้ปริมาณแอมโมเนียน้อยประมาณ 0.2% ต่อน้ำหนักน้ำยางและมีการใช้สารช่วยบางชนิดร่วมด้วยเช่น เตตระเมทิลไธยูแรมไดซัลไฟด์ร่วมกับซิงค์ออกไซด์ (TetramethylThiuramDisulphide/Zinc Oxide, TMTD/ZnO) เรียกน้ำยางข้นชนิดนี้ว่า LA (Low Ammonia) (วิภาวี พัฒนกุล, 2554)

2.2.1.5 การเก็บ และการขนส่งน้ำยางข้น

การเก็บน้ำยางข้นไว้ในโรงงานเพื่อรอการถ่ายและการขนส่งต่อไปหรือเพื่อรอการนำไปทำผลิตภัณฑ์ต่างๆ อาจบรรจุในถังขนาดใหญ่ 9,000-14,000 ลิตร หรือถังขนาด 200 ลิตร น้ำยางข้นที่ถูกเก็บไว้โดยไม่ถูกกวนจะมีปัญหาเกิดครีมขึ้นบนผิวหน้า เนื่องจากอนุภาคคอลลอยด์ขึ้นอยู่บนผิวหน้าทำให้น้ำส่วนบนข้นมากขึ้น จึงมีความจำเป็นที่จะต้องติดตั้งอุปกรณ์สำหรับกวนน้ำยางภายในถัง ซึ่งประกอบด้วยใบพัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1/2- 3/4 ของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางถัง การกวนควรใช้ความเร็วต่ำๆ เช่น 15-30 รอบต่อนาที ระยะเวลา และความถี่ของการกวน เพื่อให้น้ำยางคงเป็นเนื้อเดียวกันตลอด ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิการเก็บน้ำยาง ถ้าอุณหภูมิที่เก็บน้ำยางสูงน้ำยางจะเกิดครีมได้เร็วขึ้น หากเก็บน้ำยางไว้อุณหภูมิสูงกว่า 20 องศาเซลเซียสควรกวนน้ำยางทุกวัน วันละประมาณ 1-2 ชั่วโมง (วราภรณ์ ขจรไชยกูล, 2549; นุชนาฏ ณ ระนอง, 2547)

2.2.2 ชนิดของน้ำยางข้น

น้ำยางข้นที่ผลิตในประเทศโดยวิธีการปั่น (centifuge) ส่วนใหญ่จะรักษาสภาพน้ำยางข้นด้วยปริมาณแอมโมเนียมาก (high-ammonia; HA) มีเพียงส่วนน้อยที่ผลิตน้ำยางข้น ด้วยการรักษาสภาพด้วยแอมโมเนียร่วมกับสารช่วยบางชนิด ซึ่งชนิดของน้ำยางข้นและสารรักษาสภาพน้ำยางข้นโดยวิธีการปั่นนั้น ในปัจจุบันมีการใช้อยู่ 5 ระบบคือ

1. น้ำยางข้นชนิด high ammonia (HA) ใช้สารละลายแอมโมเนียปริมาณ 0.7%

2. น้ำยางข้นชนิด low ammonia-santobrite (LA-SPP) ใช้สารละลายแอมโมเนียปริมาณ 0.2% ร่วมกับสารละลายโซเดียมเพนตะคลอโรฟีเนตปริมาณ 0.2%

3. น้ำยางข้นแอมโมเนียชนิด low ammonia-boric acid (LA-BA) ใช้สารละลายแอมโมเนียปริมาณ 0.2% ร่วมกับสารละลายกรดบอริคปริมาณ 0.24%

4. น้ำยางข้นแอมโมเนียชนิด low ammonia-Zinc diethyl dithiocabamate (LA-ZDC) ใช้สารละลายแอมโมเนียปริมาณ 0.2% ร่วมกับซิงค์ไดเธิลไดไธโอคาร์บาเมท (ในรูปดิสเพิสชัน) ปริมาณ 0.2%

5. น้ำยางข้นแอมโมเนียชนิด low ammonia-tetramethythiuramdisulphide /zinc oxide (LA-TZ) ใช้สารละลายแอมโมเนียปริมาณ 0.2% ร่วมกับเตทตระเมทธิลไธยูแรมไดซัลไฟด์ (ในรูปดิสเพิสชัน) ปริมาณ 0.013% และซิงค์ออกไซด์ (ในรูปดิสเพิสชัน) ปริมาณ 0.013% (กรมพัฒนาที่ดิน, 2548; วราภรณ์ ขจรไชยกูล, 2549)

2.2.3 คุณภาพของน้ำยางข้น

ข้อกำหนดและการทดสอบสมบัติของน้ำยางข้น โดยได้กำหนดมาตรฐานการทดสอบตามองค์การมาตรฐานระหว่างประเทศ (International Organization for Standardization, ISO) มาตรฐานน้ำยางข้นนั้น โดยส่วนใหญ่กระบวนการผลิตน้ำยางข้นนั้นวิธีที่นิยมใช้ในการผลิตส่วนใหญ่จะเป็น วิธีการปั่น (centifuge) คือ ISO 2004 - 2000 ระบุสมบัติที่ต้องทดสอบและขีดจำกัดของน้ำยางข้นที่ผลิตจากวิธีการปั่นสมบัติที่ระบุคุณภาพของน้ำยางข้นที่ผลิตได้ คือ

1. ปริมาณของแข็งทั้งหมดในน้ำยาง (Total Solids Content; TSC)

เป็นปริมาณของส่วนที่เป็นเนื้อยางทั้งหมดในน้ำยางรวมกับสารอื่นๆที่เป็นของแข็งและที่ไม่ใช่ยาง จะเป็นสมบัติที่สามารถระบุได้ว่าน้ำยางมีส่วนที่ไม่ใช่ยางปริมาณมากน้อยเพียงใด ซึ่งจะคงเหลือเป็นฟิล์มยางภายหลังจากการทำให้แห้งด้วยอุณหภูมิทดสอบและบรรยากาศที่เหมาะสม

2. ปริมาณเนื้อยางแห้ง (Dry Rubber Content; DRC)

เป็นปริมาณของส่วนที่เป็นเนื้อยางทั้งหมดในน้ำยางใช้กรดอะซิติกเพื่อให้น้ำยางจับตัวภายใต้การควบคุมสภาพการจับตัวอย่างสมบูรณ์เป็นค่าที่สามารถระบุปริมาณเนื้อยางจริงๆ ซึ่ง

ส่งผลต่อต่อการซื้อขายน้ำยางข้น การทดสอบหาค่าปริมาณเนื้อยาง เพื่อให้ถูกต้องตามมาตรฐานโดยตามหลัก โดยในน้ำยางข้นนั้นจะต้องมีเนื้อยางแห้ง 60% เป็นสิ่งที่จะให้ความยุติธรรมและสร้างความเชื่อถือต่อผู้ซื้อว่าได้รับน้ำยางที่มีเนื้อยางตามมาตรฐานตามที่ระบุไว้ และปริมาณเนื้อยางแห้งยังส่งผลต่อการนำน้ำยางไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ยางต่างๆ

3. ปริมาณความเป็นด่าง (Alkalinity)

เป็นปริมาณด่างอิสระทั้งหมดที่มีอยู่ในน้ำยางแสดงเป็นปริมาณแอมโมเนียเพราะส่วนใหญ่จะรักษาสภาพน้ำยางด้วยแอมโมเนียการทดสอบความเป็นด่างเพื่อให้รู้ว่ามีการรักษาสภาพของน้ำยางได้หรือไม่ และเมื่อจะนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ จะต้องมีการปรับไล่ปริมาณแอมโมเนียออกไปเป็นปริมาณมากน้อยเท่าใด น้ำยางข้นที่รักษาสภาพตามข้อกำหนดและมาตรฐาน จะมีความเสถียร น้ำยางจะไม่จับตัวเป็นเม็ด เป็นฝ้า หรือเป็นก้อน ในระหว่างการเก็บรักษาหรือการขนส่ง

4. ความเสถียรเชิงกล (Mechanical Stability Time; MST)

เป็นระยะเวลาที่น้ำยางเกิดความเสถียรต่ออิทธิพลทางกลของความเสถียรเชิงกลเป็นสมบัติที่บอกถึงความเสถียรของน้ำยางต่ออิทธิพลการเคลื่อนย้าย การปั่นกวนน้ำยาง การปั๊มภายใต้สถานะที่ควบคุมแต่เมื่อน้ำยางเสียความคงตัวอนุภาคยางจะเริ่มเกาะหรือจับตัวกันเป็นเม็ดได้ เมื่อน้ำยางถูกกระทบโดยอิทธิพลทางกล

5. ปริมาณยางจับตัวเป็นก้อน (Coagulum Content)

เป็นปริมาณของสารที่ตกค้างอยู่บนตัวกรองสแตนเลสขนาดความกว้างของช่อง 180±15 ไมโครเมตร สารเหล่านี้จะประกอบด้วยเศษยางจับตัวและสารอื่นๆที่เจือปนอยู่ในน้ำยาง การหาปริมาณยางจับตัวเป็นก้อนมีความสำคัญต่อกระบวนการนำน้ำยางไปผลลิตเป็นผลิตภัณฑ์ที่อาศัยเทคโนโลยีการผลิตที่เข้มงวด และมีความละเอียดสูง

6. ปริมาณแมงกานีส (Manganese Content)

เป็นปริมาณของธาตุแมงกานีสในน้ำยาง การทราบปริมาณของธาตุแมงกานีสนั้นเพื่อให้ทราบถึงความคงทน ทนทานต่อการเสื่อมสภาพของผลิตภัณฑ์ยางที่ทำจากน้ำยาง เนื่องจากธาตุแมงกานีสเป็นธาตุที่ช่วยกระตุ้นให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นในโมเลกุลยางสามารถทำให้ยางเสื่อมสภาพได้

7. ปริมาณทองแดง (Copper Content)

เป็นปริมาณของธาตุทองแดงที่อยู่ในส่วนน้ำยางการทราบปริมาณทองแดงในน้ำยาง ทำให้มีผลต่อความคงตัวของน้ำยาง เพื่อให้ทราบถึงความคงทน ทนทานต่อการเสื่อมสภาพของผลิตภัณฑ์ยางที่ทำจากน้ำยางเนื่องจากธาตุทองแดงเป็นธาตุที่ช่วยให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นในโมเลกุลยางหากน้ำยางมีปริมาตรของธาตุทองแดงเกินข้อกำหนดขององค์การมาตรฐานระหว่างประเทศ (International Organization for Standardization, ISO) นั้น น้ำยางที่ได้ก็จะเป็นวัตถุดิบที่ไม่เหมาะสมสำหรับการนำไปแปรรูปผลิตภัณฑ์ของยาง เพราะอาจจะมีอายุการใช้งานของผลิตภัณฑ์สั้น เพราะธาตุทองแดงเป็นตัวเร่งที่ทำให้ยางเกิดการเสื่อมสภาพ

8. จำนวนกรดไขมันระเหย (Volatile Fatty Acid Numbker; VFA No.)

เป็นปริมาณของกรดไขมันระเหยที่เกิดขึ้นโดยการไฮโดรไลซิสของคาร์โบไฮเดรตในซีรั่มของน้ำยางจะประกอบด้วยกรดอะซิติกกรดฟอร์มิคและกรดพรอพินิกเป็นส่วนใหญ่ จำนวนการเกิดกรดไขมันระเหยมาจากการใช้คาร์โบไฮเดรตของจุลินทรีย์ในซีรั่มของน้ำยางเป็นอาหาร จำนวนกรดไขมันระเหยเป็นค่าที่บอกถึงสภาวะการเสียสภาพ ถ้ามีค่าจำนวนกรดไขมันระเหยมากแสดงว่าจุลินทรีย์เข้าไปทำลายในน้ำยางมาก ทำให้น้ำยางเกิดการบูดเน่า เสียสภาพเป็นของเหลวและจับก้อนกันอย่างรวดเร็ว

9. ปริมาณตม (Sludge Content)

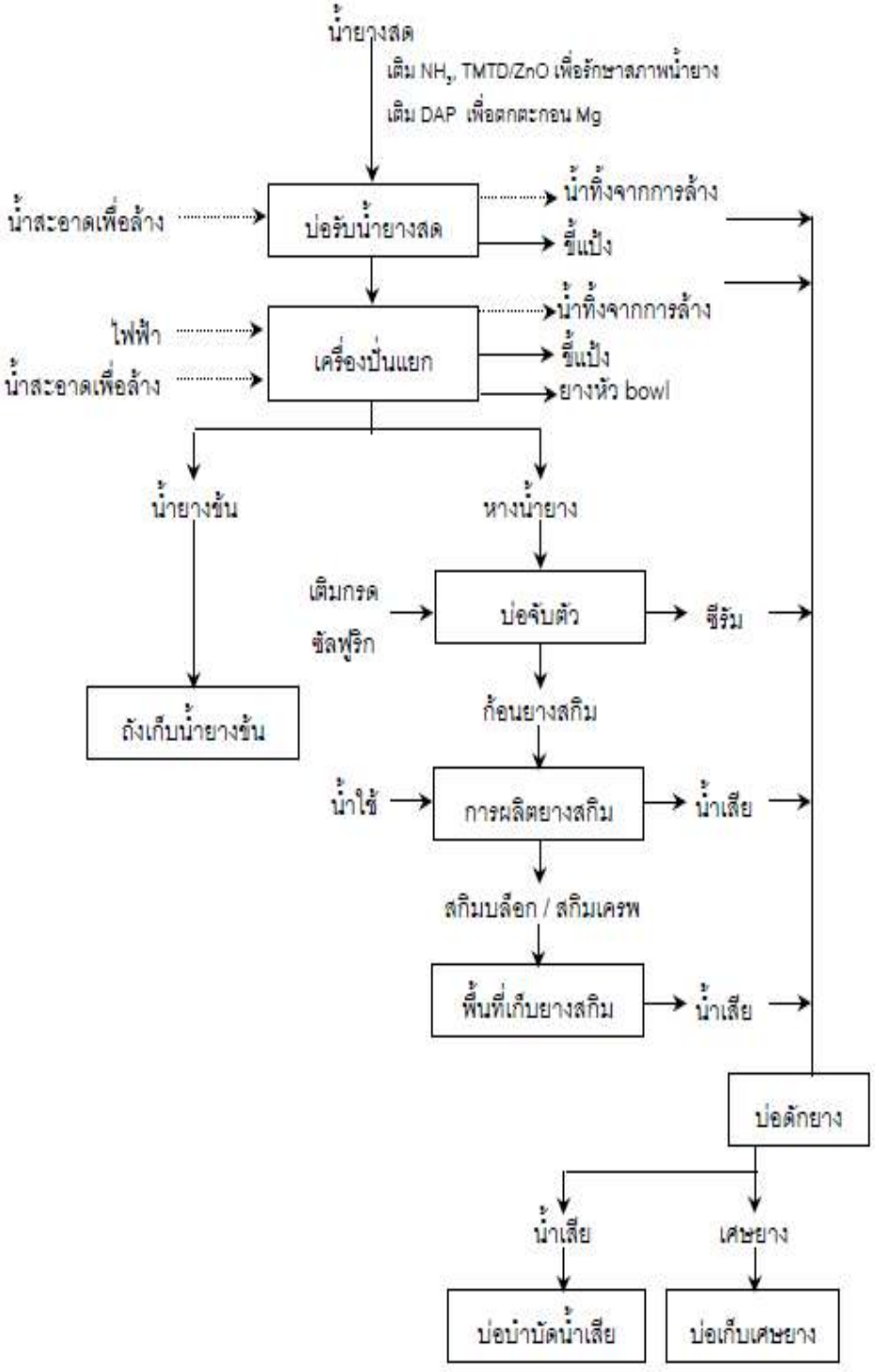
เป็นสิ่งเจือปนที่ไม่ใช่ยางเมื่อมีการปั่นกวนน้ำยางจะตกตะกอนลงก้นภาชนะ สิ่งเจือปนประกอบด้วยสิ่งสกปรกพวกฝุ่นละออง ทรายดิน เปลือกไม้ และแมกนีเซียม แอมโมเนียม ฟอสเฟตสมบัตินี้มีความสำคัญต่อคุณภาพของน้ำยางข้น เมื่อนำไปแปรรูปถ้าน้ำยางข้นมีปริมาณตมค่านี้สูง จะทำให้เกิดความยุ่งยากในกระบวนการผลิต อาจเกิดการสะสมของปริมาณตมอย่างรวดเร็วระหว่างกระบวนการผลิต ทำให้น้ำยางเกิดการเสียสภาพ ไม่สามารถนำมาใช้งานต่อไปได้

10. จำนวนโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (Potassium hydroxide Number; KOH No.)

เป็นจำนวนกรัมของโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ที่สมมูลย์พอดีกับอนุมูลของกรดทั้งหมดที่รวมกับแอมโมเนียในน้ำยางที่มีปริมาณของแข็งทั้งหมดในน้ำยาง 100 กรัมนั่นคือจำนวนโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์เป็นตัวระบุปริมาณของหมู่แอมโมเนียที่เกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงของกรดทั้งหมดกับแอมโมเนียมาจากในน้ำยางเกิดการทำลายของเชื้อจุลินทรีย์ และการไฮโดรไลซิสของสารโปรตีนในน้ำยาง ในระหว่างการเก็บรักษา ค่าที่สูงนั้นแสดงถึงการเปลี่ยนแปลงมาก และเป็นการบ่งชี้ถึงอายุหลังการผลิตที่นานของน้ำยางข้น

11. สีและกลิ่น

การทดสอบน้ำยางตามมาตรฐาน จะไม่กำหนดการทดสอบสีของน้ำยางแต่ในข้อกำหนดมาตรฐานจะระบุเรื่องสีไว้ สำหรับการตรวจสีของน้ำยางใช้สายตาในการตรวจสอบ โดยทำการเปรียบเทียบกับน้ำยางคุณภาพดีที่เป็นสีขาว น้ำยางข้นที่ดีไม่ควรจะเป็นสีเทาหรือสีฟ้า เมื่อน้ำยางข้นเกิดเป็นสีเหล่านี้ จะแสดงถึงน้ำยางข้นมีสิ่งเจือปน เริ่มเสีย บูดเน่า และเกิดการจับก้อนได้ ส่วนของกลิ่นน้ำยางข้นนั้นจะบ่งชี้ถึงอาการบูดเน่าของน้ำยาง การตรวจสอบกลิ่นโดยการทำให้เป็นกลางด้วยกรดบอริก แล้วทำการตรวจสอบว่ามีกลิ่นบูดเน่าของน้ำยางข้นหรือไม่ (วิภาวี พัฒนกุล, 2554; วราภรณ์ ขจรไชยกูล, 2549)



ภาพที่ 2.3 กระบวนการผลิตน้ำยางข้น

2.3 ยางแผ่น

ยางแผ่นเป็นวัตถุดิบที่ได้รับความนิยมมานานในระบบอุตสาหกรรมวิธีทำยางแผ่นเป็นวิธีการที่ง่ายต้องมีความพิถีพิถันในการทำ ซึ่งคุณภาพของยางแผ่นนั้นขึ้นอยู่กับกระบวนการผลิต เมื่อรวบรวมน้ำยางสดจากสวนจะต้องรีบทำยางแผ่นทันทีเพราะสิ่งแวดล้อมทั่วไปเช่น ความร้อนจากอากาศจะช่วยทำให้ยางบูดหรือรัดตัวขึ้นทุกขณะแล้วกรองแยกสิ่งสกปรกและสิ่งเจือปนออกเติมสารทำให้น้ำยางจับตัวรีดเป็นแผ่นแล้วทำให้แห้งโดยอาจทำเป็น ยางแผ่นดิบ ยางแผ่นผึ่งแห้ง หรือยางแผ่นรมควัน เพื่อส่งจำหน่ายต่อไป การทำยางแผ่นชั้นดีนั้นมีหลักการง่ายๆ คือการทำยางให้สะอาดรีดแผ่นยางให้บางสีของแผ่นยางมีความสม่ำเสมอ ใช้น้ำและน้ำกรดถูกอัตราส่วน (กรมควบคุมมลพิษ, 2548 ข)

2.3.1 คุณภาพของยางแผ่น

ในการทำยางแผ่นนั้นจะพบว่าความประณีตในการทำยางแผ่นนั้นจะมีความแตกต่างกันจึงทำให้ได้คุณภาพของยางแผ่นที่มี ขนาด ความกว้าง ความหนา น้ำหนักและความสะอาดบนแผ่นยางค่อนข้างแตกต่างกัน ทำให้มีปัญหาต่อคุณภาพของยางแผ่นรมควันที่ได้ ซึ่งยางแผ่นที่มีคุณภาพดี ควรมีลักษณะดังนี้

1. เป็นยางแผ่นที่สะอาดเมื่อทำการส่องดูบนผิวของยางแผ่นด้วยสายตา จะไม่ปรากฏสิ่งสกปรกพวกเศษดิน หิน ทราย เปลือกไม้ ฟองอากาศ ราดำหรือรอยตำหนิอื่นๆ

2. ยางแผ่นควรมีขนาดและความหนาความสม่ำเสมอ คือ มีลักษณะเป็นแผ่นสี่เหลี่ยมผืนผ้า มีขนาดความกว้างเฉลี่ย 38-46 เซนติเมตร ความยาวเฉลี่ย 80-90 เซนติเมตร มีความหนาเฉลี่ย 2.8-3.2 มิลลิเมตร มีน้ำหนักโดยเฉลี่ยประมาณ 800-1200 กรัมต่อแผ่น

3. ลักษณะผิวดอกยางและสีของยางแผ่นมีความสม่ำเสมอ อาจเป็นสีเหลืองอ่อนหรือค่อนข้างเข้มแต่ต้องไม่คล้ำจนเกินไป ไม่มีสีสลับเป็นทางๆเว้าแหว่งหรือขาวเป็นริ้วๆ

4. เวลาออกแรงดึงยางแผ่นด้วยมือต้องมีความยืดหยุ่นดี ไม่ขาดหรือไม่เกิดรูพรุน ไม่แข็งกระด้างจนเกินไปและไม่เหนียวติดมือ

ในการจำหน่ายซื้อขายยางแผ่นดิบนั้นได้มีการกำหนดมาตรฐานยางแผ่นดิบคุณภาพต่างๆ เพื่อให้การซื้อขายเป็นไปด้วยความสะดวกต่อผู้ซื้อและผู้ขายยางแผ่นดิบ เพื่อให้เป็นมาตรฐานเดียวกันในการกำหนดคุณภาพของยางแผ่นดิบ ซึ่งแสดงมาตรฐานยางแผ่นดิบในตารางที่ 2.4 ดังนี้

ตารางที่ 2.4 มาตรฐานยางแผ่นดิบคุณภาพต่างๆ

รายการ	คุณภาพ			
	1	2	3	4
1. ความสะอาดแผ่น (ร้อยละ)	100	100	100	100
สิ่งสกปรกในแผ่น (ร้อยละ)	0	เล็กน้อย	เล็กน้อย	มีบ้าง
ฟองอากาศในแผ่น (ร้อยละ)	0	เล็กน้อย	เล็กน้อย	มีบ้าง
2. ขนาดความหนาของแผ่นไม่เกิน (มิลลิลิตร)	3	4	4	4
3. ความชื้นในแผ่นยางไม่เกิน (ร้อยละ)	1.5	2	3	4.5
4. สีของเนื้อยาง	ใส	สม่ำเสมอ	ไม่ใสนัก	ไม่ใส
ความคล่ำ	0	อาจมีบ้าง	คล่ำ	คล่ำ
5. แผ่นยืดหยุ่น	ดี	ดี	ดี	ดี
ลายดอกแผ่นที่ปรากฏ	ชัด	ชัด	ชัด	ชัด
6. น้ำหนักแผ่น (กรัม)	800-1,200	100-1,200	ไม่เกิน 1,500	ไม่เกิน 1,500
7. รูปแผ่นสี่เหลี่ยมผืนผ้า				

ที่มา: ณพรัตน์วิชิตชลชัย, 2554

2.3.2 **ขั้นตอนการผลิตยางแผ่น**

ขั้นตอนการผลิตยางแผ่นนั้น มีขั้นตอนการผลิตยางแผ่นแบบชาวบ้านและการผลิตยางแผ่นในเชิงอุตสาหกรรม มีการผลิตยางแผ่น ดังนี้

2.3.2.1 การผลิตยางแผ่นแบบชาวบ้าน

ชาวบ้านที่เป็นชาวสวนยางส่วนใหญ่จะมีสวนยางขนาดเล็กเป็นของตนเอง เมื่อทำการกรีดยางเสร็จจะได้น้ำยางปริมาณไม่มากนัก จะนำมาทำเป็นยางแผ่นโดยวิธีแบบชาวบ้านทั่วๆไปคือ

ขั้นตอนที่ 1 นำน้ำยางสดที่กรีดได้มากรองผ่านตะแกรงขนาด 40-60เมช (mesh) (บางสวนยางอาจกรองผ่านต้นฟางหญ้าแห้ง) เพื่อที่จะแยกสิ่งสกปรก เศษใบไม้ เปลือกไม้ ที่ติดปนมาออกไป

ขั้นตอนที่ 2 ทำการเจือจางน้ำยาง โดยนำน้ำยางสดที่กรองแล้วมา 1 ส่วน ผสมน้ำสะอาด 1 ส่วน (บางสวนยางอาจใช้น้ำยางสด 3 ส่วน ผสมน้ำ 2 ส่วน) ใส่ลงในตะกงขนาดบรรจุน้ำยางได้ 5-6 ลิตรแล้วทำการกวนให้เข้ากัน

ขั้นตอนที่ 3 ทำการเตรียมสารละลายกรดฟอร์มิกเจือจางเพื่อให้น้ำยางจับตัวเป็นก้อนยาง โดยใช้กรดฟอร์มิกเข้มข้น 90% ปริมาณ 1 ช้อนแกง (ปริมาณ 8 ลูกบาศก์เซนติเมตร) ต่อน้ำ 2 กระป๋อง (ประมาณ 640 ลูกบาศก์เซนติเมตร)

ขั้นตอนที่ 4 ทำการตวงน้ำกรดที่ผสมให้เจือจางแล้ว 1 กระป๋องนมต่อน้ำยางสดที่จะทำยางแผ่น 1 ตะกง เทน้ำกรดใส่ลงไปในน้ำยางสดที่จะทำเป็นยางแผ่น กวนช้าๆกลับไปมาประมาณ 5-6 รอบแล้วปาดฟองยางออก

ขั้นตอนที่ 5 ปล่อยให้น้ำยางเกิดการจับตัว โดยใช้เวลาประมาณ 30 นาที ใช้ภาชนะปิดเพื่อป้องกันสิ่งสกปรกที่จะตกลงไป

ขั้นตอนที่ 6 เมื่อยางจับตัวโดยสมบูรณ์แล้วเติมน้ำสะอาดลงไปอีกจนคลุมผิวยาง ทำให้ยางที่จับตัวหลุดออกจากขอบตะกง

ขั้นตอนที่ 7 ล้างพื้นหรือโต๊ะที่จะใช้นวดยางและเครื่องรีดยางให้สะอาด

ขั้นตอนที่ 8 เทยางลงในตะกงที่จับตัวดีแล้วคว่ำลงบนโต๊ะ

ขั้นตอนที่ 9 เอาตะกงออกแล้วทำการนวดก้อนยางด้วยมือ ไม้ลูกกลิ้ง หรืออาจใช้เท้าเหยียบให้ได้ยางที่บางค่อนข้างมีความสม่ำเสมอประมาณ 1 เซนติเมตร

ขั้นตอนที่ 10 นำยางที่นวดแล้วไปเข้าเครื่องรีดลูกกลิ้งผิวเรียบ ประมาณ 3 ครั้ง โดยค่อยๆลดช่องว่างระหว่างลูกกลิ้งจนกระทั่งได้ยางแผ่นหนาประมาณ 3-4 มิลลิเมตร

ขั้นตอนที่ 11 นำยางแผ่นเข้าเครื่องรีดลายดอกครั้งสุดท้าย ได้ยางแผ่นมีความหนาเฉลี่ย 2.8-3.2 มิลลิเมตร

ขั้นตอนที่ 12 ล้างยางแผ่นด้วยน้ำสะอาดครั้งสุดท้ายแล้วผึ่งลมในที่ร่มให้แห้ง

ขั้นตอนที่ 13 ล้างทำความสะอาดอุปกรณ์เครื่องใช้ทุกชนิดที่ใช้ทำยางแผ่น คว่ำและตากแดดให้แห้งเพื่อใช้ในครั้งต่อไป

ขั้นตอนที่ 14 รวบรวมยางแผ่นดิบซึ่งทำไว้มากพอสมควรแล้วไปจำหน่าย เพื่อทำการรมควันให้แห้งสนิทต่อไป

2.3.2.2 การผลิตยางแผ่นเชิงอุตสาหกรรม

การผลิตยางแผ่นในเชิงอุตสาหกรรมนั้น จะมีการรวบรวมน้ำยางจากสวนยางขนาดใหญ่หรือสวนยางขนาดเล็กในบริเวณที่อยู่ใกล้เคียงกัน นำมาผลิตเป็นยางแผ่นพร้อมกันจำนวนมาก จึงทำให้ได้ยางแผ่นดิบที่มีคุณภาพใกล้เคียงกัน ต่อจากนั้นยางแผ่นจะถูกนำมารมควันให้แห้งเป็นยางแผ่นรมควันชั้นดีต่อไป ในขั้นตอนการผลิตยางแผ่นเชิงอุตสาหกรรมมีขั้นตอนการทำดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การเก็บและรวบรวมน้ำยาง

ควรทำการเซ็ดถ้วยยางให้สะอาดก่อนรองรับน้ำยาง ถังเก็บน้ำยางควรสะอาดและแห้งก่อนใช้ทุกครั้ง ไม่ใส่ใบไม้ ขี้ยาง หรือก้อนยางที่จับตัวลงในถังเก็บน้ำยาง เพราะจะทำให้สกปรก กรองน้ำยางยาก และน้ำยางจะเกิดการสูญเสียสภาพได้ง่าย ถังเก็บน้ำยางควรมีฝาปิดขณะลำเลียงไปสู่โรงงานทำยางแผ่นน้ำยางสดก่อนนำมาผลิตเป็นยางแผ่น เพื่อป้องไม่ให้น้ำยางเกิดการล้นออกมานอกถัง อาจเก็บรักษาน้ำยางด้วยสารเคมี เช่น สารละลายแอมโมเนีย ฟอร์มาลดีไฮด์หรือโซเดียมซัลไฟต์ปริมาณตามความเหมาะสม เพื่อไม่เกิดการบูดเน่าหรือจับตัวเป็นเม็ดเล็กๆ

ขั้นตอนที่ 2 การทำความสะอาดเครื่องมือทำยางแผ่น

อุปกรณ์และเครื่องใช้ทุกอย่างที่จะทำยางแผ่น เช่น เครื่องกรองตะกงทำยางแผ่น เครื่องรีดยางจำเป็นต้องสะอาดอยู่เสมอทั้งก่อนและหลังการใช้งานแล้วเครื่องมือในการทำยางแผ่นควรให้เปียกน้ำทุกครั้งก่อนใช้เพื่อความสะดวกในการทำความสะอาดหลังใช้เสร็จเครื่องมือที่มีความจำเป็นในการทำยางแผ่นได้แก่

1. ตะกง
2. ตะแกรงกรองขนาดเบอร์ 40 และ 60
3. ถังสำหรับใส่น้ำและน้ำยาง
4. โต๊ะนวดยาง
5. เครื่องรีดชนิดลื่นและชนิดดอก
6. โรงเรือนหรือเพิงอย่างง่ายๆ
7. กระป๋องตวงน้ำยางและน้ำ
8. ใบพายสำหรับกวนน้ำยาง
9. ภาชนะผสมน้ำกรด

ขั้นตอนที่ 3 การกรองน้ำยาง

น้ำยางสดจำเป็นต้องมีการกรองผ่านตะแกรงขนาด 40-60เมช (mesh) เพื่อแยกสิ่งสกปรก ใบไม้ หรือเศษยางก้อนจับตัวที่อาจเจือปนอยู่ในน้ำยาง โดยวางตะแกรงกรองซ้อนไว้ 2 ชั้น เครื่องกรองเบอร์ 40 อยู่ข้างบนและเบอร์ 60 อยู่ข้างล่าง

ขั้นตอนที่ 4 การตวงน้ำยางใส่ตะกง

ทำการตวงน้ำยางที่ผ่านกรองแล้วไปใส่ในตะกงที่สะอาดโดยทำการใส่ตะกงละ 3 ลิตร

ขั้นตอนที่ 5 การเจือจางน้ำยาง

ในน้ำยางสดที่กรีดจากต้นยางจะมีความเข้มข้นประมาณ 25-45% เมื่อทำให้เกิดการจับตัวพบว่าก้อนยางจะมีความหนาและแข็งกระด้าง ทำให้ก้อนยางรีดเป็นแผ่นได้ยากและแห้งช้า แต่ถ้าทำให้น้ำยางนั้นเจือจางก่อน ก็จะทำให้ก้อนยางจับตัว สามารถรีดเป็นแผ่นบางและแห้งเร็วกว่า ดังนั้นเพื่อให้ได้สมบัติที่ดีต้องเจือจางน้ำยางสดให้ความเข้มข้นลดลงเหลือประมาณ 15% ของเนื้อยางแห้งโดยการเจือจางด้วยน้ำที่สะอาด ทำการเติมน้ำสะอาดลงในตะกงที่ใส่น้ำยางไว้แล้วตะกงละ 2 ลิตรจะได้อัตราส่วนผสมระหว่างน้ำยางกับน้ำในอัตรา 3 ส่วนต่อ 2

ส่วน (อัตราส่วนผสมอาจเปลี่ยนแปลงได้ถ้าหากน้ำยางเจือจางบ้างแล้วเช่น กรณีที่ฝนตกขณะเก็บน้ำยางหรือจากสาเหตุอื่นๆ)ทำการกวนน้ำยางและน้ำให้เข้ากันอย่างช้าๆไม่ให้เกิดฟองอากาศในน้ำยาง

ขั้นตอนที่ 6 การเลือกใช้น้ำกรดและการผสมน้ำกรด

เพื่อให้ยางแข็งตัวและได้ยางแผ่นที่คุณภาพดีตรงตามความต้องการของผู้ซื้อหรือโรงงานอุตสาหกรรมควรเลือกใช้กรด “ฟอร์มิก” ชนิดความเข้มข้น 90% ซึ่งมีคุณสมบัติแตกต่างจากกรดชนิดอื่นคือไม่มีสีกลิ่นฉุนจัดละลายน้ำได้ดี หากมีการสูดดมจะแสบจมูกอย่างรุนแรงควรใช้กรดด้วยความระมัดระวัง

ข้อดีของกรดฟอร์มิกคือ

1. ยางแผ่นมีความแข็งตัวสม่ำเสมอหากทำให้เจือจางด้วยน้ำสะอาดที่ถูกต้อง
2. สามารถระเหยได้และไม่ตกค้างในแผ่นยาง
3. ไม่ทำให้แผ่นยางเหนียวเหนอะ
4. สมบัติและความยืดหยุ่นของแผ่นยางคงเดิม
5. ไม่ทำให้โรงเรือนและแผ่นยางมีกลิ่นเหม็น
6. ไม่ทำให้เครื่องมือและอุปกรณ์เสียหายมากนักจะทำให้อายุการใช้งานยาวนาน

การผสมกรดฟอร์มิกเพื่อให้ยางแผ่นแข็งตัวในเวลา 30 - 45 นาที ควรผสมกรดฟอร์มิกในอัตราส่วนกรดฟอร์มิก 30 มิลลิลิตร (2 ช้อนแกง) ผสมน้ำสะอาด 1,170 มิลลิลิตร (3 กระป๋องนม) แล้วกวนให้เข้ากันโดยเทกรดลงในน้ำและควรใช้ภาชนะที่เป็นกระเบื้องเคลือบหรือแกลลอนพลาสติกในการผสม

ขั้นตอนที่ 7 การใช้สารละลายกรดผสมน้ำยาง

การทำให้น้ำยางเกิดการจับตัว โดยใช้สารละลายกรดฟอร์มิกความเข้มข้นประมาณ2-6% ใส่ลงในน้ำยางปริมาณ 0.4% โดยน้ำหนักของเนื้อยางแห้ง เทสารละลายกรดลงไปในน้ำยางอย่างช้าๆใช้ใบพายกวนให้เข้ากันจนทั่ว ขณะกวนน้ำยางอาจมีฟองเกิดขึ้นใช้ใบพายปาดฟองยางที่เกิดขึ้นออกจากตะกง ถ้าไม่ปาดออกเมื่อนำยางไปทำการรมควันจะทำให้เห็นรอยจุดอากาศในแผ่นยางทำให้ได้ยางชั้นคุณภาพที่ต่ำทำการเสียบแผ่นคั้นให้แต่ละแผ่นห่างกันประมาณ 1.5 นิ้ว ปิดตะกงด้วยแผ่นสังกะสีหรือวัสดุที่สามารถป้องกันฝุ่นละอองหรือสิ่งสกปรกตกลงไปในน้ำยางปล่อยให้น้ำยางจับตัวใช้เวลาประมาณ 30-45 นาที

ขั้นตอนที่ 8 การเติมน้ำลงในก้อนยางจับตัว

เมื่อยางเริ่มเกิดการจับตัวจะมีลักษณะเป็นก้อนขาวนุ่ม หลังจากยางเกิดการรวมตัวเป็นก้อนโดยสมบูรณ์แล้ว จะมีซีรั่มซึ่งมีลักษณะเป็นของเหลวใสไม่ขุ่นเหลืออยู่ ใส่น้ำเพิ่มลงไปในก้อนยางจับตัวทุกตะกง เพื่อความสะดวกในการนำน้ำยางที่จับตัวออกจากตะกงโดยให้น้ำคลุมผิวยางเพื่อป้องกันไม่ให้ผิวยางสัมผัสกับอากาศทำให้ยางไม่ถูกออกซิไดซ์ตรงผิวจนมีสีคล้ำหรือเป็นรอยด่าง นอกจากนี้น้ำที่เติมลงไปจะช่วยล้างกรดที่อาจเหลือปะปนอยู่ในก้อนยางให้ออกไปเมื่อนำยางออกมาแล้วให้วางบนโต๊ะที่สะอาดซึ่งปูด้วยอลูมิเนียมหรือแผ่นสังกะสีนวดให้บางลงด้วยมือหรืออุปกรณ์อื่นที่เหมาะสมและสะอาดนวดยางให้หนาประมาณ 1 เซนติเมตร

ขั้นตอนที่ 9 การรีดยางแผ่น

นำยางแผ่นที่ผ่านการนวดแล้วเข้าเครื่องรีดลื่น 3-4 ครั้งให้บางประมาณ 3-4 มิลลิลิตรหลังจากนั้นนำยางแผ่นเข้าเครื่องรีดดอกเพื่อเพิ่มพื้นที่ผิวซึ่งจะช่วยให้ยางแผ่นแห้งเร็วขึ้นเมื่อนำไปผึ่งและยางแผ่นที่รีดดอกแล้วควรล้างด้วยน้ำสะอาดอีกครั้งเพื่อล้างน้ำกรดและสิ่งสกปรกที่ติดอยู่ตามผิวของแผ่นยางออกให้หมดในส่วนของเครื่องรีดยางแผ่นมีด้วยกันหลายแบบซึ่งอาจแบ่งได้เป็น 2 ลักษณะคือ

1. เครื่องรีดยางแผ่นที่ใช้กำลังเครื่องยนต์หรือใช้ไฟฟ้าในการทำงาน สำหรับเครื่องชนิดนี้ชุดหนึ่งมีลูกกลิ้ง4-6 คู่บนผิวหน้าของลูกกลิ้งคู่สุดท้ายเป็นดอกหรือลวดลายแต่ละคู่ของลูกกลิ้งสามารถปรับระยะห่างระหว่างลูกกลิ้งได้ตามต้องการและบนเหนือลูกกลิ้งจะมีท่อน้ำเจาะรูตามแนวยางของลูกกลิ้งเวลารีดยางก็จะเปิดน้ำให้ฉีดแผ่นยางเพื่อชะล้างกรดและสิ่งสกปรกออก

2. เครื่องรีดที่ใช้มือหมุนซึ่งชาวสวนนิยมใช้กัน

ขั้นตอนที่ 10 การผึ่งยางแผ่น

ยางแผ่นที่ล้างด้วยน้ำสะอาดแล้วควรนำมาผึ่งไว้ในที่ร่ม และไม่ควรให้โดนแสงแดดเพราะจะทำให้ยางแผ่นเสื่อมคุณภาพได้ง่ายและไม่ควรวางแผ่นยางบนพื้นหรือพาดแผ่นยางในที่ที่มีฝุ่นหรือสัมผัสสิ่งสกปรกได้ง่ายหลังจากผึ่งยางแผ่นไว้ประมาณ 6 ชั่วโมงให้เก็บรวบรวมยางแผ่นโดยพาดไว้บนราวในโรงเรือนเพื่อรอจำหน่ายเป็นยางแผ่นดิบ

2.3.2.3 การใช้งานยางแผ่นดิบ

ยางแผ่นดิบที่มีการผลิตยางแผ่นโดยวิธีการแบบชาวบ้านหรือการผลิตยางแผ่นโดยวิธีการเชิงอุตสาหกรรมสามารถนำผลผลิตที่ได้มาผลิตเป็นยางชนิดต่างๆ ได้แก่ ยางแผ่นรมควัน ยางแผ่นผึ่งแห้งหรือยางแท่งชั้นเอสทีอาร์ 5, 10 และ20 เป็นต้น (กรมพัฒนาที่ดิน, 2548; ณพรัตน์ วิชิตชลชัย, 2554; เสาวนีย์ ก่อวุฒิกุลรังสี, 2543)

2.4 รา

ราจัดเป็นพวกยูคาริโอตที่ไม่มีคลอโรฟิลล์ สร้างอาหารเองไม่ได้ จัดเป็นเฮเทอโรโทรฟ มีสารอินทรีย์เป็นอาหาร ส่วนใหญ่ดำรงชีวิตเป็นแซโพรไฟต์ ย่อยสลายสารอินทรีย์ที่เน่าเปื่อยให้เป็นสารโมเลกุลเล็กลง จึงมีความสำคัญในอุตสาหกรรมการหมัก เช่น ทำเบียร์ ไวน์ สารปฏิชีวนะ

รามีลักษณะเป็นทัลลัส (thallus) อาจเป็นเซลล์เดียว เช่น ยีสต์ แต่ส่วนใหญ่ประกอบด้วยหลายเซลล์มาต่อกันเป็นเส้นสายยาว มีผนังเซลล์ประกอบด้วยเซลลูโลส (cellulose) หรือ ไคทิน (chitin) อย่างใดอย่างหนึ่ง หรือทั้งสองอย่าง และมีสปอร์เพื่อการสืบพันธุ์ รามีเส้นใยหรือไฮฟา (hypha) กลุ่มของเส้นใยเรียกไมซีเลียม (mycelium) เส้นใยแบ่งเป็น 3 แบบคือ

1. เส้นใยไม่มีผนังกั้น (nonseptate หรือ coenocytic hypha) เส้นใยจะเป็นท่อทะลุถึงกัน มีไซโทพลาซึมและนิวเคลียสต่อเนื่องกัน
2. เส้นใยที่มีผนังกั้น และมีนิวเคลียสอันเดียวในแต่ละเซลล์
3. เส้นใยที่มีผนังกั้น และมีนิวเคลียสหลายอันในแต่ละเซลล์

การสืบพันธุ์

รามีการสืบพันธุ์ 2 แบบ คือ

1. การสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ (asexual reproduction)
2. การสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศ (sexual reproduction)

การดำรงชีวิต

ราเป็นจุลินทรีย์ที่สามารถทนต่อสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมได้ดีกว่าจุลินทรีย์อื่นๆ สามารถเจริญในอาหารที่มีน้ำตาล ทนกรด ราใช้อาหารได้หลายชนิด เนื่องจากเป็นพวกเฮเทอโรโทรฟจึงไม่สามารถใช้อนินทรีย์คาร์บอน เช่น ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ บางชนิดสามารถใช้สารอนินทรีย์ ไนโตรเจน เช่น เกลือแอมโมเนียมได้ แต่ต้องการสารอินทรีย์ไนตรเจนในการสร้างโปรตีน ดังนั้นการดำรงชีวิตของราจึงมีหลายแบบ (นงลักษณ์ สุวรรณพินิจและปรีชา สุวรรณพินิจ, 2547)

2.4.1 ราที่เจริญบนยางแผ่น

ราที่พบบนยางแผ่นส่วนใหญ่จำพวก *Aspergillus* sp., *Penicillium* sp. และ*Fusarium* sp. (ณพรัตน์ วิชิตชลชัย และคณะ,2536) และงานวิจัยของ Linosและ Steinbüche(2001) พบว่าเชื้อที่เจริญได้บนยางแผ่นและเป็นสาเหตุทำให้ยางธรรมชาติเสียสภาพนั้นคือ *Aspergillus* และ

Penicillium นอกจากนี้ อรัญ หันพงศ์กิตติกูล และคณะ (2552) แยกเชื้อราจากยางแผ่นได้ 150 ไอโซเลต อยู่ใน 9 สกุล คือ *Aspergillus*, *Penicillium*, *Cladosporium, Rhizopus*, *Mucor*, *Geotrichum*, *Trichoderma*และ*Tritirachium* จะเห็นได้ว่าเชื้อราที่พบบนยางแผ่นส่วนใหญ่ คือ *Aspergillus* sp. และ*Penicillium* sp.

Aspergillus (คลาสดิวเทอโรไมซีตีส) พบในธรรมชาติตามผัก ผลไม้ เจริญได้ดีบนอาหารทุกชนิด มีทั้งประโยชน์และโทษ บางชนิดทำให้อาหารเน่าเสีย และทำให้สิ่งของเครื่องใช้พวกเครื่องหนัง เสื้อผ้าเสียหาย บางชนิดทำให้เกิดโรค ส่วนผลดีเนื่องจากมีเอนไซม์หลายชนิดจึงมีประโยชน์ในอุตสาหกรรมการผลิตกรดต่างๆ การทำเบียร์ การทำสารปฏิชีวนะ ลักษณะรูปร่างเป็นไมซีเลียมที่แตกแขนงและมีผนังกั้น แต่ละส่วนที่กั้นมีนิวเคลียสหลายอัน โคนิดิโอฟอร์เกิดจากฟูตเซลล์ (foot cell) โคนิดิโอฟอร์จะโป่งออกเป็นเวสซิเคิล (vesicle) และมีส่วนที่ยื่นออกมาเป็นสเตอริกมา โคนิเดียที่สร้างขึ้นภายหลังจะดันโคนิเดียอันแรกๆออกมาและยังติดต่อกันอยู่ จึงเกิดเป็นสายของโคนิเดีย

Penicillium (คลาสดิวเทอโรไมซีตีส) เป็นราที่พบได้ทั่วไป ในบางชนิดทำความเสียหายให้ผัก ผลไม้ เมล็ดธัญพืช บางชนิดมีประโยชน์ใช้บ่มเนยแข็ง ใช้ทำสารปฏิชีวนะ เช่น เพนนิซิลลิน บางพวกสามารถสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศโดยอาศัยเพศโดยสร้างแอสโคสปอร์ซึ่งจะจัดไว้เป็นอีกสกุลหนึ่ง ส่วนใหญ่มีการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศโดยสร้างโคนิเดีย ซึ่งจะเกิดเป็นสายที่ปลายสเตอริกมา โคนิดิโอฟอร์จะแตกกิ่งก้านคล้ายแปรงและมีสปอร์เกิดที่ปลาย (นงลักษณ์ สุวรรณพินิจ และปรีชา สุวรรณพินิจ, 2547)

2.5 **ข้อมูลสารเคมี**

1. **สาร** A

ชื่อและอัตราส่วนสารสำคัญ

Parachlorometacresol	4% (โดยมวลต่อปริมาตร)
Pine oil	6.5% (โดยมวลต่อปริมาตร)

Parachlorometacresol คือ สารที่ละลายในน้ำมันสนหรือ pine oil และน้ำ

สารพาราคลอโรเมตะครีซอล เป็นสารเคมีที่จัดอยู่ในกลุ่มที่เรียกว่า Disinfactant (ดิสอินเฟคแตนท์) เป็นสารที่มีคลอรีนเป็นองค์ประกอบสำหรับใช้กำจัดจุลินทรีย์ที่อยู่บนพื้นผิววัตถุ เช่น พื้นห้อง พื้นผิวโต๊ะ เครื่องมือ ขวดนมเด็ก หรือเครื่องมือแพทย์ (คนไทยตัวเล็ก, 2551)

Pine oil หรือ น้ำมันสน คือ สารสกัดจากพืชธรรมชาติต้นสน ที่มีมาตั้งแต่สมัยโบราณ ตัว Pine- oil ได้นำมาใช้ในการรักษาโรคหอบหืดได้

<u>คุณสมบัติของ Pine-oil</u>

1. ขจัดกลิ่นอันไม่พึงประสงค์
2. คุณสมบัติเด่นต่อระบบทางเดินหายใจ บรรเทาอาการหวัด คัดจมูก
3. ขยายหลอดลม สำหรับผู้มีอาการภูมิแพ้อากาศ ไรฝุ่นได้

<u>ข้อควรระวังในการใช้</u>

<u>วิธีเก็บรักษา</u>

เก็บในที่มิดชิด ห่างจากเด็ก อาหาร และสัตว์เลี้ยง

<u>คำเตือน</u>

1. ห้ามรับประทาน
2. ระวังอย่าให้เข้าตา ถูกผิวหนัง หรือสูดดม
3. ขณะใช้ควรสวมถุงมือยาง รองเท้ายาง และภายหลังการใช้และหยิบจับ ควรล้างถุงมือ รองเท้ายางและมือด้วยน้ำและสบู่ทุกครั้ง
4. ห้าม ทิ้งภาชนะ บรรจุลงในแม่น้ำ คู คลอง แหล่งน้ำสาธารณะ

<u>วิธีแก้พิษเบื้องต้น</u>

1.หากถูกผิวหนัง ให้ล้างด้วยน้ำจำนวนมากๆ ถ้าเปื้อนเสื้อผ้าให้รีบถอดออกแล้วล้างร่างกายด้วยน้ำและสบู่ทุกครั้ง

2. หากเข้าตารีบล้างด้วยน้ำสะอาดจำนวนมาก จนอาการระคายเคืองทุเลา หากไม่ทุเลาให้ไปพบแพทย์

3. หากกลืนกิน ห้ามทำให้อาเจียน ให้ดื่มนมปริมาณมากๆ แล้วรีบนำผู้ป่วยส่งแพทย์ทันที พร้อมภาชนะบรรจุและฉลากของผลิตภัณฑ์

2. สาร B

ชื่อและอัตราส่วนสาระสำคัญ

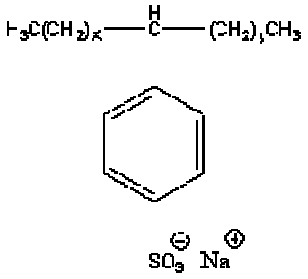
Linear Alkylbenzene Sulfonate, Potassium salt 10% (โดยมวล)

Sodium Lauryl Ether Sulfate 7.2% (โดยมวล)

เป็นสารลดแรงตึงผิว (surfactant) ทำหน้าที่จับตัวกับสิ่งสกปรก ลักษณะของโมเลกุลของสารประเภทนี้ปลายหนึ่งจะจับกับโมเลกุลของน้ำได้ดี อีกปลายหนึ่งจะจับกับโมเลกุลของคราบไขมัน ทำให้คราบไขมันหลุดออก ออกฤทธิ์ทำให้ผสมกลมกลืนกับน้ำ ทำให้เกิดฟอง ทำให้เกิดความหนืดและทำให้สามารถจับตัวกับสิ่งสกปรกแล้วแยกออกจากส่วนที่เป็นน้ำ สารลดแรงตึงผิวที่ใช้กันมากมี 2 ชนิดคือ Linear Alkylbenzene Sulfonate (LAS) และ Sodium Lauryl Ether Sulfate (SLES) ซึ่งจัดอยู่ในกลุ่มสารชำระล้างที่มีประจุลบ (anionic surfactant)

Linear Alkylbenzene Sulfonate (LAS)

เป็นสารลดแรงตึงผิวชนิดประจุลบ (anionic surfactant) LAS เป็นสารผสมที่มีจำนวนคาร์บอนอยู่ระหว่าง 10-14 อะตอมบนสายอัลคิล (alkyl chain) ซึ่งต่อกับวงแหวนเบนซินที่ตำแหน่งพารา LAS ในรูปของเกลือโซเดียมจัดเป็นสาระสำคัญในผลิตภัณฑ์ทำความสะอาดเสื้อผ้า และผลิตภัณฑ์ล้างจาน ในความเข้มข้นระหว่าง 5-25% เนื่องจาก LAS สามารถทำให้สิ่งสกปรก หรือคราบไขมันหลุดจากผิวของผ้าหรือจานชามได้ มีค่า LD_{50} (หนู) 1,600 มิลลิกรัม/กิโลกรัม พิษปานกลาง เป็นสารทำให้เกิดฟอง มักใช้ในผลิตภัณฑ์ทำความสะอาด และแชมพู อาจทำให้เกิดการระคายเคืองตาและผิวหนัง หากเกิดอาการหลังจากใช้ผลิตภัณฑ์ควรหยุดใช้ทันที ในกระบวนการผลิต SLES อาจปนเปื้อนด้วย 1,4-dioxane ซึ่งอาจเป็นสารก่อมะเร็ง ในต่างประเทศมีการห้ามใช้ในผลิตภัณฑ์เกี่ยวกับอาหารและยา แต่อย่างไรก็ตามไม่มีหลักฐานที่บ่งชี้สารชนิดนี้ก่อมะเร็ง (โชติมา วิไลวัลย์, 2549)



โครงสร้างทางเคมี linearalkylbenzenesulfonate

Sodium Lauryl Ether Sulfate (SLES) หรือ sodium laureth sulfate

ข้อควรระวังในการใช้

วิธีเก็บรักษา

เก็บในที่มิดชิด ห่างจากเด็ก อาหารและสัตว์เลี้ยง

คำเตือน

1. ห้ามรับประทาน

2. ระวังอย่าให้เข้าตา ผู้ที่แพ้สารเคมีง่ายควรสวมถุงมือยาง

3. ภาชนะที่ใช้หมดแล้ว ควรทิ้งหรือทำลาย ห้ามทิ้งลงแม่น้ำ คู คลองแหล่งน้ำสาธารณะ

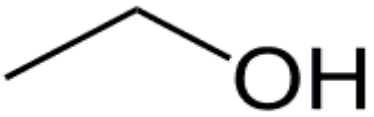
วิธีแก้พิษเบื้องต้น

1.หากเข้าตาให้รีบล้างด้วยน้ำสะอาดจนอาการระคายเคืองทุเลาหากไม่ทุเลาให้ไปพบแพทย์

2. หากกลืนกิน ห้ามทำให้อาเจียน ให้ดื่มน้ำหรือนมปริมาณมากๆเพื่อเจือจาง แล้วรีบนำผู้ป่วยส่งแพทย์ทันที พร้อมภาชนะบรรจุหรือใบแทรกของผลิตภัณฑ์

3. **เอทิลแอลกอฮอล์** (ethyl alcohol)

สูตรเคมี : C_2H_5OH



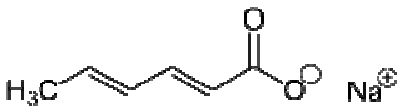
โครงสร้างทางเคมีของethyl alcohol

เอทิลแอลกอฮอล์ (ethyl alcohol) หรือเอทานอล (ethanol) เป็นแอลกอฮอล์ชนิดหนึ่งได้จากการหมักพืชผลทางการเกษตร เช่น อ้อย มันสำปะหลัง ข้าวโพด แอลกอฮอล์ชนิดนี้กินได้ นำมาใช้ได้หลากหลาย เช่น ใช้เป็นตัวทำละลายสี แลคเกอร์ และยา ใช้เช็ดทำความสะอาดแผล ใช้เป็นเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ ได้แก่ เหล้า ไวน์ และเบียร์ ใช้เป็นตัวกลางในการถ่ายเทความร้อน ใช้ในการผลิตเครื่องสำอางใช้เป็นน้ำมันเชื้อเพลิง ใช้ตกตะกอนกรดนิวคลีอิกในงานอณูชีววิทยา (Molecular Biology) เป็นต้น

คุณลักษณะของเอทิลแอลกอฮอล์ เป็นของเหลวไม่มีสี ระเหยได้ ไวไฟสูงสามารถละลายน้ำได้ (ธิดารัตน์ คล่องตรวจโรค, 2552)

4. โซเดียมซอร์เบต (sodium sorbate)

สูตรเคมี : $C_6H_7NaO_2$

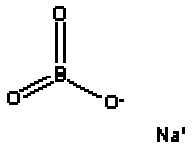


โครงสร้างทางเคมีของ sodium sorbate

โซเดียมซอร์เบต (sodium sorbate) เป็นเกลือของกรดซอร์บิค (sorbic acid) เป็นสารที่ใช้ในไส้กรอกหมัก และไส้กรอกแห้ง ซึ่งมักจะเน่าเสียเนื่องเชื้อราเป็นสาเหตุ กรดซอร์บิคมีผลต่อการยับยั้งการเจริญของเชื้อราและยีสต์ได้ดีนิยมใช้เป็นสารกันบูดเพราะเป็นสารเคมีที่เราใส่เข้าไปในอาหารแล้วจะช่วยป้องกันหรือช่วยทำลายเชื้อจุลินทรีย์ไม่ให้เจริญเติบโต หรือป้องกันไม่ให้แพร่กระจายออกไป จึงไม่เกิดการสร้างของเสีย อาหารจึงอยู่ได้นานเพราะไม่มีกลิ่น ไม่มีรสไม่ทำให้กลิ่นรสของอาหารเปลี่ยนแปลงสามารถถูกย่อยสลายในร่างกายได้แบบเดียวกับกรดไขมันที่เกิดตามธรรมชาติอันตรายจึงมีน้อย สารนี้มีประสิทธิภาพสูงสุดที่ ค่าความเป็นกรดด่างต่ำกว่า 6.5 เป็นปริมาณที่อนุญาตให้ใช้ในอาหารสำหรับกรดซอร์บิค โซเดียมซอร์เบต และแคลเซียมซอร์เบต ใช้ได้สูงสุดไม่เกิน 1,000 มิลลิกรัมในอาหาร 1 กิโลกรัมใช้เป็นสารกันบูดในอาหาร

5. โซเดียมเปอร์บอเรต(sodium perborate)

สูตรเคมี : $NaBO_3.4H_2O$

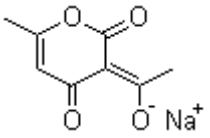


โครงสร้างทางเคมีของ sodium perborate

มีลักษณะเป็นของแข็งผลึกสีขาวไม่มีกลิ่นอยู่ในผลิตภัณฑ์สำหรับฟอกขาวกลุ่ม Oxygen Bleach ทำหน้าที่เป็นสาร Disinfactant (ดิสอินเฟคแตนท์) ในการเป็นสารที่ใช้ในผลิตภัณฑ์ผงซักฟอก เป็นสารที่ใช้สำหรับฟอกฟันขาวและเป็นส่วนผสมในน้ำยาหยอดตา (กรมควบคุมมลพิษ ค, 2555)

6. โซเดียมดีไฮโดรอะซิเตต (sodium dehydroacetate)

สูตรเคมี: $C_8H_7NaO_4.H_2O$



โครงสร้างทางเคมีของ sodium dehydroacetate

โซเดียมดีไฮโดรอะซิเตต (sodium dehydroacetate) อยู่ในรูป Dehydroacetic acid เพื่อเป็นสารรักษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์อาหาร (Preservatives) สำหรับผลิตภัณฑ์อาหารประเภทเนย เนยแข็ง มาร์การีน ส่วนใหญ่ใช้เป็นสารกำจัดเชื้อราและแบคทีเรีย ใช้เป็นสารกันบูดในผลไม้ เช่น สตรอเบอร์รี่ นอกจากนี้ยังเป็นส่วนผสมในยาสีฟัน มีการใช้ในภาคอุตสาหกรรมในผลิตภัณฑ์พลาสติกและเรซิน (ข้อกำหนดทั่วไปเกี่ยวกับมาตรฐานอาหาร, 2539)

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ณพรัตน์ วิชิตชลชัย และคณะ (2536) ศึกษาวิธีการผลิตยางแผ่นดิบเพื่อป้องกันกำจัดเชื้อรา โดยชุบยางแผ่นดิบ โดยใช้สารเคมีป้องกันการเกิดเชื้อรา แคปเทน อัตรา 15, 30 และ45 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร, ซีแนบ 80 อัตรา 15, 30 และ 45 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร คูปราวิท อัตรา 15, 30 และ 45 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร ทำการเปรียบเทียบกับพาราไนโตรฟีนอล อัตรา 0.1 (โดยมวลต่อปริมาตร) ผลการทดลองที่ชุบยางแผ่นด้วยสารเคมีแคปเทน อัตรา 15 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร (750 ppm) มี % การเกิดเชื้อราที่ต่ำมาก ซึ่งไม่แตกต่างจากยางแผ่นที่ชุบด้วยสารพาราไนโตรฟีนอล (0.1% หรือ 1000 ppm) นอกจากนี้ได้ทำการสำรวจชนิดของเชื้อราบนยางแผ่นดิบ ทั้งในภาคตะวันออกและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ พบว่าเชื้อราบนยางแผ่นดิบส่วนใหญ่เป็นจำพวก *Aspergillus* sp., *Penicillium* sp. และ*Fusarium* sp.

ยอดธง ใบมาก และคณะ (2549) ศึกษาน้ำส้มควันไม้ยูคาลิปตัสสำหรับใช้เป็นสารช่วยให้ยางจับตัวและสารยับยั้งการเกิดเชื้อราในการผลิตยางแผ่น ศึกษาประสิทธิภาพการยับยั้งการเกิดเชื้อราบนยางแผ่นดิบของน้ำส้มควันไม้เป็นสารแช่ยางแผ่นดิบ เชื้อราที่แยกได้จากยางแผ่นดิบพบว่าเป็น *Penicillium griseofulvum* ใช้ยางแผ่นดิบที่ผลิตโดยกรดฟอร์มิกเป็นสารช่วยให้ยางจับตัวที่แช่น้ำส้มควันไม้ทั้งชนิดดิบและชนิดตกตะกอนที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน (10, 20 และ 60% โดยปริมาตร) เป็นเวลา 20 นาที เมื่อเก็บในโรงเก็บยางเป็นเวลา 7 วัน พบว่ามีเชื้อราเกิดขึ้นทั่วแผ่น แต่มีความหนาแน่นของเชื้อราน้อยกว่าชุดควบคุมที่แช่ในน้ำ

น้ำทิพย์ รัตนวรรณ์ (2552) ศึกษาการใช้น้ำส้มควันไม้เป็นสารเติมเพื่อปรับปรุงคุณภาพและป้องกันเชื้อราในการผลิตยางแผ่นและยางแท่ง เติมน้ำส้มควันไม้ในกระบวนการผลิตยางแผ่นปริมาตร 0.50 มิลลิลิตร โดยเป็นสารเติมและใช้น้ำ, น้ำยาง, กรดซัลฟูริก เป็น 300, 300, 90 มิลลิลิตร ตามลำดับ ผลการศึกษาพบว่าการเติมน้ำส้มควันไม้ในปริมาณที่มากขึ้น ค่าความอ่อนตัวเริ่มต้นและและดัชนีความอ่อนตัวสูงขึ้น รวมทั้งยังมีความสามาถในการต้านเชื้อราได้ดี โดยสัดส่วนที่เหมาะสมในการใช้น้ำส้มควันไม้เป็นสารเติมในกระบวนการผลิตยางแผ่นของน้ำ : น้ำยาง : กรดซัลฟิวริก : น้ำส้มควันไม้ ที่เหมาะสมคือ 300 : 300 : 90 : 30 มีแนวโน้มในการนำมาใช้ได้ถ้าสามารถลดต้นทุนในการผลิตน้ำส้มควันไม้ลงได้ทั้งนี้เนื่องจากน้ำส้มควันไม้มีคุณสมบัติในการปรับปรุงคุณภาพทางกายภาพและยับยั้งเชื้อราในกระบวนการผลิตได้

อรัญ หันพงศ์กิตติกูล และคณะ (2552) ศึกษาหาสาเหตุและป้องกันการเจริญของเชื้อราบนยางแผ่น โดยแยกเชื้อราจากยางแผ่นได้ 150 ไอโซเลต อยู่ใน 9 สกุล คือ *Aspergillus*, *Penicillium*, *Fusarium*, *Cladosporium, Rhizopus*, *Mucor*, *Geotrichum*, *Trichoderma* และ*Tritirachium* 31.3, 23.3, 5.3, 2.7, 1.3, 1.3,1.3 และ0.7% ตามลำดับและกลุ่มเชื้อราที่จำแนกโดยการวิเคราะห์ระดับดีเอ็นเอ คือ *Daldiniaeschscholzii* และ*Schizophyllum commune* ทดสอบฤทธิ์ของสารเคมี 13 ชนิดคือ กรดอะซิติกแอมโมเนียมคาร์บอเนต แคลเซียมโพรพิโอเนต แคลเซียมไฮดรอกไซด์ โปแตสเซียมเบนโซเอต โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ โซเดียมไนเตรต โซเดียมอะซิเตต น้ำส้มควันไม้ 3 ชนิด และพาราไนโตรฟีนอลกับเชื้อรา 27 ชนิดที่แยกได้จากยางแผ่น พบว่า กรดอะซิติกโปแตสเซียมซอร์เบตโปแตสเซียมเบนโซเอต โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์และน้ำส้มควันไม้จากไม้ไผ่ สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อราได้ โดยมีค่าการยับยั้งที่ความเข้มข้นที่ต่ำสุด (MIC) ของสารเคมี 5 ชนิดนี้ต่อ *Aspergillus* ที่แยกได้ 10 ไอโซเลต คือ 0.313, 10, 5, 5 และ 0.625% ตามลำดับ ค่า MIC สารเคมีสำหรับยับยั้งการเจริญ *Fusarium* 4 ไอโซเลต มีค่าเท่ากับ 1.5, 0.625, 2.5, 0.156 และ 1.5% ตามลำดับ ยับยั้ง *Penicillium* 6 ไอโซเลต มีค่า MIC เท่ากับ 0.156, 1.25, 5, 0.156 และ 3.125 ตามลำดับ เมื่อนำยางแผ่นดิบที่ตากไว้ 1 วัน มาจุ่มโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์กรดอะซิติก และน้ำส้มควันไม้ แล้วจึงเพาะเชื้อ *Aspergillus* SR09, *Penicillium* TT04 และ*Fusarium* MT05 ลงไป แล้วเก็บยางแผ่นไว้ที่ความชื้นสัมพัทธ์ห้อง 70.7 และ80% ที่อุณหภูมิห้อง พบว่าโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ 5% สามารถยับยั้งการเกิดเชื้อราทั้ง 3 ชนิด จุ่มยางแผ่นในโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ 10% โดยเทียบกับการจุ่มสารทางการค้า เก็บไว้ที่ความชื้นสัมพัทธ์ 73.4% สังเกตเห็นการเจริญของเชื้อราในวันที่ 5 ชุดควบคุมและชุดเติมสารทางการค้าเห็นการเจริญในวันที่ 4 ขณะที่ทดลองเก็บไว้ที่ความชื้นสัมพัทธ์ 80% ที่จุ่มด้วยโซเดียมเมตะไบซัลไฟต์ไม่พบการเจริญของเชื้อราบนยางแผ่นที่เก็บไว้ 30 วัน ขณะที่ยางแผ่นจุ่มด้วยสารทางการค้ามีการเจริญของเชื้อราใน 2 วัน

Jendrossek และคณะ (1997) ได้ทำการศึกษาการย่อยของยางธรรมชาติ พบว่าจุลินทรีย์ที่มีการเจริญได้คือ Actinomycetes โดยใช้น้ำยางธรรมชาติเป็นแหล่งคาร์บอนและพลังงาน แบคทีเรียที่มีการย่อยยางมีทั้งหมด 50 ไอโซเลต ระบุได้ว่าเป็น *Streptomyces* 33 สายพันธุ์ และเป็น *Micromonospora* 8 สายพันธุ์ Bode et al. (2000) ศึกษาการย่อยสลายของยางพบว่าแบคทีเรียแกรมบวก *Streptomyces coelicolor* 1A และแบคทีเรียแกรมลบ *Pseudomonas citronellolis*มีความสามารถในการย่อยได้ทั้งยางธรรมชาติและยางสังเคราะห์

Bode และคณะ (2000) ศึกษาการย่อยสลายของยางพบว่าแบคทีเรียแกรมบวก *Streptomyces coelicolor* 1A และแบคทีเรียแกรมลบ *Pseudomonas citronellolis* มีความสามารถในการย่อยได้ทั้งยางธรรมชาติและยางสังเคราะห์

Bode และคณะ (2000) ทำการศึกษาการย่อยสลายของยางธรรมชาติ(NR), ยางสังเคราะห์ (SR) และยางธรรมชาติแบบ cross-linked โดยแบคทีเรียแกรมบวกและแกรมลบจะถูกวิเคราะห์โดยวิธีการหาน้ำหนักที่หายไป, gel permeation chromatography และทดสอบหาปริมาณโปรตีนที่เป็นส่วนประกอบ ผลการศึกษาพบว่าเชื้อ *Nocardia* sp. DSMZ43191, *Streptomyces coelicolor*, *Streptomyces griseus*, แบคทีเรีย ไอโซเลต 18a, *Actinotobactercalcoaceticus* และ *Xanthomonas* sp. มีน้ำหนักที่หายไป 11-18% และมีโปรตีนเพิ่มขึ้น 850 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร หลังจากทำการบ่มเชื้อ ส่วนการบ่มเชื้อแบคทีเรียกับยางสังเคราะห์ พบว่ามีปริมาณโปรตีนเพิ่มขึ้นถึง 1250 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ส่วนเชื้อ *Streptomyces lividans* และ *Streptomyces exfoliates* เป็นแบคทีเรียที่ไม่สามารถทำการย่อยสลายยาง พบว่าปริมาณน้ำหนักไม่เปลี่ยนแปลง และปริมาณโปรตีนไม่เพิ่มขึ้น การวัดหาค่าน้ำหนักโมเลกุลเฉลี่ยของยางสังเคราะห์ก่อนและหลังการสลายตัวแสดงให้เห็นว่าค่าที่ได้ขึ้นอยู่กับเวลาที่แบคทีเรียใช้ในการย่อยสลายยาง

Linos และคณะ (2000) ศึกษา Actinomycetes ที่แยกได้จากยางธรรมชาติและยางสังเคราะห์ การย่อยยางแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มแรกเจริญที่ผิวหน้ายางอย่างหนาแน่น กลุ่มสองสามารถย่อยยางได้แต่มีการเจริญเติบโตไม่หนาแน่น โดยดูลักษณะของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางบริเวณใส (clear zone) รอบโคโลนีของแบคทีเรีย หลังจากเพาะยางในอาหาร mineral agar ทำการวิเคราะห์อนุกรมวิธานของ 16S rRNA ของสี่สายพันธุ์เป็น *Gordonia* sp. สองสายพันธุ์คือ VH2 และ Kb2 และเป็น *Mycrobacteriumfortuitum*สายพันธุ์ NF4 และกลุ่มที่ 2 คือ *Micromonosporaaurantiaca* นอกจากสามสกุลที่กล่าวมาแล้ว Berekaaและคณะ (2000) รายงานว่า *Pseudomonas* มีความสามารถย่อยยางได้ โดยทั้งสี่สกุลสามารถย่อยผลิตภัณฑ์ยางสำเร็จรูปได้ มีอัลดีไฮด์เป็นผลผลิตจากการย่อยยาง

Berekaa และคณะ (2004) ศึกษาการย่อยสลายของยางธรรมชาติโดยจุลินทรีย์ที่ถูกจำแนกจากตัวอย่างดินในจากอิสวาน ประเทศอียิปต์ ซึ่งสามารถเจริญเติบโตโดยอาศัยแหล่งคาร์บอนและ

พลังงานจากยางธรรมชาติซึ่งจุลินทรีย์จะเกาะยึดกับตัวยางโดยตรงและทำให้เกิดการสลายตัวของวัตถุดิบในกระบวนการผลิตถุงมือยางนอกจากนี้จุลินทรีย์นี้ไม่สามารถสร้างเคลียร์โซนรอบโคโลนีของแบคทีเรีย เมื่อทำการวิเคราะห์อนุกรมวิธาน เชื้อที่พบคือ *Achromobacterruhlandii* และ *Achromobacterxylosoxidans*

Rifaat และคณะ (2004) ทำการจำแนกแบคทีเรียที่ย่อยยางและใช้ยางเป็นแหล่งคาร์บอนและพลังงาน ซึ่งสามารถแยกได้ 42 สายพันธุ์ โดยแยกเป็น *Streptomyces*, *Micromonospora,Actinoplanes*, *Gordona*และ*Nocardia* โดยเป็นเชื้อที่ย่อยยางได้ทั้งหมดถูกจำแนกอยู่ในกลุ่มของ Actinobacteria เป็นกลุ่มขนาดใหญ่ของแบคทีเรียแกรมบวกที่สามารถสร้างเส้นใยได้แต่ไม่พบแบคทีเรียแกรมลบ

Cherian และJayachandran (2009) ศึกษาจุลินทรีย์ที่สามารถย่อยยางได้โดยศึกษาการย่อยน้ำยางธรรมชาติด้วยจุลินทรีย์สายพันธุ์ใหม่ *Bacillus* sp. SBS25 ที่แยกได้จากดินพบว่า *Bacillus* sp. SBS25 มีความสามารถย่อยน้ำอย่างได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยใช้ไฮโดรคาร์บอนของยางธรรมชาติเป็นแหล่งของคาร์บอนและพลังงานทั้งหมด

Prasertsit และคณะ (2011) ศึกษาผลการเติมน้ำส้มควันไม้สำหรับผลิตภัณฑ์ยางธรรมชาติโดยใช้น้ำส้มควันไม้กะลามะพร้าวทดลองโดยใช้แทนกรดในกระบวนการผลิต เนื่องจากเป็นสารเคมีธรรมชาติที่มีความเป็นกรดและมีคุณสมบัติในการปกป้องการเจริญของจุลินทรีย์ แปรผันความเข้มข้นของน้ำส้มควันไม้สำหรับกระบวนการผลิตยางแท่งและยางแผ่น น้ำส้มควันไม้สามารถปรับปรุงการขึ้นรูปขั้นต้น ดัชนีการเก็บรักษาการขึ้นรูป และความหนืดของผลิตภัณฑ์ยาง นอกจากนั้นยังทำให้เชื้อราเจริญเติบโตในผลิตภัณฑ์ได้ช้าลงอีกด้วย

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษาวิจัยครั้งนี้ เป็นงานวิจัยเพื่อศึกษาการยับยั้งการเจริญของราในน้ำยางข้นและยางแผ่นดิบโดยใช้สารเคมีที่มีความเข้มข้นที่เหมาะสมในการยับยั้งรา โดยในการทดลองมีรายละเอียด ดังนี้

3.1 สถานที่ดำเนินการวิจัย

3.1.1 สถานที่เก็บตัวอย่าง

สถานที่เก็บตัวอย่างน้ำยางข้นจากโรงงานในภาคใต้ จังหวัดสุราษฎร์ธานีและตัวอย่างยางแผ่นดิบจากโรงงานและสวนยางที่ผลิตยางแผ่นดิบในภาคใต้ และภาคตะวันออกของประเทศไทย ได้แก่ จังหวัดสุราษฎร์ธานี,ระยองและชลบุรีได้แก่

3.1.1.1 สถานที่เก็บตัวอย่างน้ำยางข้นได้แก่

โรงงานในตำบลขุนทะเล อำเภอเมืองสุราษฎร์ธานี จังหวัดสุราษฎร์ธานี

3.1.1.2 สถานที่เก็บตัวอย่างยางแผ่นดิบ

เก็บตัวอย่างยางแผ่นดิบจำนวน 15 ตัวอย่าง จากโรงงานและสวนยางที่ผลิตยางแผ่นดิบ ได้แก่

-โรงงานในตำบลขุนทะเล อำเภอเมืองสุราษฎร์ธานี จังหวัดสุราษฎร์ธานี (ตัวอย่างที่ 1,2และ3)

- หมู่ 4 ตำบลบ้านส้อง อำเภอเวียงสระจังหวัดสุราษฎร์ธานี(ตัวอย่างที่ 4)
- หมู่ 13 ตำบลบ้านส้อง อำเภอเวียงสระจังหวัดสุราษฎร์ธานี (ตัวอย่างที่ 5)
- หมู่ 15 ตำบลบ้านส้อง อำเภอเวียงสระจังหวัดสุราษฎร์ธานี(ตัวอย่างที่ 6)
- หมู่ 18 ตำบลบ้านส้อง อำเภอเวียงสระ จังหวัดสุราษฎร์ธานี(ตัวอย่างที่ 7)
- ตำบลไทรขึง อำเภอพระแสงจังหวัดสุราษฎร์ธานี(ตัวอย่างที่ 8)
- สวนบ้านปากป่า ตำบลหนองตะพาน อำเภอบ้านค่าย จังหวัดระยอง (ตัวอย่างที่ 9)

- สวนบ้านแหลมเหียง ตำบลหนองตะพาน อำเภอบ้านค่าย จังหวัดระยอง (ตัวอย่างที่ 10)
- สวนบ้านมาบตอง ตำบลหนองตะพาน อำเภอบ้านค่าย จังหวัดระยอง (ตัวอย่างที่ 11)
- บ้านบึงตาต้า ตำบลหนองไร่ อำเภอปลวกแดง จังหวัดระยอง (ตัวอย่างที่ 12)
- บ้านห้วยมะระ ตำบลหนองเสือช้างอำเภอหนองใหญ่จังหวัดชลบุรี (ตัวอย่างที่ 13)
- บ้านเฉลิมลาภ ตำบลหนองเสือช้าง อำเภอหนองใหญ่ จังหวัดชลบุรี (ตัวอย่างที่ 14)
- บ้านหนองชาก ตำบลหนองชาก อำเภอบ้านบึงจังหวัดชลบุรี (ตัวอย่างที่ 15)

3.1.2 **ห้องปฏิบัติการ**

ดำเนินการศึกษาวิจัยแยกเชื้อราจากน้ำยางข้นและยางแผ่นดิบและศึกษาหาความเข้มข้นที่เหมาะสมของสารเคมีที่สามารถยับยั้งการเจริญของราจากน้ำยางข้นและยางแผ่นดิบ ได้ดำเนินการวิจัยที่ห้องปฏิบัติการสหสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม ชั้น 17 อาคารมหามกุฏ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.2 **เครื่องมือ อุปกรณ์ สารเคมีและอาหารเลี้ยงเชื้อที่ใช้ในห้องปฏิบัติการ**

3.2.1 **เครื่องมืออุปกรณ์**

1. เครื่องนึ่งฆ่าเชื้อ (autoclave) ยี่ห้อ Tomyรุ่น SS-325 (Japan)
2. ตู้เขี่ยเชื้อ (laminar flow cabinets) ยี่ห้อ Safety lab (Thailand)
3. ตู้บ่มเชื้อ (incubator) ยี่ห้อ Conthermรุ่น 1300C
4. ตู้บ่มเชื้อ (incubator) ยี่ห้อ MEMMERT รุ่น BE700 (Germany)

5. เตาอบ (hot air oven) ยี่ห้อ MEMMERT รุ่น UNB400 (Germany)
6. เครื่องวัดความเป็นกรดด่าง (pH meter) ยี่ห้อ Consort รุ่น C862
7. เครื่องผสมสารละลาย (vortex mixer) ยี่ห้อ Shelton Scientific รุ่น VSM-3
8. เครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง ยี่ห้อ Metter Toledo รุ่น AB 204-S (Switzerland)
9. เครื่องชั่ง 2 ตำแหน่ง ยี่ห้อ Precisaรุ่น BJ 1000C
10. กล้องจุลทรรศน์ (microscope) ยี่ห้อ Nikon รุ่น E200 (ญี่ปุ่น)
11. เครื่องวัดความชื้น (Hygrometer)
12. กล้องถ่ายรูปยี่ห้อ Nikon
13. ไมโครปิเปต (micropipette)
14. ไมโครปิเปตทิป (micropipette tip)
15. แท่งแก้วปาดเชื้อ (spreader)
16. เข็มเขี่ยเชื้อปลายกลม (loop)
17. เข็มเขี่ยเชื้อปลายแหลม (needle)
18. เข็มเขี่ยเชื้อปลายแหลมงอ (hook)
19. ที่เจาะจุกค๊อก (cork borer) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 มิลลิเมตร
20. ฮีมาไซโตมิเตอร์ (Haemacytometer)
21. แผ่นสไลด์ (slide)
22. กระจกปิดสไลด์ (cover slip)
23. ตะเกียงแอลกอฮอล์
24. คีมคีบ (forcep)
25. ช้อนตักสาร
26. สำลี
27. ผ้ากอซ
28. พู่กันระบายสี เบอร์ 7

3.2.2 **เครื่องแก้ว**

1. จานอาหารเลี้ยงเชื้อ (plate)
2. หลอดทดลอง (test tube)

3. กระบอกตวง (cylinder)
4. ขวดรูปชมพู่ (erlenmeyerflask)
5. บีกเกอร์ (beaker)
6. ขวดเก็บสาร (duran)
7. แท่งแก้วคนสาร (stirring rod)
8. แท่งแก้วงอ

3.2.3 สารเคมีที่ใช้หาความเข้มข้นที่เหมาะสมในการยับยั้งการเจริญของราในน้ำยางข้นและบนยางแผ่นดิบ

1. โซเดียมซอร์เบต($C_6H_7NaO_2$)ยี่ห้อTCI-EP ญี่ปุ่น (AR grade)
2. โซเดียมเปอร์บอเรต ($NaBO_3.4H_2O$)ยี่ห้อ TCI-EP ญี่ปุ่น (AR grade)
3. โซเดียมดีไฮโดรอะซิเตต ($C_8H_7NaO_4.H_2O$)ยี่ห้อ TCI-EP ญี่ปุ่น (AR grade)
4. สาร A (ภาคผนวกที่ ค 1)
5. 70% เอทิลแอลกอฮอล์ (70% ethyl alcohol) Com grade
6. สาร B (ภาคผนวกที่ ค 2)

3.2.4 สารเคมีและอาหารเลี้ยงเชื้อ

1. อาหารเลี้ยงเชื้อ potato dextrose agar (PDA) ยี่ห้อ Kemmar
2. อาหารเลี้ยงเชื้อแข็ง Dichloran Rose Bengal Chlortetracycline (DRBC)
3. ผงวุ้น (agar) ยี่ห้อ Difco Laboratories (USA)
4. สารละลายบัฟเฟอร์ pH 4.01
5. สารละลายบัฟเฟอร์ pH 7.00
6. สารละลายบัฟเฟอร์ pH 9.21
7. 95% เอทิลแอลกอฮอล์ (95% ethyl alcohol) Com grade
8. สีย้อมแลคโตฟีนอลคอตตอนบลู (lacto phenol cotton blue)

3.3 วิธีดำเนินการศึกษาวิจัย

3.3.1 การแยกราในน้ำยางข้นและยางแผ่นดิบ

3.3.1.1 การแยกราในน้ำยางข้น

นำตัวอย่างน้ำยางข้นมาแยกเชื้อ 2 วิธี ดังนี้

1. โดยวิธีการ spread plate นำไมโครปิเปต (micropipette) ดูดตัวอย่างน้ำยางปริมาตร 0.1 มิลลิลิตร หยดบนจานอาหารเลี้ยงเชื้อ potato dextrose agar (PDA) และใช้แท่งแก้วปาดเชื้อ (spreader) ที่ปลอดเชื้อ ทำการเกลี่ยตัวอย่างน้ำยางให้ทั่วผิวหน้าอาหาร จากนั้นนำจานอาหารเลี้ยงเชื้อที่ทำการลงตัวอย่างน้ำยางไปบ่มในตู้บ่มเชื้อที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 สัปดาห์

2. โดยวิธีการ streak plate นำเข็มเขี่ยเชื้อปลายกลม (loop) ที่ปลอดเชื้อจุ่มลงในตัวอย่างน้ำยาง แล้วนำมาขีดเชื้อลงบนจานอาหารเลี้ยงเชื้อ potato dextrose agar (PDA) จากนั้นนำจานอาหารเลี้ยงเชื้อที่ทำการลงตัวอย่างน้ำยางไปบ่มในตู้บ่มเชื้อที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 2 สัปดาห์

3.3.1.2 การแยกราบนยางแผ่นดิบ

นำตัวอย่างยางแผ่นดิบที่มีเชื้อขึ้นมาทำการ streak plateในจานเพาะเชื้อนำเข็มเขี่ยเชื้อปลายกลม (loop) ที่ปลอดเชื้อจุ่มน้ำกลั่นปลอดเชื้อให้พอเปียกเล็กน้อย ทำการ swab เข็มเขี่ยเชื้อปลายกลม (loop) ลงบนพื้นผิวของตัวอย่างยางแผ่นดิบ โดยพื้นที่การ swab นั้นพิจารณาจากกขนาดของตัวอย่างยางแผ่นดิบ นำเข็มเขี่ยเชื้อปลายกลม (loop) มาขีดเชื้อลงบนจานอาหารเลี้ยงเชื้อ potato dextrose agar (PDA)จากนั้นนำจานอาหารเลี้ยงเชื้อที่ทำการลงเชื้อจากตัวอย่างยางแผ่นดิบแล้วไปบ่มในตู้บ่มเชื้อที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 2 สัปดาห์

3.3.2 การคัดเลือกราที่มีลักษณะโคโลนีแตกต่างกัน

3.3.2.1 ทำการสังเกตลักษณะโคโลนีบนจานอาหารเลี้ยงเชื้อในแต่ละตัวอย่างยางแผ่นดิบ และเลือกโคโลนีที่ลักษณะแตกต่างกัน จากนั้นทำการแยกเชื้อให้บริสุทธิ์ โดยใช้เข็มเขี่ยเชื้อปลายแหลมงอ (hook) ปลอดเชื้อ เขี่ยเส้นใยหรือสปอร์ของเชื้อที่เลือกไว้ จากนั้นนำไปวางลงบนจานอาหารเลี้ยงเชื้อ potato dextrose agar (PDA) จานใหม่ นำไปบ่มในตู้บ่มเชื้อที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 2 สัปดาห์

3.3.2.2 ทำการแยกเชื้อให้บริสุทธิ์อีกครั้ง (reisolation) โดยถ่ายเชื้อใหม่จนกว่าจะได้เชื้อที่บริสุทธิ์

3.3.3 การจำแนกราที่มีลักษณะโคโลนีที่ไม่ซ้ำกัน และการระบุสกุล

3.3.3.1 เปรียบเทียบลักษณะโคโลนีของแต่ละตัวอย่างยางแผ่นดิบ ทำการคัดเลือกเชื้อแต่ละโคโลนีที่มีลักษณะไม่ซ้ำกัน

3.3.3.2 นำเชื้อที่ทำการเลือกไม่ซ้ำกันมาทำการเพาะเชื้อบนแผ่นสไลด์ (slide culture) นำไปบ่มเชื้อที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 1 สัปดาห์ เพื่อจะนำมาศึกษาลักษณะโครงสร้างต่างๆของเชื้อภายใต้กล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 40x

3.3.3.3 สังเกตและศึกษาลักษณะโครงสร้างภายใต้กล้องจุลทรรศน์ และทำการระบุสกุลของเชื้อ

3.3.4 การเก็บเชื้อสำหรับทำเป็นหัวเชื้อ (stock culture)

ใช้เข็มเขี่ยเชื้อปลายแหลมงอ (hook)เขี่ยเส้นใยหรือสปอร์ของเชื้อที่บริสุทธิ์และทำการระบุสกุลแล้ว นำไปวางลงในหลอดทดลองที่มีอาหารเลี้ยงเชื้อเอียง (slant) potato dextrose agar (PDA) นำไปบ่มในตู้บ่มเชื้อที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส รอให้เชื้อเจริญ จากนั้นทำการเก็บรักษาเชื้อไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ไว้เป็นหัวเชื้อ (stock culture) เพื่อไว้ใช้ในการศึกษาต่อไป

3.3.5 การทดสอบสารเคมีที่ใช้ยับยั้งรา

3.3.5.1 นำหัวเชื้อ (stock culture) ที่ได้จากการแยกเชื้อ มาเตรียมสารละลายเชื้อทำการทดสอบด้วยวิธีการกระจายเชื้อ (spread plate) โดยใช้เข็มเขี่ยเชื้อปลายแหลมงอ (hook)เขี่ยเชื้อลงในหลอดน้ำกลั่นที่ผสมสารลดแรงตึงผิว triton x 1% ที่ปลอดเชื้อ จากนั้นทำการดูดสารละลายเชื้อปริมาตร 0.1 มิลลิลิตรลงบนอาหารเลี้ยงเชื้อและใช้แท่งแก้วปาดเชื้อ (spreader)ทำการเกลี่ยสารละลายเชื้อให้ทั่วผิวหน้าอาหารบนจานอาหารเลี้ยงเชื้อ potato dextrose agar (PDA) นำไปบ่มเชื้อที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

3.3.5.2 มาทดสอบหาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางบริเวณใส (clear zone)ในการยับยั้งราด้วยวิธี agar well diffusion method โดยนำจานอาหารเลี้ยงเชื้อที่ทำการลงเชื้อแล้วมาทำการทดสอบมาเจาะหลุมโดยที่เจาะจุกค๊อก(cork borer) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 มิลลิเมตร ที่ปลอดเชื้อ ทำหยดสารเคมีที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน โดยทำการทดลอง 3 ซ้ำ นำไปบ่มเชื้อที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

3.3.5.3 ติดตามผลการทดลองโดยวัดประสิทธิภาพการยับยั้งของสารเคมีจากขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางบริเวณใส (clear zone) เป็นเวลา 7 วัน พร้อมทำการบันทึกภาพผลการทดลอง

3.3.6 การทดสอบสารเคมีที่ใช้ยับยั้งราบนยางแผ่นดิบ

3.3.6.1 ทำการเตรียมตัวยางแผ่นดิบโดยการล้างแผ่นยางให้สะอาดเพื่อนำเศษฝุ่นและสิ่งสกปรกออกจากแผ่นยาง จากนั้นนำไปตากในร่มที่มีลมโกรกและอากาศถ่ายเทจนแห้ง นำตัวอย่างยางแผ่นดิบมาตัดให้มีขนาดเท่าๆกันคือ 5x7 เซนติเมตร

3.3.6.2 ทำการเตรียมแผ่นยางให้ปลอดเชื้อด้วยการเช็ดทำความสะอาดด้วย 70% เอทิลแอลกอฮอล์ (70% ethyl alcohol) ที่ผิวหน้ายาง นำตัวอย่างยางแผ่นดิบที่ปลอดเชื้อและตัดเรียบร้อยแล้วมาทำการแช่ด้วยน้ำเพื่อเป็นชุดควบคุมในการทดลองและทำการแช่ตัวอย่างยางแผ่นดิบด้วยสารเคมีที่สามารถยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ เป็นเวลา 20 นาที (ยอดธง ใบมากและคณะ, 2549) และนำยางแผ่นดิบไปตากให้แห้ง

3.3.6.3 ทำการเตรียมเชื้อที่เพาะไว้ ให้เป็นสารละลายเชื้อที่มีความเข้มข้นจำนวน 10^6 สปอร์ต่อมิลลิลิตรโดยใช้เข็มเขี่ยเชื้อปลายแหลมงอ (hook)เขี่ยเชื้อลงในหลอดน้ำกลั่นที่ผสมสารลดแรงตึงผิว triton x 1% ที่ปลอดเชื้อ จากนั้นนำไมโครปิเปต (micropipette) ดูดสารละลายเชื้อปริมาตร 0.2 มิลลิลิตรลงบนยางแผ่นดิบ ใช้พู่กันระบายสีเบอร์ 7 เกลี่ยสารละลายเชื้อให้ทั่วแผ่นยาง โดยทำการทดลองตัวอย่างละ 3 ซ้ำ

3.3.6.4 ทำการทดสอบกับชุดทดลองที่เป็นสภาวะโรงเก็บยางแผ่นด้วยการนำกล่องมาเจาะช่องอากาศเพื่อให้มีอากาศถ่ายเทและใช้สำลีชุบน้ำนำใส่แก้วไว้เพื่อควบคุมสภาวะแวดล้อมที่มีความชื้นสัมพัทธ์ที่ราสามารถเจริญได้ ซึ่งการวิจัยนี้ได้วัดค่าความชื้นสัมพัทธ์ภายในชุดทดลองพบว่ามีความชื้นสัมพัทธ์อยู่ที่ 78.33% นำยางแผ่นที่จะทดสอบบ่มไว้ในกล่องเป็นเวลา 7 วัน สังเกตการขึ้นของจุลินทรีย์ พร้อมทำการบันทึกภาพผลการทดลองเพื่อนำไปใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรม Image Pro Plus ต่อไป

3.3.7 การวิเคราะห์ข้อมูล

3.3.7.1 การทดสอบการยับยั้งราของสารเคมีนั้นทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยจากการวัดประสิทธิภาพการยับยั้งสารเคมีจากขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางบริเวณใส(clear zone)

3.3.7.2 การทดสอบการยับยั้งราของสารเคมีบนยางแผ่นดิบนั้นทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยการเปรียบเทียบการขึ้นของจุลินทรีย์บนยางแผ่นดิบโดยใช้โปรแกรม Image Pro Plus ในการวิเคราะห์พื้นที่การขึ้นของจุลินทรีย์จากชุดควบคุมกับการแช่ตัวอย่างยางแผ่นดิบด้วยสารเคมีที่สามารถยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ได้

บทที่ 4
ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

4.1 แหล่งที่มาของตัวอย่าง

ทำการเก็บตัวอย่างน้ำยางข้นและตัวอย่างยางแผ่นดิบมาทำการทดสอบหาราที่ขึ้นในน้ำยางข้นและบนยางแผ่นดิบ ซึ่งเก็บตัวอย่างน้ำยางข้น 2 ตัวอย่างจากโรงงานผลิตน้ำยางข้นในตำบลขุนทะเลอำเภอเมืองสุราษฎร์ธานี จังหวัดสุราษฎร์ธานี และตัวอย่างยางแผ่นดิบ จำนวน 15 ตัวอย่าง จาก 13 แหล่งในภาคใต้ และภาคตะวันออกของประเทศไทย โดยสถานที่เก็บตัวอย่างยางแผ่นดิบ (ตารางที่ 4.1) ได้แก่ จังหวัดสุราษฎร์ธานี จำนวน 8 ตัวอย่าง เพื่อเป็นตัวแทนพื้นที่ผลิตยางแผ่นในภาคใต้ จังหวัดระยอง จำนวน 4 ตัวอย่าง และจังหวัดชลบุรี จำนวน 3 ตัวอย่าง เพื่อใช้เป็นตัวแทนพื้นที่ผลิตยางแผ่นในภาคตะวันออก จากโกดังเก็บยางแผ่นของโรงงานผลิตยางแผ่นและของเกษตรกร

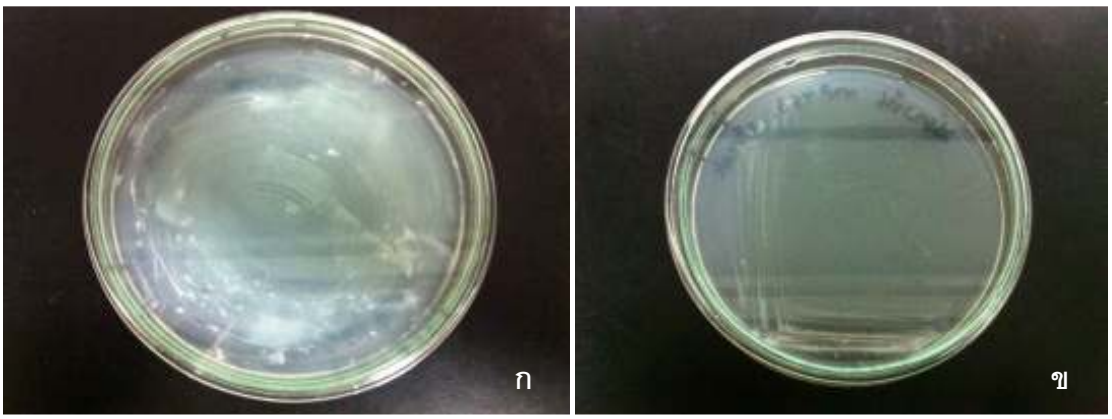
4.2 การแยกราจากตัวอย่าง

4.2.1 การแยกราจากน้ำยางข้น

การแยกราจากน้ำยางข้นโดยทำการทดสอบ 2 วิธี คือ โดยวิธีการ spread plate และวิธีการ streak plate นำจานอาหารเลี้ยงเชื้อที่ทำการลงตัวอย่างน้ำยางไปบ่มในตู้บ่มเชื้อที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 2 สัปดาห์ผลจากการทดลองการแยกราในน้ำยางข้นโดยวิธีการ spread plate และวิธีการ streak plate แสดงในภาพที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 สถานที่เก็บตัวอย่างยางแผ่นดิบ

จังหวัด	สถานที่และตัวอย่างยางแผ่นดิบ
สุราษฎร์ธานี	1. โรงงานผลิตยางแผ่น ตำบลขุนทะเลอำเภอเมืองสุราษฎร์ธานี (ตัวอย่างที่ 1,2 และ3) 2. หมู่ 4 ตำบลบ้านส้อง อำเภอเวียงสระ (ตัวอย่างที่ 4) 3. หมู่ 13 ตำบลบ้านส้อง อำเภอเวียงสระ (ตัวอย่างที่ 5) 4. หมู่ 15 ตำบลบ้านส้อง อำเภอเวียงสระ (ตัวอย่างที่ 6) 5. หมู่ 18 ตำบลบ้านส้อง อำเภอเวียงสระ (ตัวอย่างที่ 7) 6. ตำบลไทรขึง อำเภอพระแสง (ตัวอย่างที่ 8)
ระยอง	7. สวนบ้านปากป่า ตำบลหนองตะพาน อำเภอบ้านค่าย (ตัวอย่างที่ 9) 8. สวนบ้านแหลมเหียง ตำบลหนองตะพาน อำเภอบ้านค่าย (ตัวอย่างที่ 10) 9. สวนบ้านมาบตอง ตำบลหนองตะพาน อำเภอบ้านค่าย (ตัวอย่างที่ 11) 10. บ้านบึงตาต้า ตำบลหนองไร่ อำเภอปลวกแดง (ตัวอย่างที่ 12)
ชลบุรี	11. บ้านห้วยมะระ ตำบลหนองเสือช้างอำเภอหนองใหญ่ (ตัวอย่างที่ 13) 12. บ้านเฉลิมลาภ ตำบลหนองเสือช้าง อำเภอหนองใหญ่ (ตัวอย่างที่ 14) 13. บ้านหนองชาก ตำบลหนองชากอำเภอบ้านบึง(ตัวอย่างที่ 15)

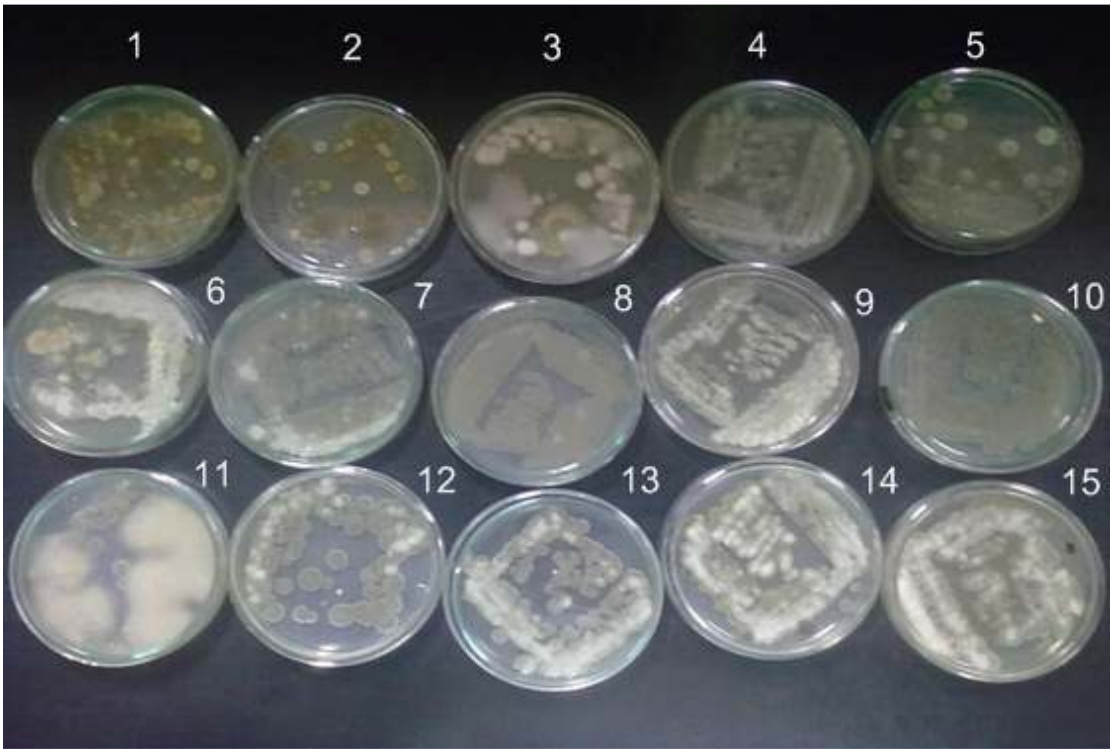


ภาพที่ 4.1 จานอาหารเลี้ยงเชื้อจากตัวอย่างน้ำยางข้นโดยวิธีการ spread plate (ก) และวิธีการ streak plate(ข)

ผลจากการแยกราจากน้ำยางข้นโดยวิธีการ spread plate และวิธีการ streak plate นั้น ไม่พบการเจริญของราในจานอาหารเลี้ยงเชื้อที่ใช้แยกตัวอย่างน้ำยางข้น เนื่องจากในตัวอย่างน้ำยางที่ทำการเก็บเพื่อนำมาศึกษานั้น เป็นตัวอย่างน้ำยางข้นชนิด High Ammonia (HA) ที่ได้มาจากการเติมสารละลายแอมโมเนียในปริมาณ 0.7% ลงในน้ำยางแล้วปั่นเหวี่ยง (centifuge) ตามปกติ ก่อนนำน้ำยางสดมาผลิตเป็นน้ำยางข้นก็มีการเติมแอมโมเนียอยู่แล้วเพื่อรักษาสภาพน้ำยางไม่ให้เกิดการจับตัวกันเป็นก้อนแอมโมเนียจึงเข้มข้นมาก คาดว่าจะเป็นสาเหตุให้ไม่พบจุลินทรีย์ในน้ำยางข้นซึ่งจากการศึกษาไม่พบราในน้ำยางข้นสอดคล้องกับงานวิจัยของ Santipanusopon และRiyajan (2009) ที่กล่าวว่าแอมโมเนียเป็นสารที่ใช้สำหรับรักษาสภาพสามารถใช้ในการเก็บรักษาสภาพทั้งน้ำยางสดและน้ำยางข้นเนื่องจากแอมโมเนียที่ใช้รักษาสภาพน้ำยางนั้นมีฤทธิ์เป็นด่างตามมาตรฐานน้ำยางข้นชนิด High Ammonia (HA) ค่าความเป็นด่างในรูปแอมโมเนียอยู่ที่ 9.5-10.5 ในขณะที่ค่าความเป็นกรด-ด่างที่เหมาะสมของแบคทีเรียคือ 6.5-7.5และราคือ 3.8-5.6 (นงลักษณ์ สุวรรณพินิจ และปรีชา สุวรรณพินิจ, 2547) ฉะนั้นจึงทำให้แบคทีเรียและราไม่สามารถเจริญอยู่ในน้ำยางข้นได้

4.2.2 การแยกราจากยางแผ่นดิบ

จากตัวอย่างยางแผ่นดิบจำนวน 15 ตัวอย่างที่พบคือ รา จำนวน 23 ไอโซเลต ดังแสดงในภาพที่ 4.2

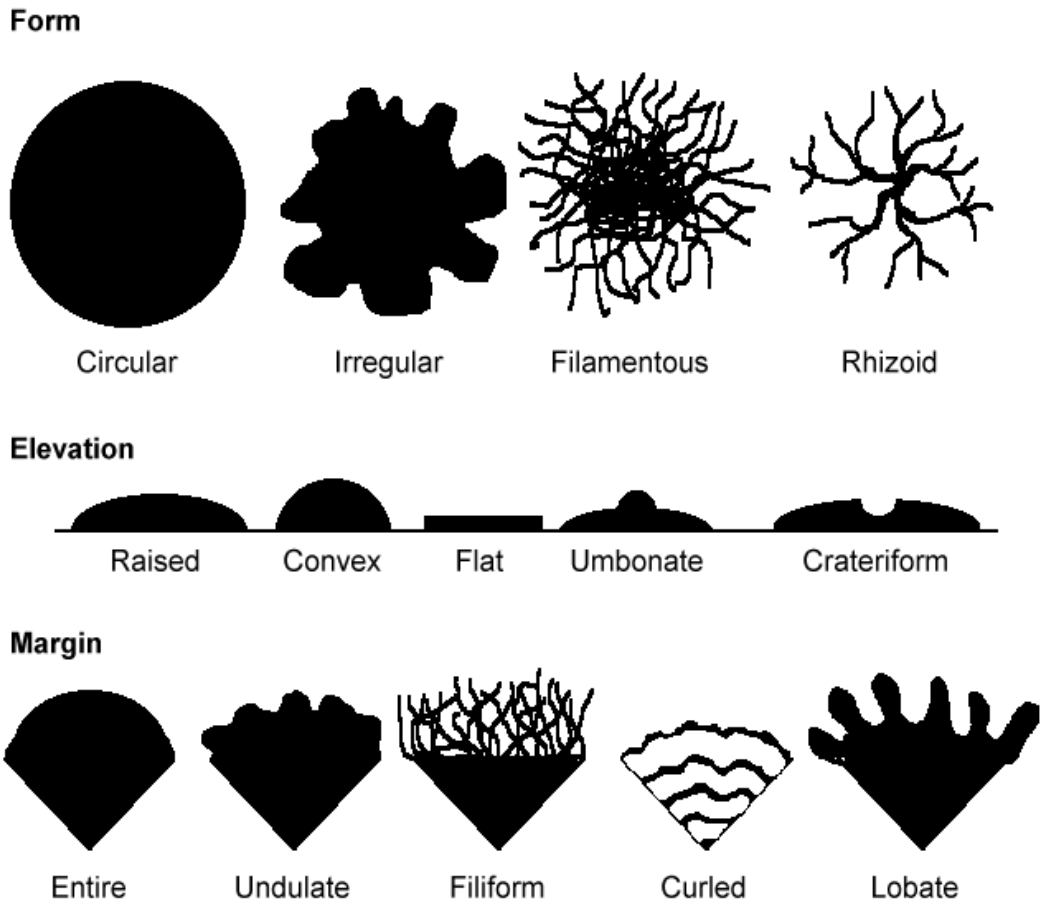


ภาพที่ 4.2 ลักษณะโคโลนีบนจานอาหารเลี้ยงเชื้อจำนวน 15 ตัวอย่าง
หมายเหตุ: หมายเลขที่แสดง คือ หมายเลขตัวอย่างของยางแผ่นดิบ

4.2.3 การคัดเลือกราที่มีลักษณะโคโลนีแตกต่างกัน

จากการแยกราจากยางแผ่นดิบ จุลินทรีย์ที่พบคือ รา ทำการสังเกตลักษณะโคโลนีบนจานอาหารเลี้ยงเชื้อ potato dextrose agar (PDA) ในแต่ละตัวอย่างยางแผ่นดิบ และคัดเลือกราที่มีลักษณะโคโลนีแตกต่างกัน จากนั้นทำการแยกเชื้อให้บริสุทธิ์ หลังจากได้ทำการแยกเชื้อจนได้เชื้อที่บริสุทธิ์แล้ว บันทึกลักษณะของโคโลนี โดยใช้ภาพที่ 4.3 ในการเปรียบเทียบรูปร่างโคโลนี การยกตัว และขอบโคโลนี ในการระบุลักษณะของเชื้อ จากการแยกราที่มีโคโลนีลักษณะต่างๆแสดง

ลักษณะโคโลนีของราที่แยกได้จากตัวอย่างยางแผ่นดิบบนอาหารเลี้ยงเชื้อทั้งหมด 23 ไอโซเลต ดังแสดงในตารางที่ 4.2



ภาพที่ 4.3 แผนภาพแสดงลักษณะของโคโลนีรา

ที่มา: Leung and Liu (2012)

ตารางที่ 4.2 แสดงลักษณะโคโลนีราที่แยกได้จากตัวอย่างยางแผ่นดิบ

ตัวอย่าง	ลักษณะโคโลนีของรา				
	สีโคโลนีหรือสปอร์	**รูปร่างโคโลนี**	**การยกตัว**	**ขอบโคโลนี**	**ลักษณะพื้นผิว**
ตัวอย่างที่1					
ลักษณะโคโลนีไอโซเลต 1	โคโลนีสีเขียวมะกอก	circular	flat	entire	กำมะหยี่
ลักษณะโคโลนีไอโซเลต 2	โคโลนีสีเขียว	circular	flat	filiform	ฝุ่นผง
ลักษณะโคโลนีไอโซเลต 3	โคโลนีสีเขียวมะกอกเข้ม	circular	raised	entire	ฝุ่นผง
ตัวอย่างที่ 2					
ลักษณะโคโลนีไอโซเลต 1	โคโลนีสีเขียว	circular	flat	filiform	ฝุ่นผง
ลักษณะโคโลนีไอโซเลต 2	โคโลนีสีเขียวอ่อน	circular	raised	entire	กำมะหยี่
ลักษณะโคโลนีไอโซเลต 3	โคโลนีสีเขียวมะกอก	circular	flat	entire	กำมะหยี่
ตัวอย่างที่ 3					
ลักษณะโคโลนีไอโซเลต 1	โคโลนีสีเขียวมะกอก	circular	flat	entire	กำมะหยี่
ตัวอย่างที่ 4					
ลักษณะโคโลนีไอโซเลต 1	โคโลนีสีเขียวมะกอก	circular	flat	entire	กำมะหยี่
ตัวอย่างที่ 5					
ลักษณะโคโลนีไอโซเลต 1	โคโลนีสีเขียวมะกอก	circular	umbonate	entire	ปุยฝ้าย

ตารางที่ 4.2 แสดงลักษณะโคโลนีราที่แยกได้จากตัวอย่างยางแผ่นดิบ (ต่อ1)

ตัวอย่าง	ลักษณะโคโลนีของรา				
	สีโคโลนีหรือสปอร์	**รูปร่างโคโลนี**	**การยกตัว**	**ขอบโคโลนี**	**ลักษณะพื้นผิว**
ตัวอย่างที่6					
ลักษณะโคโลนีไอโซเลต 1	เส้นใยขาว สปอร์สีเขียวอ่อน	กลม	raised	entire	ฝุ่นผง
ลักษณะโคโลนีไอโซเลต 2	โคโลนีสีเขียวเข้ม	circular	flat	filiform	ฝุ่นผง
ตัวอย่างที่ 7					
ลักษณะโคโลนีไอโซเลต 1	โคโลนีสีเขียวมะกอก	circular	flat	entire	กำมะหยี่
ตัวอย่างที่ 8					
ลักษณะโคโลนีไอโซเลต 1	โคโลนีสีเขียวมะกอก	circular	flat	entire	กำมะหยี่
ตัวอย่างที่ 9					
ลักษณะโคโลนีไอโซเลต 1	โคโลนีสีเขียวเข้ม	circular	flat	filiform	ฝุ่นผง
ลักษณะโคโลนีไอโซเลต 2	โคโลนีสีเขียวมะกอก	circular	flat	entire	กำมะหยี่
ตัวอย่างที่ 10					
ลักษณะโคโลนีไอโซเลต 1	โคโลนีสีเขียวมะกอก	circular	flat	entire	กำมะหยี่
ตัวอย่างที่ 11					
ลักษณะโคโลนีไอโซเลต 1	โคโลนีสีเขียวมะกอก	circular	flat	entire	กำมะหยี่

ตารางที่ 4.2 แสดงลักษณะโคโลนีราที่แยกได้จากตัวอย่างยางแผ่นดิบ (ต่อ2)

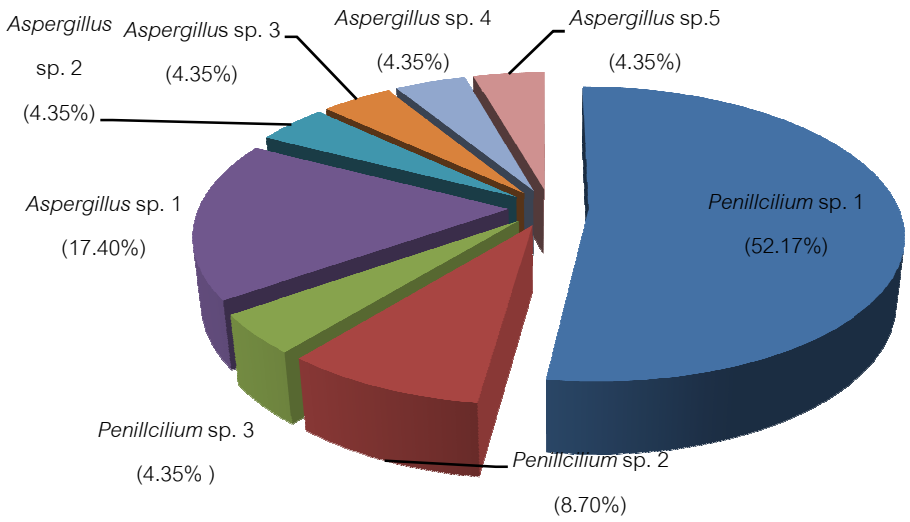
ตัวอย่าง	ลักษณะโคโลนีของรา				
	สีโคโลนีหรือสปอร์	**รูปร่างโคโลนี**	**การยกตัว**	**ขอบโคโลนี**	**ลักษณะพื้นผิว**
ตัวอย่างที่12					
ลักษณะโคโลนีไอโซเลต 1	โคโลนีสีเขียวมะกอก	circular	flat	entire	กำมะหยี่
ตัวอย่างที่ 13					
ลักษณะโคโลนีไอโซเลต 1	โคโลนีสีเขียวมะกอก	circular	flat	entire	กำมะหยี่
ตัวอย่างที่ 14					
ลักษณะโคโลนีไอโซเลต 1	สปอร์ดำ	circular	flat	filiform	ฝุ่นผง
ลักษณะโคโลนีไอโซเลต 2	โคโลนีสีเขียว	circular	flat	filiform	ฝุ่นผง
ตัวอย่างที่ 15					
ลักษณะโคโลนีไอโซเลต 1	โคโลนีสีเขียวอ่อน	circular	raised	entire	กำมะหยี่
ลักษณะโคโลนีไอโซเลต 2	โคโลนีสีเขียวมะกอก	circular	flat	entire	กำมะหยี่

4.2.4 ผลการจำแนกราและการระบุสกุล

ผลการแยกราจากยางแผ่นดิบจำนวน 15 ตัวอย่าง นำราที่มีลักษณะโคโลนีที่ไม่ซ้ำกันมาจำแนกระบุสกุล ตามลักษณะโครงสร้างต่างๆของราภายใต้กล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 40x สามารถจำแนกได้ 8 สายพันธุ์ ได้แก่ *Penicillium* sp. 3 สายพันธุ์ และ*Aspergillus* sp. 5 สายพันธุ์ดังแสดงในตารางที่ 4.3 ซึ่งราที่พบในตัวอย่างยางแผ่นดิบคือ *Penicillium* sp.1 (P1), *Penicillium* sp.2 (P2) และ*Penicillium* sp.3 (P3) คิดเป็น 52.17, 8.70 และ4.35% ตามลำดับ *Aspergillus* sp.1 (AS1), *Aspergillus* sp.2 (AS2), *Aspergillus* sp.3 (AS3), *Aspergillus* sp.4 (AS4)และ*Aspergillus* sp.5 (AS5) 17.40,4.35,4.35,4.35 และ4.35%ตามลำดับ ดังแสดงในภาพที่ 4.4 เช่นเดียวกับการศึกษาของ ณพรัตน์ วิชิตชลชัย (2536) ได้ทำการสำรวจชนิดของเชื้อราบนยางแผ่นดิบ ในภาคตะวันออกและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เชื้อราบนยางแผ่นดิบเป็นสกุล *Aspergillus* sp. และ*Penicillium* sp. และสอดคล้องกับงานวิจัยของ Linos และSteinbüche (2001) ที่รายงานเชื้อที่เจริญได้บนยางแผ่นและเป็นสาเหตุทำให้ยางธรรมชาติเสียสภาพนั้นคือ *Aspergillus*และ*Penicillium* นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับการศึกษาของกับ อรัญ หันพงศ์กิตติกูล และคณะ (2552) ที่พบราบนยางแผ่นส่วนใหญ่คือ *Penicillium* และ*Aspergillus*, คิดเป็น 31.3 และ23.3% ตามลำดับจากการแยกเชื้อราบนยางแผ่น 150 ไอโซเลต ใน 9 สกุล ดังแสดงในตารางที่ 4.4 ดังนั้นจะเห็นได้ว่า *Penicillium* sp. และ*Aspergillus* sp.เป็นราที่ขึ้นบนยางแผ่นซึ่งมีการศึกษาและพบรา 2 สกุลนี้โดยส่วนใหญ่และผลจากการศึกษาลักษณะของโคโลนีและโครงสร้างของราภายใต้กล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 40 เท่าแสดงผลดังในตารางที่ 4.5-4.12

ตารางที่ 4.3 แสดงราที่พบบนตัวอย่างยางแผ่นดิบและรหัสที่กำหนด

ตัวอย่างยางแผ่นดิบ	**จุลินทรีย์ที่พบ**	**รหัส**
ตัวอย่างที่ 1	*Penicillium*sp. 1	(P1)
	*Aspergillus*sp. 1	(AS1)
	*Aspergillus*sp. 2	(AS2)
ตัวอย่างที่ 2	*Aspergillus*sp. 1	(AS1)
	*Penicillium*sp. 2	(P2)
	*Penicillium*sp. 1	(P1)
ตัวอย่างที่ 3	*Penicillium*sp. 1	(P1)
ตัวอย่างที่ 4	*Penicillium*sp. 1	(P1)
ตัวอย่างที่ 5	*Penicillium*sp. 3	(P3)
ตัวอย่างที่ 6	*Aspergillus*sp. 3	(AS3)
	*Aspergillus*sp. 4	(AS4)
ตัวอย่างที่ 7	*Penicillium*sp. 1	(P1)
ตัวอย่างที่ 8	*Penicillium*sp. 1	(P1)
ตัวอย่างที่ 9	*Aspergillus*sp. 4	(AS1)
	*Penicillium*sp. 1	(P1)
ตัวอย่างที่ 10	*Penicillium*sp. 1	(P1)
ตัวอย่างที่ 11	*Penicillium*sp. 1	(P1)
ตัวอย่างที่ 12	*Penicillium*sp. 1	(P1)
ตัวอย่างที่ 13	*Penicillium*sp. 1	(P1)
ตัวอย่างที่ 14	*Aspergillus*sp. 5	(AS5)
	*Aspergillus*sp. 1	(AS1)
ตัวอย่างที่ 15	*Penicillium*sp. 2	(P2)
	*Penicillium*sp. 1	(P1)

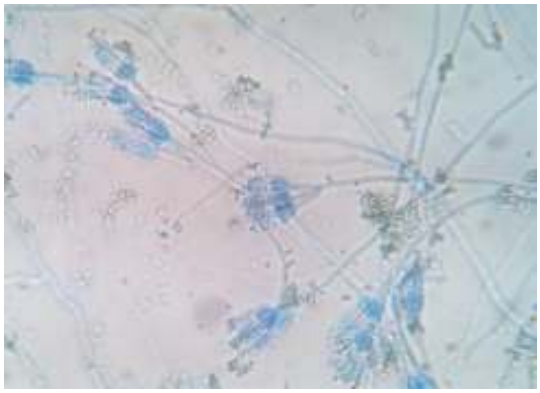


ภาพที่ 4.4 กราฟจำนวนราคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ที่พบในแต่ละสายพันธุ์ของตัวอย่างยางแผ่นดิบ

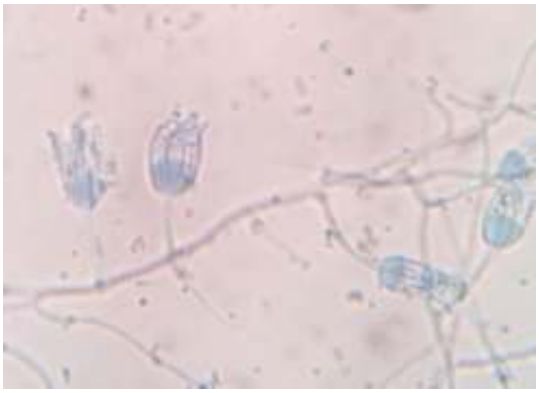
ตารางที่ 4.4 แสดงราที่พบบนยางแผ่นดิบจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ชื่อผู้พบ (อ้างอิง)	ราที่พบ (%)
ณพรัตน์ วิชิตชลชัย และคณะ (2536)	*Aspergillus* sp. *Penicillium* sp. *Fusarium* sp.
ยอดธง ใบมาก และคณะ (2549)	*Penicillium griseofulvum*
อรัญ หันพงศ์กิตติกูลและคณะ (2552)	*Aspergillus* 31.3% *Penicillium* 23.3% *Cladosporium* 5.3% *Rhizopus* 2.7% *Mucor* 1.3% *Geotrichum* 1.3% *Trichoderma* 1.3% *Tritirachium* 0.7%
Linosและ Steinbüche (2001)	*Aspergillus* sp. *Penicillium* sp.

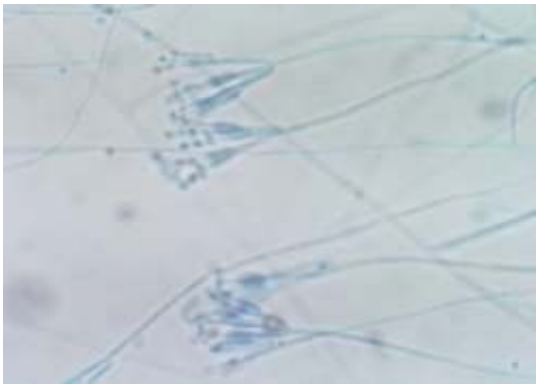
ตารางที่ 4.5 แสดงภาพโครงสร้างภายใต้กล้องจุลทรรศน์และลักษณะโคโลนีของ *Penicillium*sp. 1

สกุล	**ภาพโครงสร้างภายใต้กล้องจุลทรรศน์และลักษณะโคโลนี**
Penicillium sp. 1	ภาพภายใต้กล้องจุลทรรศน์กำลังขยาย 40เท่า 
	ภาพโคโลนีบนอาหาร DRBC ลักษณะบน PDA: โคโลนีสีเขียวมะกอก/circular/flat/entire/กำมะหยี่ ลักษณะบน DRBC: โคโลนีสีเขียวอมฟ้า/circular/flat/entire/กำมะหยี่

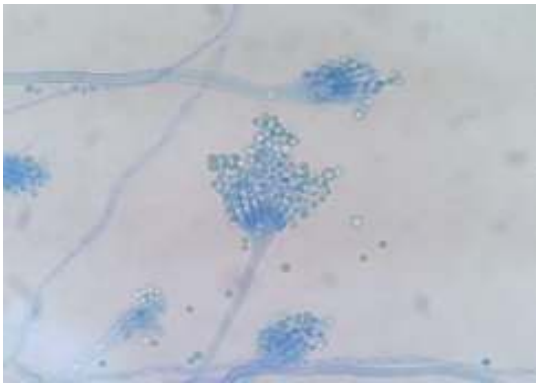
ตารางที่ 4.6 แสดงภาพโครงสร้างภายใต้กล้องจุลทรรศน์และลักษณะโคโลนีของ *Penicillium* sp. 2

สกุล	ภาพโครงสร้างภายใต้กล้องจุลทรรศน์และลักษณะโคโลนี
Penicillium sp. 2	ภาพภายใต้กล้องจุลทรรศน์กำลังขยาย 40 เท่า 
	ภาพโคโลนีบนอาหาร DRBC ลักษณะบน PDA: โคลีนีสีเขียวอ่อน/circular/raised/entire/กำมะหยี่ ลักษณะบน DRBC: เส้นใยฟูขาว สปอร์เหลือง อ่อน/circular/raised/entire/กำมะหยี่

ตารางที่ 4.7 แสดงภาพโครงสร้างภายใต้กล้องจุลทรรศน์และลักษณะโคโลนีของ *Penicillium* sp. 3

สกุล	**ภาพโครงสร้างภายใต้กล้องจุลทรรศน์และลักษณะโคโลนี**
*Penicillium*sp. 3	ภาพภายใต้กล้องจุลทรรศน์กำลังขยาย 40 เท่า 
	ภาพโคโลนีบนอาหาร DRBC ลักษณะบน PDA: โคโลนีเขียวมะกอก/circular/umbonate/entire/ปุยฝ้าย ลักษณะบน DRBC: เส้นใยขาว สปอร์เขียวอ่อน/circular/umbonate/entire/กำมะหยี่

ตารางที่ 4.8 แสดงภาพโครงสร้างภายใต้กล้องจุลทรรศน์และลักษณะโคโลนีของ *Aspergillus* sp. 1

สกุล	ภาพโครงสร้างภายใต้กล้องจุลทรรศน์และลักษณะโคโลนี
*Aspergillus*sp. 1	ภาพภายใต้กล้องจุลทรรศน์กำลังขยาย 40 เท่า 
	ภาพโคโลนีบนอาหาร DRBC ลักษณะบน PDA: โคโลนีสีเขียว/circular/flat/filiform/ฝุ่นผง ลักษณะบน DRBC: โคโลนีสีเหลืองอ่อน/circular/flat/filiform/ฝุ่นผง

ตารางที่ 4.9 แสดงภาพโครงสร้างภายใต้กล้องจุลทรรศน์และลักษณะโคโลนีของ *Aspergillus* sp. 2

สกุล	ภาพโครงสร้างภายใต้กล้องจุลทรรศน์และลักษณะโคโลนี
Aspergillus sp. 2	ภาพภายใต้กล้องจุลทรรศน์กำลังขยาย 40 เท่า
	ภาพโคโลนีบนอาหาร DRBC ลักษณะบน PDA: โคโลนีสีเขียวมะกอกเข้ม/circular/raised/filiform/ฝุ่นผง ลักษณะบน DRBC: โคโลนีสีเหลืองเข้ม/circular/raised/filiform/ฝุ่นผง

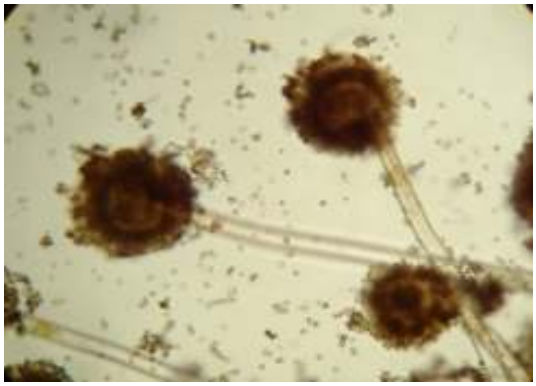
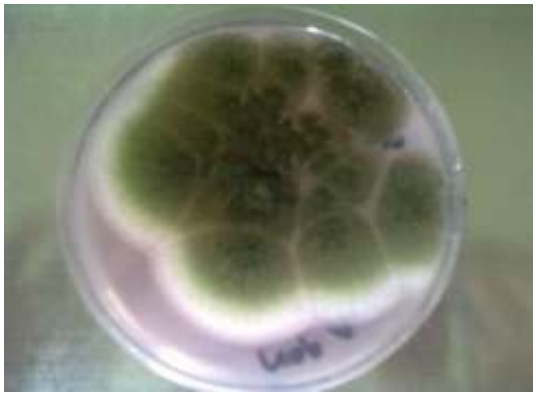
ตารางที่ 4.10 แสดงภาพโครงสร้างภายใต้กล้องจุลทรรศน์และลักษณะโคโลนีของ *Aspergillus* sp. 3

สกุล	ภาพโครงสร้างภายใต้กล้องจุลทรรศน์และลักษณะโคโลนี
*Aspergillus*sp. 3	ภาพภายใต้กล้องจุลทรรศน์กำลังขยาย 40 เท่า
	ภาพโคโลนีบนอาหาร DRBC ลักษณะบน PDA: เส้นใยขาว สปอร์สีเขียวอ่อน/circular/raised/ entire/ ฝุ่นผง ลักษณะบน DRBC: เส้นใยขาว สปอร์เหลืองอ่อน/circular/raised/ entire/ฝุ่นผง

ตารางที่ 4.11 แสดงภาพโครงสร้างภายใต้กล้องจุลทรรศน์และลักษณะโคโลนีของ *Aspergillus* sp. 4

สกุล	ภาพโครงสร้างภายใต้กล้องจุลทรรศน์และลักษณะโคโลนี
Aspergillus sp. 4	ภาพภายใต้กล้องจุลทรรศน์กำลังขยาย 40 เท่า
	ภาพโคโลนีบนอาหาร DRBC ลักษณะบน PDA: โคโลนีเขียวเข้ม/circular/flat/filiform/ฝุ่นผง ลักษณะบน DRBC: โคโลนีสีเหลือง/circular/flat/filiform/ฝุ่นผง

ตารางที่ 4.12 แสดงภาพโครงสร้างภายใต้กล้องจุลทรรศน์และลักษณะโคโลนีของ *Aspergillus* sp. 5

สกุล	ภาพโครงสร้างภายใต้กล้องจุลทรรศน์และลักษณะโคโลนี
Aspergillus sp. 5	ภาพภายใต้กล้องจุลทรรศน์กำลังขยาย 40 เท่า 
	ภาพโคโลนีบนอาหาร DRBC  ลักษณะบน PDA: สปอร์สีดำ/circular/flat/filiform/ฝุ่นผง ลักษณะบน DRBC: สปอร์เขียวเข้มเกือบดำ/circular/flat/filiform/ฝุ่นผง

4.3 การทดสอบสารเคมีที่ใช้ยับยั้งรา

4.3.1 การทดสอบหาความเข้มข้นของสารเคมี

เนื่องจาก *Penicillium* sp.1(P1) เป็นสายพันธุ์ที่พบจากการแยกราจากตัวอย่างยางแผ่นดิบมากที่สุด จึงนำมาทดสอบเพื่อหาความเข้มข้นของสารเคมีที่เหมาะสมที่สุดของสารเคมีโดยทำการคัดเลือกสารเคมี 6 ชนิด ได้แก่โซเดียมซอร์เบต (sodium sorbate) (SS), โซเดียมเปอร์บอเรต(sodium perborate) (SP), โซเดียมดีไฮโดรอะซิเตต (sodium dehydroacetate) (SD), สาร A (ภาคผนวกที่ ค1), เอทิลแอลกอฮอล์ (ethyl alcohol) (AL) และสาร B (ภาคผนวกที่ ค 2) เพื่อใช้ยับยั้งการเจริญของราที่ขึ้นบนยางแผ่นดิบ ทดสอบหาความเข้มข้นของสารเคมีที่เหมาะสมโดยแปรผันความเข้มข้นของสารเคมีแต่ละชนิด ดังแสดงในตารางที่ 4.13 และทำการแปรผันความเข้มข้นของสาร A และสาร B เป็นอัตราส่วนตามฉลากผลิตภัณฑ์ทางการค้า ส่วนเอทิลแอลกอฮอล์(ethyl alcohol) (AL)โดยทั่วไปมักใช้ความเข้มข้น 70% ซึ่งเป็นความเข้มข้นที่ใช้ในการทำลายเชื้อ (นงลักษณ์ สุวรรณพินิจ และปรีชา สุวรรณพินิจ, 2547) หาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางบริเวณใส (clear zone) โดยทำการอ่านผลการยับยั้งจากค่าเฉลี่ยขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางบริเวณใส (clear zone) เป็นเวลา 7 วันผลของค่าเฉลี่ยขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางบริเวณใส (clear zone)ดังแสดงในตารางที่ 4.14 และแสดงในภาพผนวกที่ ง 1- ง 8 พบว่าความเข้มข้นของสารเคมีที่เหมาะสมในการยับยั้งการเจริญของราบนยางแผ่นดิบซึ่งเป็นความเข้มข้นต่ำสุดคือโซเดียมซอร์เบต (sodium sorbate) (SS) 5% (โดยมวลต่อปริมาตร), โซเดียมเปอร์บอเรต (sodium perborate)(SP) 2% (โดยมวลต่อปริมาตร), โซเดียมดีไฮโดรอะซิเตต (sodium dehydroacetate)(SD) 0.2% (โดยมวลต่อปริมาตร)ความเข้มข้นเป็นอัตราส่วนตามฉลากผลิตภัณฑ์ทางการค้าคือสาร A 4.2%(โดยปริมาตร) และสาร B 100%(โดยปริมาตร)ส่วนเอทิลแอลกอฮอล์ (ethyl alcohol) (AL) 70% (โดยปริมาตร) จากตารางที่ 4.14จะเห็นได้ว่าความเข้มข้นของสารเคมีสำหรับยับยั้งการเจริญของราจากค่าเฉลี่ยขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางบริเวณใส (clear zone)พบว่ามีสารเคมี 4 ชนิดที่มีขนาดเกิน 15 มิลลิเมตรคือ สาร B,สาร A, โซเดียมดีไฮโดรอะซิเตต และโซเดียมเปอร์บอเรต เมื่อเปรียบเทียบราคาต้นทุนของสารเคมีจะเห็นได้ว่า สารเคมี 4 ชนิดนี้ล้วนมีราคาต้นทุนของสารเคมีที่ต่ำ จึงเลือกสารเคมีทั้ง 4 ชนิดมาศึกษาต่อไป

ตารางที่ 4.13 การแปรผันความเข้มข้นของสารเคมี

สารเคมี	**ความเข้มข้น(%โดยมวลต่อปริมาตร)**									
	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	5.0
โซเดียมซอร์เบต	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
โซเดียมเปอร์บอเรต	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+
โซเดียมดีไฮโดรอะซิเตต	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+

หมายเหตุ:

– ไม่เกิดเส้นผ่านศูนย์กลางบริเวณใส (clear zone)

+ เกิดเส้นผ่านศูนย์กลางบริเวณใส (clear zone)

ตารางที่ 4.14 แสดงปริมาณต่อต้นทุนของสารเคมีและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางบริเวณใส

สารเคมี	**ปริมาณที่เตรียมให้เป็น 10 มล.**	**ราคา/10 มล. (บาท)**	**ราคา/ มล. (บาท)**	**ค่าเฉลี่ยขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (มม.)**
ตัวควบคุม (น้ำ)(มล.)	10	-	-	-
สาร B (มล.)	10	0.5	0.05	25.3±0.5
สาร A (มล.)	0.42	0.1	0.01	19.7±0.5
โซเดียมดีไฮโดรอะซิเตต(ก.)	0.02	1.65	0.165	16.7±0.5
โซเดียมเปอร์บอเรต (ก.)	0.2	0.37	0.037	16±1.5
เอทิลแอลกอฮอล์ (มล.)	7.36	0.33	0.033	12.7±0.5
โซเดียมซอร์เบต (ก.)	0.5	52.22	5.222	9±0

4.3.2 การทดสอบคุณภาพยางกับสารเคมี

เพื่อให้แน่ใจว่าสารเคมีที่เลือกใช้ไม่ก่อผลเสียกับคุณภาพยางแผ่นดิบ นำสารเคมีที่คัดไว้ 4 ชนิด ทดลองตามวิธีข้อที่ 3.3.5 นำไปทดสอบค่าความแข็งแรงของยางด้วยเครื่อง Universal Testing Machine คุณภาพของยางดูจากค่าความแข็งแรงของยาง (Max.Stress) ยางมีค่า Max.Stress จากแรงดึงมาก ยางก็มีความแข็งแรงมากขึ้นตามไปด้วย พบว่าความแข็งแรงของยางผลที่ได้ดังแสดงในตารางที่ 4.15 (ภาคผนวกที่ จ 1-จ 5) ซึ่งจากตารางพบว่ายางแผ่นดิบที่แช่ด้วยสาร A ความเข้มข้น 4.2% (โดยปริมาตร) และสาร B ความเข้มข้น 100% (โดยปริมาตร) มีค่าความแข็งแรงของยางลดลง แต่ยางแผ่นดิบที่แช่ด้วยโซเดียมดีไฮโดรอะซิเตต ความเข้มข้น 0.2% (โดยมวลต่อปริมาตร) และโซเดียมเปอร์บอเรต ความเข้มข้น 2% (โดยมวลต่อปริมาตร) มีค่าความแข็งแรงสูง จากผลการทดสอบคุณภาพของยางแผ่นที่แช่ด้วยสารเคมีจะมียางแผ่นที่ความแข็งแรงลดลงและมากขึ้นซึ่งคุณภาพของยางเปลี่ยนไปจากการที่แช่ยางแผ่นเป็นเวลา 7 วันโดยความเป็นจริงแล้วไม่ใช่วิธีการที่ใช้ในอุตสาหกรรมจริงแต่ทดสอบเพื่อดูผลของคุณภาพยางที่เปลี่ยนแปลงไป ซึ่งในการทดลองจริงนั้นจะมีการแช่ยางแผ่นดิบในเวลาที่น้อยกว่าสารเคมีที่ใช้อาจจะไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของยางแผ่น ผลจากการแช่ยางแผ่นด้วยสารเคมีนั้นจะมีสารที่ทำให้ยางแผ่นแข็งแรงลดลงและสารที่ทำให้ยางแผ่นแข็งแรงมากขึ้น เพื่อให้ยางมีคุณภาพตามธรรมชาติมากที่สุด จึงนำสารเคมีทั้ง 4 ชนิดมาผสมกัน เพื่อหาสารเคมีที่สามารถทำให้คุณภาพเหมือนเดิมในขณะสามารถยับยั้งราได้ดี

ตารางที่ 4.15 แสดงคุณภาพของยางกับสารเคมี

สารเคมี	ค่าความแข็งแรงของยาง (Max.Stress) kgf/mm^2	ความเปลี่ยนแปลงของยาง (%)
Control (ตัวควบคุม)	0.0559	-
สาร A 4.2%(โดยปริมาตร)	0.0421	24.69
สาร B100%(โดยปริมาตร)	0.0423	24.32
โซเดียมดีไฮโดรอะซิเตต 0.2%(โดยมวลต่อปริมาตร)	0.1382	147.23
โซเดียมเปอร์บอเรต2% (โดยมวลต่อปริมาตร)	0.1706	205.18

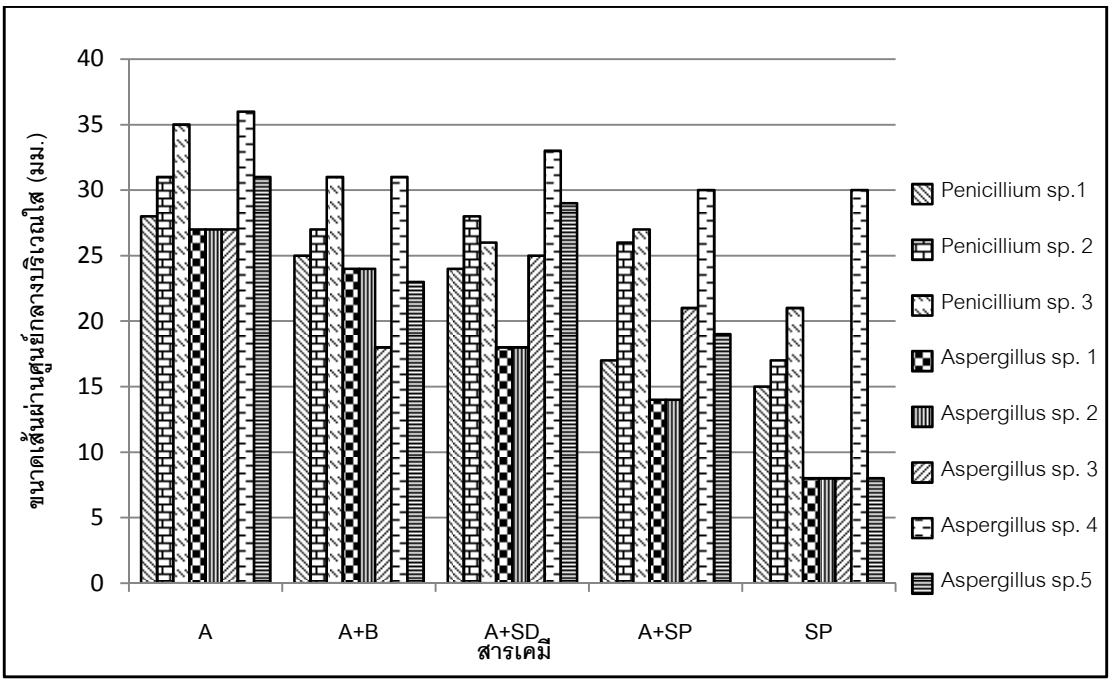
4.3.3 การพัฒนาสารเคมีสำหรับยับยั้งการเจริญของรา

นำสารเคมีที่คัดเลือกไว้ 4 ชนิดได้แก่ สาร A 4.2% (โดยปริมาตร), สาร B 100% (โดยปริมาตร),โซเดียมดิไฮโดรอะซิเตต (sodium dehydroacetate) (SD) 0.2% (โดยมวลต่อปริมาตร) และโซเดียมเปอร์บอเรต (sodium perborate) (SP) 2% (โดยมวลต่อปริมาตร) มาผสมกันในอัตราส่วน 1:1 และนำสารเคมีกำหนดรหัสสารเคมีดังแสดงในตารางที่ 4.16

ตารางที่ 4.16 สารเคมีที่ใช้สำหรับพัฒนาสารเคมีเพื่อยับยั้งการเจริญของรา

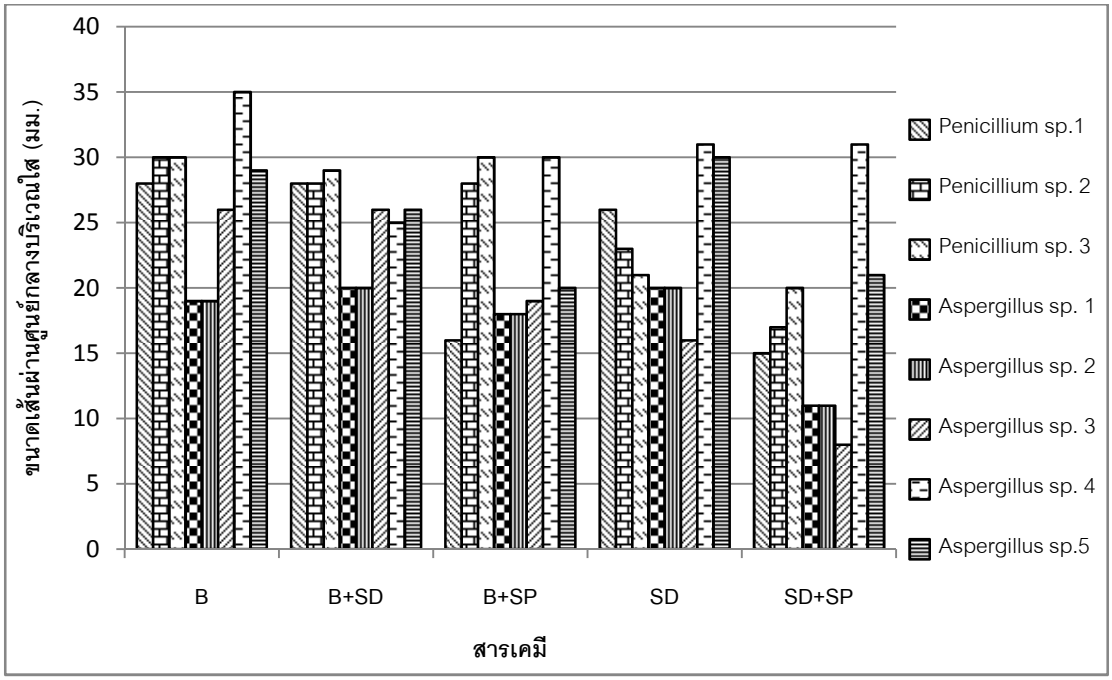
สารเคมี	**รหัส**
สาร A	A
สาร A กับ สาร B	A+B
สาร A กับ โซเดียมดิไฮโดรอะซิเตต (sodium dehydroacetate)	A+SD
สาร A กับโซเดียมเปอร์บอเรต (sodium perborate)	A+SP
สาร B	B
สาร Bกับ โซเดียมดิไฮโดรอะซิเตต (sodium dehydroacetate)	B+SD
สาร Bกับ โซเดียมเปอร์บอเรต (sodium perborate)	B+SP
โซเดียมดิไฮโดรอะซิเตต	SD
โซเดียมดิไฮโดรอะซิเตต (sodium dehydroacetate)กับ โซเดียมเปอร์บอเรต (sodium perborate)	SD+SP
โซเดียมเปอร์บอเรต (sodium perborate)	SP

เมื่อนำสารผสมจากตารางที่ 4.16 ที่กล่าวมาแล้วมาทดสอบประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของราทดลองตามวิธีข้อที่ 3.3.5 แต่อ่านค่าขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางบริเวณใส (clear zone) ที่ 24 ชั่วโมง ทดสอบกับ *Penicillium sp.* 3 สายพันธุ์ และ *Aspergillus sp.* 5 สายพันธุ์ โดยปกติจะอ่านค่าขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางบริเวณใส(clear zone)เป็นเวลา 7 วัน เพราะในกระบวนการผลิตยางแผ่นดิบจะมีขั้นตอนการผลิตใน 7 วัน ซึ่งการทดลองก่อนหน้านี้พบว่าการอ่านผลการทดลอง 7 วันสามารถยับยั้งการเจริญของราได้ จึงได้ทำการทดลองเป็นเวลา 1 วันเพื่อที่จะได้อ่านผลการทดลองได้เร็วขึ้น ผลการทดลองแสดงในภาพที่ 4.5 และ 4.6 (ภาพผนวกที่ ง 9- ง 16) พบว่าสาร A ความเข้มข้น 4.2% (โดยปริมาตร) ยับยั้งราทุกสายพันธุ์ที่ทดสอบได้มากที่สุด (เกิน 25 มิลลิเมตร)



ภาพที่ 4.5 กราฟเปรียบเทียบขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของสารเคมี (1)

.



ภาพที่ 4.6 กราฟเปรียบเทียบขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของสารเคมี (2)

4.4 การทดสอบสารเคมีที่ใช้ยับยั้งราบนยางแผ่นดิบ

นำตัวอย่างยางแผ่นดิบปลอดเชื้อขนาด 5x7 เซนติเมตรมาแช่ด้วยน้ำเพื่อเป็นชุดควบคุมในการทดลองและทำการแช่ตัวอย่างยางแผ่นดิบด้วยสาร A ที่ ความเข้มข้น 4.2% (โดยปริมาตร) ทำการแช่ยางแผ่นดิบเป็นเวลา 20 นาทีและนำยางแผ่นดิบผึ่งให้แห้ง ทดลองตามวิธีข้อที่ 3.3.6 จากนั้นทำการเพาะราลงบนยางแผ่นดิบโดยการเกลี่ยสารละลายสปอร์ของรา *Penicillium* sp. 3 สายพันธุ์ และ*Aspergillus* sp. 5 สายพันธุ์ที่มีสปอร์ $0.2x10^6$ สปอร์ต่อแผ่นลงบนยางแผ่นดิบ โดยทำการทดลองตัวอย่างละ 3 ซ้ำ บ่มเป็นเวลา 7 วัน ประเมินการเจริญของรา ดังแสดงในตารางที่ 4.17 พบว่าสาร A สามารถยับยั้งการเจริญของราได้ 100% เป็นเวลา 7 วัน นำยางแผ่นดิบที่แช่ด้วยสาร A เป็นเวลา 20 นาที นำยางไปทดสอบความแข็งแรงของยางด้วยเครื่อง Universal Testing Machine พบว่าผลจากการนำไปทดสอบแรงดึงนั้นแสดงในตารางที่ 4.18 (ภาคผนวกที่ จ 6-จ 7) ซึ่งจากตารางจะเห็นว่าผลจากการแช่ตัวอย่างยางแผ่นดิบด้วยสาร A 4.2% (โดยปริมาตร) มีค่าความแข็งแรงของยางลดลง 5.26%

ฉะนั้นสรุปได้ว่าการทดสอบการยับยั้งราด้วยการแช่ยางแผ่นดิบด้วยสาร A ไม่มีการเจริญของราบนยางแผ่นดิบ แต่ในชุดควบคุมที่ทำการแช่ยางแผ่นดิบด้วยน้ำพบว่ามีการเจริญของราที่ทำการเพาะเชื้อลงไปในทุกตัวอย่าง สาร A ความเข้มข้น 4.2% (โดยปริมาตร) สามารถยับยั้งการเจริญของราทุกสายพันธุ์ที่ทดสอบได้ 100% เป็นเวลา 7 วัน (ภาพผนวกที่ ง 15-ง 22)

ตารางที่ 4.17 การเจริญของราบนยางแผ่นดิบชุดควบคุมและที่แช่สาร A

รา	การเจริญของราบนยางแผ่นดิบ													
	วันที่ 1		วันที่ 2		วันที่ 3		วันที่ 4		วันที่ 5		วันที่ 6		วันที่ 7	
	C	A	C	A	C	A	C	A	C	A	C	A	C	A
Penicillium sp.1	-	-	-	-	±	-	±	-	+	-	++	-	++	-
Penicillium sp.2	-	-	±	-	±	-	±	-	++	-	++	-	++	-
Penicillium sp.3	-	-	-	-	±	-	±	-	+	-	++	-	++	-
*Aspergillus*sp. 1	-	-	-	-	±	-	±	-	+	-	++	-	++	-
*Aspergillus*sp. 2	-	-	-	-	±	-	±	-	+	-	++	-	++	-
*Aspergillus*sp. 3	-	-	-	-	±	-	±	-	+	-	++	-	++	-
*Aspergillus*sp. 4	-	-	-	-	±	-	±	-	+	-	++	-	++	-
*Aspergillus*sp. 5	-	-	±	-	±	-	±	-	++	-	++	-	++	-

หมายเหตุ: C คือ ชุดควบคุม (control)

A คือ สาร A

- คือ ไม่มีการเจริญ

± คือ มีการเจริญเล็กน้อย

+ คือ มีการเจริญค่อนข้างมาก

++ คือ มีการเจริญมาก

ตารางที่ 4.18 แสดงคุณภาพของยางที่แช่ด้วยสาร A เป็นเวลา 20 นาที

สารเคมี	ค่าความแข็งแรงของยาง (Max.Stress) kgf/mm^2	ความเปลี่ยนแปลงของยาง (%)
Control (ตัวควบคุม)	0.0437	-
สาร A 4.2% (โดยปริมาตร)	0.0414	5.26

บทที่ 5
สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

1. การแยกราจากตัวอย่างน้ำยางข้นและยางแผ่นดิบ

1.1 ผลการแยกราจากน้ำยางข้นผลจากการแยกราจากน้ำยางข้นโดยวิธีการ spread plate และวิธีการ streak plate ไม่พบการเจริญของราในจานอาหารเลี้ยงเชื้อที่ใช้แยกตัวอย่างน้ำยางข้น เนื่องจากในตัวอย่างน้ำยางข้นมีการเติมแอมโมเนียเพื่อรักษาสภาพน้ำยางจึงทำให้ไม่สามารถแยกราในตัวอย่างน้ำยางข้น คาดว่าเป็นตัวอย่างน้ำยางข้นชนิด High Ammonia (HA)

1.2 ผลจากการแยกราจากยางแผ่นดิบจากการเก็บตัวอย่างยางแผ่นดิบที่มีราขึ้นจากตัวอย่างยางแผ่นดิบที่เก็บจากภาคใต้และภาคตะวันออกจำนวน 15 ตัวอย่างสามารถแยกราจำนวน 23 ไอโซเลต ทำการจำแนกราและระบุสกุล เป็นรา 8 สายพันธุ์ ได้แก่ *Penicillium* sp. 3 สายพันธุ์ และ*Aspergillus* sp. 5 สายพันธุ์

2. การทดสอบสารเคมีที่ใช้ยับยั้งรา

2.1 การทดสอบหาความเข้มข้นของสารเคมีพบว่าความเข้มข้นที่เหมาะสมในการยับยั้งการเจริญของราบนยางแผ่นดิบซึ่งเป็นความเข้มข้นต่ำสุดคือ

- โซเดียมซอร์เบต(sodium sorbate) (SS) 5% (โดยมวลต่อปริมาตร)
- โซเดียมเปอร์บอเรต (sodium perborate) (SP) 2% (โดยมวลต่อปริมาตร)
- โซเดียมดีไฮโดรอะซิเตต (sodium dehydroacetate) (SD) 0.2% (โดยมวลต่อปริมาตร)

ความเข้มข้นที่เป็นอัตราส่วนตามฉลากผลิตภัณฑ์ทางการค้าคือ

- สาร A 4.2% (โดยปริมาตร)
- สาร B 100% (โดยปริมาตร)
- เอทิลแอลกอฮอล์ (ethyl alcohol) (AL) 70% (โดยปริมาตร)

คัดสารเคมีที่สามารถยับยั้งการเจริญของราทำให้เกิดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางบริเวณใส (clear zone) ขว้างเกิน 15 มิลลิเมตรไว้ทดสอบต่อ 4 ชนิดได้แก่ สาร B, สาร A, โซเดียมดีไฮโดรอะซิเตต (sodium dehydroacetate) (SD), และโซเดียมเปอร์บอเรต (sodium perborate)

2.2 ผลของสารเคมีต่อความแข็งแรงของยางจากการทดลองแช่สารเคมีในยางแผ่นดิบเป็นเวลา 7 วันพบว่า สาร A และสาร B มีค่าความแข็งแรงของยางลดลง โซเดียมดีไฮโดรอะซิเตต (sodium dehydroacetate) (SD), และโซเดียมเปอร์บอเรต (sodium perborate) มีค่าความแข็งแรงของยางมากขึ้นและการพัฒนาสารเคมีสำหรับยับยั้งการเจริญของราผลจากการนำสารเคมี 4 ชนิดมาผสมกันในอัตราส่วน 1:1 ทำการทดสอบประสิทธิภาพของสารเคมีในการยับยั้งรา และตรวจสอบความเข้มข้นของสารเคมีพบว่าสาร A ความเข้มข้น 4.2% (โดยปริมาตร) เป็นสารและความเข้มข้นที่เหมาะสมในการนำไปทดสอบการยับยั้งราบนยางแผ่นดิบ

3. การทดสอบสารเคมีที่ใช้ยับยั้งราบนยางแผ่นดิบ

ผลจากการทดสอบสารเคมีที่ใช้ยับยั้งราบนยางแผ่นดิบด้วยการแช่ยางแผ่นดิบด้วยสาร A และทดสอบกับรา *Penicillium* sp.3 สายพันธุ์ และ*Aspergillus* sp. 5สายพันธุ์ พบว่าไม่มีราขึ้นบนตัวอย่างยางแผ่นดิบที่ทดสอบเลยเป็นเวลา 7 วัน โดยที่ความแข็งแรงของยางลดลง 5.26% จะเห็นได้ว่าสาร A ความเข้มข้น 4.2% (โดยปริมาตร) มีประสิทธิภาพยับยั้งการเจริญของราทุกสายพันธุ์ที่ทดสอบได้ 100%

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. ในการศึกษาการทดสอบสารเคมีที่ใช้ยับยั้งราบนยางแผ่นดิบจากการแช่ยางแผ่นดิบด้วยสารเคมีนั้น อาจมีการเพิ่มวันการบ่มยางแผ่นดิบที่แช่ด้วยสารเคมีมากกว่านี้ และมีการไปทดลองในภาคสนาม เพื่อที่จะทดสอบผลของสารที่สามารถยับยั้งราบนยางแผ่นดิบได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2. ในการศึกษาหาความเข้มข้นของสารที่เหมาะสมสำหรับยับยั้งราบนยางแผ่นดิบอาจมีการศึกษาสารเคมีเพิ่มเติมที่นำมาพัฒนาสารเคมีเพื่อช่วยส่งเสริมประสิทธิภาพของสาร อาจจะสามารถทำให้สารที่ใช้ยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์บนยางแผ่นดิบมีประสิทธิภาพที่ดีขึ้น

3. การวิจัยครั้งนี้ได้แสดงให้เห็นถึงสารเคมีสามารถยับยั้งการเจริญของราบนยางแผ่นดิบได้ ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อเกษตรกรในด้านสุขภาพเนื่องจากราบนยางแผ่นดิบมีการปะปนอยู่ในสิ่งแวดล้อมรอบตัว ซึ่งหากเกษตรกรได้สัมผัสหรือสูดดมราเข้าไปทุกวันนั้นอาจส่งผลต่อสุขภาพของเกษตรกรได้

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

ข้อกำหนดทั่วไปเกี่ยวกับมาตรฐานอาหาร,2539. มาตรฐานผลิตภัณฑ์นมและเนื้อสัตว์ของประเทศญี่ปุ่น.[ออนไลน์]. แหล่งที่มา:http://www.ryt9.com/s/ryt9/221748[22 กรกฎาคม 2555]

คนไทยตัวเล็ก, 2551. ทำความรู้จักประเภทของสารฆ่าเชื้อโรค. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://www.oknation.net [22 กรกฎาคม 2555]

ควบคุมมลพิษ, กรม(ก). 2548. เอกสารแนวปฏิบัติที่ดีด้านการป้องกันและลดมลพิษอุตสาหกรรมน้ำยางข้น. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://www.pcd.go.th [16 กรกฎาคม 2553]

ควบคุมมลพิษ, กรม(ข). 2548. แนวทางที่ดีด้านการป้องกันและลดมลพิษอุตสาหกรรมยางแผ่นรมควัน. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://www.pcd.go.th [18 มีนาคม 2553]

ควบคุมมลพิษ, กรม(ค). 2555. ศูนย์ข้อมูลวัตถุอันตรายและเคมีภัณฑ์. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://msds.pcd.go.th [22 กรกฎาคม 2555]

โชติมา วิไลวัลย์. 2549. ผลิตภัณฑ์ซักล้าง. ฐานความรู้เรื่องความปลอดภัยด้านสารเคมี. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://www.chemtrack.org [22 กรกฎาคม 2555]

ณพรัตน์ วิชิตชลชัย และคณะ. 2536. ศึกษาวิธีการผลิตยางแผ่นเพื่อป้องกันกำจัดเชื้อรา. ศูนย์วิจัยยางฉะเชิงเทรา สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร ฉะเชิงเทรา.

ณพรัตน์ วิชิตชลชัย. 2554. สารเคมีสำหรับยาง. เอกสารงานนิทรรศการพืชสวนเชียงใหม่. กลุ่มอุตสาหกรรมยาง สถาบันวิจัยยาง.

ธิดารัตน์ คล่องตรวจโรค. 2552. ethyl alcohol (เอทิลแอลกอฮอล์). [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://chemsafe.chula.ac.th [22 กรกฎาคม 2555]

นงลักษณ์ สุวรรณพินิจ และปรีชา สุวรรณพินิจ. 2547. จุลชีววิทยาทั่วไป. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

นุชนาฎ ณ ระนอง. 2547. การแปรรูปยาง-เอกสารวิชาการยางพารา. กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร: ชุมชนสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.

น้ำทิพย์ รัตนวรรณ์. 2552. ความเป็นไปได้การใช้น้ำส้มควันไม้เป็นสารเติมเพื่อปรับปรุงคุณภาพและป้องกันเชื้อราในการผลิตยางแผ่นและยางแท่ง. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

บัญญัติ สุขศรีงาม. 2534. จุลชีววิทยาทั่วไป. กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์.

ปนัดดา คำรัตน์. 2545. ประสิทธิภาพของถ่านกัมมันต์ที่เตรียมจากกากขี้แป้งของโรงงานน้ำยางข้นในการกำจัดตะกั่วและปรอทในน้ำเสียสังเคราะห์. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม บัณฑิตวิยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ประสพชัย รัตนเหล็กไหล. 2543. ผลของสารเคมีต่อการจับก้อนของน้ำยางธรรมชาติ. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีทางชีวภาพ หลักสูตรเทคโนโลยีทางชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

พัฒนาที่ดิน, กรม. 2548. ยางพารา. เอกสารวิชาการยางพารา. กลุ่มวิจัยและพัฒนาการอนุรักษ์ดินและน้ำพื้นที่พืชไร่ สำนักวิจัยและพัฒนาการจัดการที่ดิน กรุงเทพมหานคร.

พายับ นามประเสริฐ. 2534. การทำน้ำยางข้นจากน้ำยางธรรมชาติ. วารสารกรมวิทยาศาสตร์บริการ. ฉบับที่ 125 : 12-16.

ยอดธง ใบมาก และคณะ. 2549. การศึกษาน้ำส้มควันไม้ยูคาลิปตัสสำหรับใช้เป็นสารช่วยให้ยางจับตัวและสารยับยั้งการเกิดเชื้อราในการผลิตยางแผ่น. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย.

รัตน์ เพชรจันทร. 2527. ยางพารา. เอกสารการนิเทศการศึกษา. ฉบับที่ 264 ภาคพัฒนาตำราและเอกสารวิชาการ หน่วยศึกษานิเทศก์ กรมการฝึกหัดครู. สำนักงานกองทุนสงเคราะห์การทำสวนยาง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

วราภรณ์ ขจรไชยกูล. 2524. คุณสมบัติและส่วนประกอบของน้ำยางธรรมชาติ. วารสารยางพารา 2 : 19-27.

วราภรณ์ ขจรไชยกูล. 2549. ยางธรรมชาติ: การผลิตและการใช้งาน (Natural Rubber: Production and Applications). พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย.

วิชาการเกษตร, กรม. 2531. การผลิตยางธรรมชาติ. สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพมหานคร.

วิภาวี พัฒนกุล. 2554. ยางธรรมชาติและยางสังเคราะห์ เอกสารงานนิทรรศการพืชสวนเชียงใหม่. กลุ่มอุตสาหกรรมยาง สถาบันวิจัยยาง.

ศูนย์วิจัยและพัฒนาอุตสาหกรรมยางไทย. 2555. คำศัพท์เทคโนโลยียาง. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://www.rubbercenter.org [23 มีนาคม 2555]

สถาบันวิจัยยาง. 2536. เอกสารวิชาการเรื่องยาง สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

สถาบันวิจัยยาง (ก). 2553. ข้อมูลวิชาการยางพารา 2553. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://www.rubberthai.com/about/data.php [16 กรกฎาคม 2553]

สถาบันวิจัยยาง (ข). 2553. มูลค่ายางส่งออกยางแยกตามประเภท สถิติยางไทย. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://www.rubberthai.com/about/data.php [23 มีนาคม 2555]

สุรศักดิ์ สุทธิสงค์. 2532. วิทยาศาสตร์ของน้ำยางธรรมชาติ. เอกสารประกอบการสัมมนาเชิงปฏิบัติการ. สถาบันวิจัยยาง.

เสาวนีย์ ก่อวุฒิกุลรังสี. 2543. การผลิตยางธรรมชาติ. พิมพ์ครั้งที่ 2. ปัตตานี: สำนักวิทยบริการ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี.

อรัญ หันพงศ์กิตติกูล และคณะ. 2552. การหาสาเหตุและการป้องกันการเจริญของเชื้อราบนยางแผ่น. กรุงเทพมหานคร: สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย.

ภาษาอังกฤษ

Berekaa, M. M., Linos, A., Reichelt, R., Keller, U. and Steinbuchel, A. 2000. Effect of pretreatment of rubber material on its biodegradability by various rubber degrading bateria. FEMS Microbiol. Lett. 184 : 199-206.

Berekaa, M. M., Barakaat, A., El-Sayed, S.M. and Aassar,S. A. 2004. Degradation of natural rubber by *Achromobacter* sp. NRB and evaluation of culture conditions. Polish Journal of Microbiol. 54 : 55-62.

Bode, H. B., Kerkhoff, K. and Jendrossek, D. 2000. Bacterial degradation of natural and synthetic rubber. Biomacromolecules. 2 : 295-303

Bode, H. B., Zeeck, A., Pluckhahn, K. and Jendrossek, D. 2000. Physiological and chemical investigation into microbial degradation of synthetic poly(*cis*-1,4-isoprene). Appl. Environ. Microbiol. 66 : 3680-3685.

Cherian, E. and Jayachandran, K. 2009. Microbial degradation of natural rubber latex by a novel species of *Bacillus* sp. SBS25 isolated from soil. Int. J. Environ. Res. 3(4) : 599-604.

Jendrossek, D., Tomasi. G. And Kroppenstedt, R. M. 1997. Bacterial degradation of natural rubber: a privilege of actinomycetes?. FEMS Microbiol. Lett. 150 : 179-188.

Leung, B. and Liu, S. 2012. Interpreting plates, form [Online]. Available from: http://www.sciencebuddies.org [23 March 2012]

Linos, A., Berekaa, M. M., Reichelt, R., Keller, U., Schmitt, J., Flemming, H. C., Kroppenstedt, R. M. And Steinbüchel, A. 2000. Biodegradation of cis-1,4-polyisoprene rubber by distinct actinomycetes: microbial strategies and detailed surface analysis. Appl. Environ. Microbiol. 66 : 1639-1645.

Linos, A. and Steinbüchel, A. 2001. Biodegradation of natural and synthetic rubbers. *In* Biopolymers. 2 : 321-359.

Prasertsit, K., Rattanawan, N. and Ratanapisit, J. 2011. Effect of wood vinegar as an additive for natural rubber products. Songklanakarin J. Sci. Technol. 33(4) : 425-430.

Rifaat, H. M. and Yosery, M. A. 2004. Identification and characterization of rubber degrading actinobacteria. Appl. Ecol. Environ. Res. 2 : 63-70.

Santipanusopons, S. and Riyajan, S. A. 2009. Effect of field natural rubber latex with different ammonia contents and storage period on physical properties of latex concentrate, stability of skim latex and dipped film. Physics Procedia. 2 : 127-134.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ขั้นตอนการทำ slide culture

1. วางแท่งแก้วงอปลอดเชื้อลงในจานอาหารเลี้ยงเชื้อเปล่า

2. วางแผ่นสไลด์ (slide) ที่สะอาดบนแท่งแก้วงอ

3. ตัดอาหารเลี้ยงเชื้อ potato dextrose agar เป็นชิ้นสี่เหลี่ยม ขนาดประมาณ 0.5 x 0.5 เซนติเมตร ความหนาประมาณ 0.3 เซนติเมตร แล้วนำมาวางลงบนแผ่นสไลด์ (slide)

4. เขี่ยเส้นใยหรือสปอร์ของเชื้อราบริสุทธิ์มาจุดที่ด้านข้างของชิ้นวุ้นทั้ง 4 ด้าน

5. วางกระจกปิดสไลด์ (cover slip) ลงบนชิ้นวุ้นที่จุดเชื้อราเรียบร้อยแล้ว

6. เทน้ำกลั่นปลอดเชื้อใส่ลงในจานอาหารเลี้ยงเชื้อให้พอชุ่ม เพื่อให้มีความชื้นไม่ให้ชิ้นวุ้นแห้ง (ไม่ควรใส่น้ำกลั่นปริมาณมากเกินไป เนื่องจากน้ำกลั่นอาจไปโดนแผ่นสไลด์หรือชิ้นวุ้น ทำให้มีโอกาสปนเปื้อนได้)

7. นำไปบ่มในตู้บ่มเชื้ออุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 สัปดาห์

8. เมื่อเชื้อราเจริญ ใช้คีมคีบ (forcep) คีบชิ้นวุ้นทิ้งไป แล้วนำกระจกปิดสไลด์ (cover slip) ที่มีเชื้อราเจริญติดอยู่ไปประกบกับแผ่นสไลด์แผ่นใหม่ และนำกระจกปิดสไลด์ (cover slip)ที่มีเชื้อราเจริญติดอยู่ไปประกบกับกระจกปิดสไลด์ (cover slip) แผ่นใหม่ นำไปย้อมสีด้วย แลคโตฟีนอลคอตตอนบลู (lacto phenol cotton blue) จึงนำไปส่องดูด้วยกล้องจุลทรรศน์ (microscope)

ภาคผนวก ข

อาหารเลี้ยงเชื้อ

ภาคผนวกที่ ข 1. **อาหารเลี้ยงเชื้อแข็ง** Potato Dextrose Agar (PDA)

โปเตโต้ เด็กโทรส (Potato Dextrose)	39	กรัม
ผงวุ้น (Agar)	15	กรัม
น้ำกลั่น	1000	มิลลิลิตร

ผสมสารทั้งหมดจนได้เป็นสารละลายปริมาตร 1000 มิลลิลิตร จากนั้นนำไปฆ่าเชื้อด้วยเครื่องนึ่งฆ่าเชื้อ (Autoclave) ที่ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที

- จานอาหารเลี้ยงเชื้อ เทอาหารเลี้ยงเชื้อแข็งขณะเหลวลงในจานอาหารเลี้ยงเชื้อประมาณ 20 มิลลิลิตร หรือให้อาหารมีความหนาเหมาะสม

- หลอดทดลองที่มีอาหารเลี้ยงเชื้อเอียง (slant) อาหารเลี้ยงเชื้อแข็งขณะเหลวลงในหลอดทดลอง นำไปวางเอียงไว้ให้อาหารแข็งตัว

ภาคผนวกที่ ข 2. **อาหารเลี้ยงเชื้อแข็ง** Dichloran Rose Bengal Chlortetracycline (DRBC)

Enzymatic Digest of Animal	5	กรัม
กลูโคส (Glucose)	10	กรัม
โมโนโพแทสเซียมฟอสเฟต (Monopotassium Phosphate)	1	กรัม
แมกนีเซียมซัลเฟต (Magnesium Sulphate)	0.5	กรัม
โรส เบงกอล (Rose Bengal)	0.025	กรัม
ไดคลอแรน (Dichloran)	0.002	กรัม
คลอแรมฟินิคอล (Chloramphenicol)	0.1	กรัม
ผงวุ้น (Agar)	15	กรัม

ผสมสาร 31.6 กรัม ในน้ำกลั่น 1000 มิลลิลิตร จากนั้นนำไปฆ่าเชื้อด้วยเครื่องนึ่งอบฆ่าเชื้อ (Autoclave) ที่ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที เทอาหารเลี้ยงเชื้อแข็งขณะเหลวลงในจานอาหารเลี้ยงเชื้อประมาณ 10 มิลลิลิตร หรือให้อาหารมีความหนาเหมาะสม

ภาคผนวก ค

สารเคมี

ภาคผนวกที่ ค 2. สาร A

ชื่อและอัตราส่วนสารสำคัญ

Parachlorometacresol	4% (โดยมวลต่อปริมาตร)
Pine oil	6.5% (โดยมวลต่อปริมาตร)

ภาคผนวกที่ ค 2. สาร B

ชื่อและอัตราส่วนสาระสำคัญ

Linear Alkylbenzene Sulfonate, Potassium salt	10% (โดยมวล)
Sodium Lauryl Ether Sulfate	7.2% (โดยมวล)

ภาคผนวกที่ ค 3. แลคโตฟีนอล คัตตอน บลู (Lactophenol Cotton Blue)

กรดแลคติก	20	มิลลิลิตร
ฟีนอล (ผลึกหลอมเหลว)	20	มิลลิลิตร
กลีเซอรอล	40	มิลลิลิตร
คัตตอนบลู (Cotton Blue)	0.05	กรัม
น้ำกลั่น	20	มิลลิลิตร

หลอมผลึกฟีนอลให้หลอมเหลว แล้วดูดมา 20 มิลลิลิตร ใส่ลงในสารละลายผสมระหว่างกรดแลคติก 20 มิลลิลิตร, กลีเซอรอล 40 มิลลิลิตร และน้ำกลั่น 20 มิลลิลิตร โดยผ่านความร้อนอ่อนๆ แล้วเติมคัตตอนบลูลงไป 0.05 กรัม เก็บสารละลายที่ได้ในขวดสีชา ที่อุณหภูมิห้อง

ภาคผนวก ง

ภาพประกอบงานวิทยานิพนธ์

1. การทดสอบความเข้มข้นของสารเคมี

ภาพผนวกที่ ง 1 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางบริเวณใส (clear zone) ของโซเดียมซอร์เบต (sodium sorbate)

ภาพผนวกที่ ง 2 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางบริเวณใส (clear zone) ของโซเดียมเปอร์บอเรต (sodium perborate)

ภาพผนวกที่ ง 3 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางบริเวณใส (clear zone) ของโซเดียมดีไฮโดรอะซิเตต (sodium dehydroacetate)

ภาพผนวกที่ ง 4 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางบริเวณใส (clear zone) ของสาร A

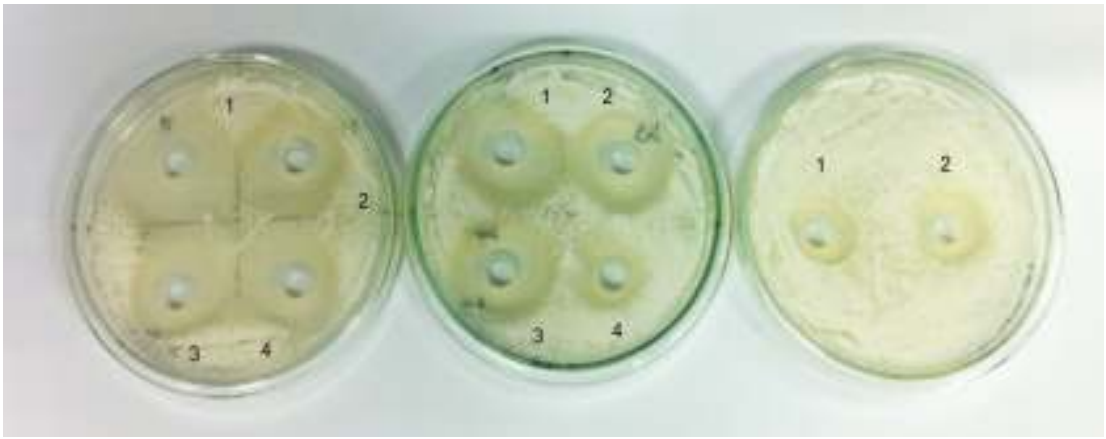
ภาพผนวกที่ ง 5 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางบริเวณใส (clear zone) ของสาร B

ภาพผนวกที่ ง 6 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางบริเวณใส (clear zone) ของเอทิลแอลกอฮอล์ (ethyl alcohol)

2. การพัฒนาสารเคมีเพื่อยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์

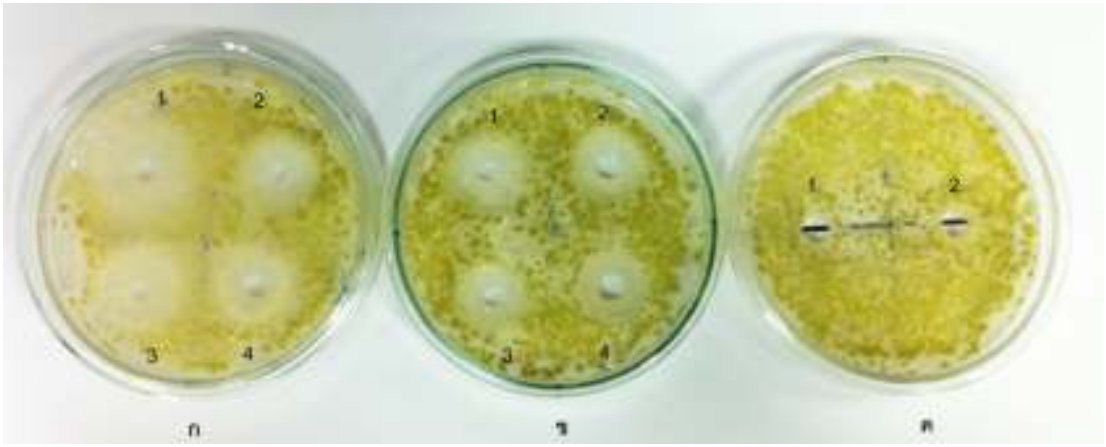
ภาพผนวกที่ ง 7 ประสิทธิภาพสารเคมีจากขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางบริเวณใส (clear zone) ของ *Penicillium* sp. 1 (P1)

ภาพผนวกที่ ง 8 ประสิทธิภาพสารเคมีจากขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางบริเวณใส (clear zone) ของ *Penicillium* sp. 2 (P2)

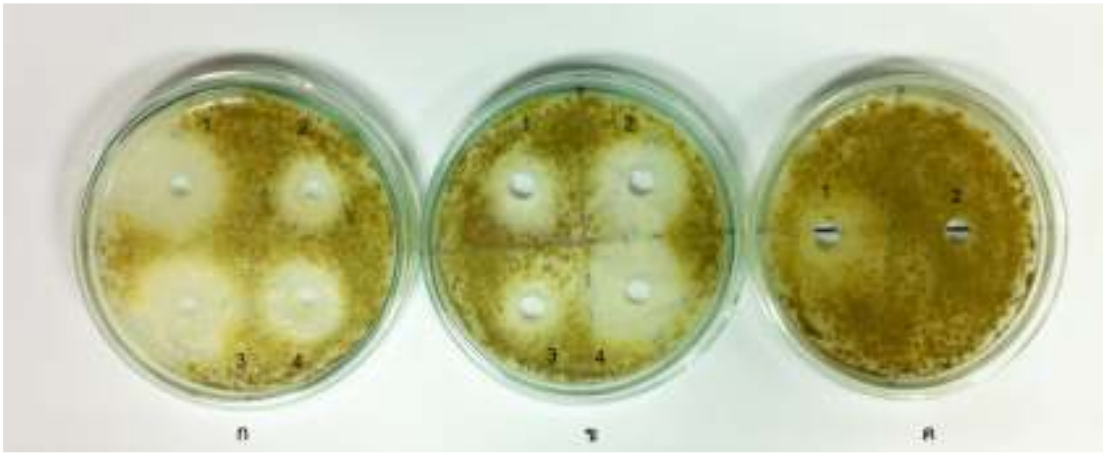


ภาพผนวกที่ ง 9 ประสิทธิภาพสารเคมีจากขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางบริเวณใส (clear zone) ของ *Penicillium* sp. 3 (P3)

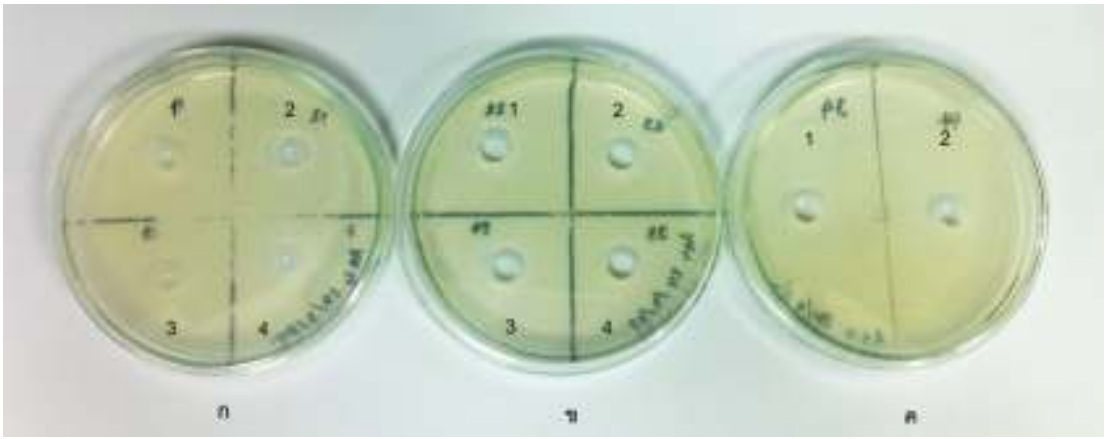
ภาพผนวกที่ ง 10 ประสิทธิภาพสารเคมีจากขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางบริเวณใส (clear zone) ของ *Aspergillus* sp. 1 (AS1)



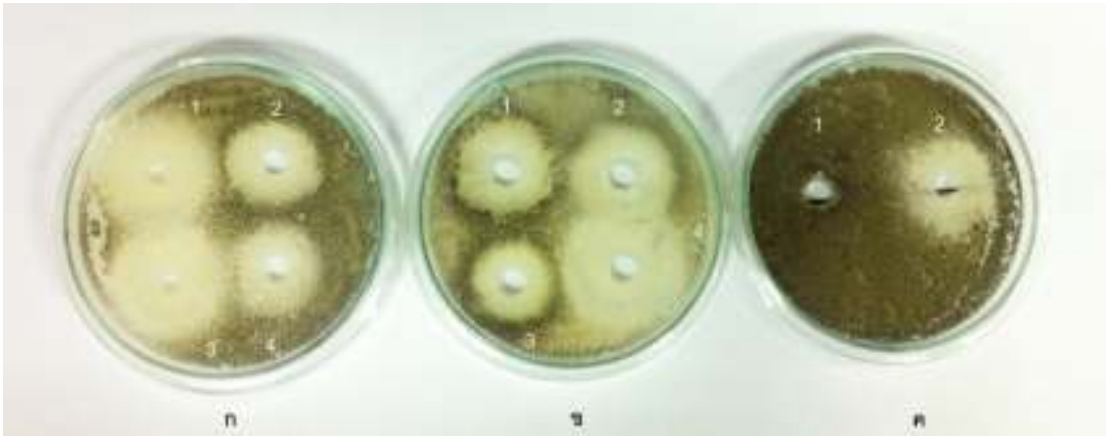
ภาพผนวกที่ ง 11 ประสิทธิภาพสารเคมีจากขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางบริเวณใส (clear zone) ของ *Aspergillus* sp. 2 (AS2)



ภาพผนวกที่ ง 12 ประสิทธิภาพสารเคมีจากขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางบริเวณใส (clear zone) ของ *Aspergillus* sp. 3 (AS3)



ภาพผนวกที่ ง 13 ประสิทธิภาพสารเคมีจากขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางบริเวณใส (clear zone) ของ *Aspergillus* sp. 4 (AS4)



ภาพผนวกที่ ง 14 ประสิทธิภาพสารเคมีจากขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางบริเวณใส (clear zone) ของ *Aspergillus* sp. 5 (AS5)

หมายเหตุ

(ก) จานอาหารเลี้ยงเชื้อ ก

1.สาร A

2. สาร A กับ สาร B

3. สาร A กับ โซเดียมดิไฮโดรอะซิเตต (sodium dehydroacetate) (A+SD)

4. สาร A กับ โซเดียมเปอร์บอเรต (sodium perborate) (SP) (A+SP)

(ข) จานอาหารเลี้ยงเชื้อ ข

1. สาร B

2. สาร B กับโซเดียมดิไฮโดรอะซิเตต (sodium dehydroacetate) (SD) (B+SD)

3. สาร B กับ โซเดียมเปอร์บอเรต (sodium perborate) (SP) (B+SP)

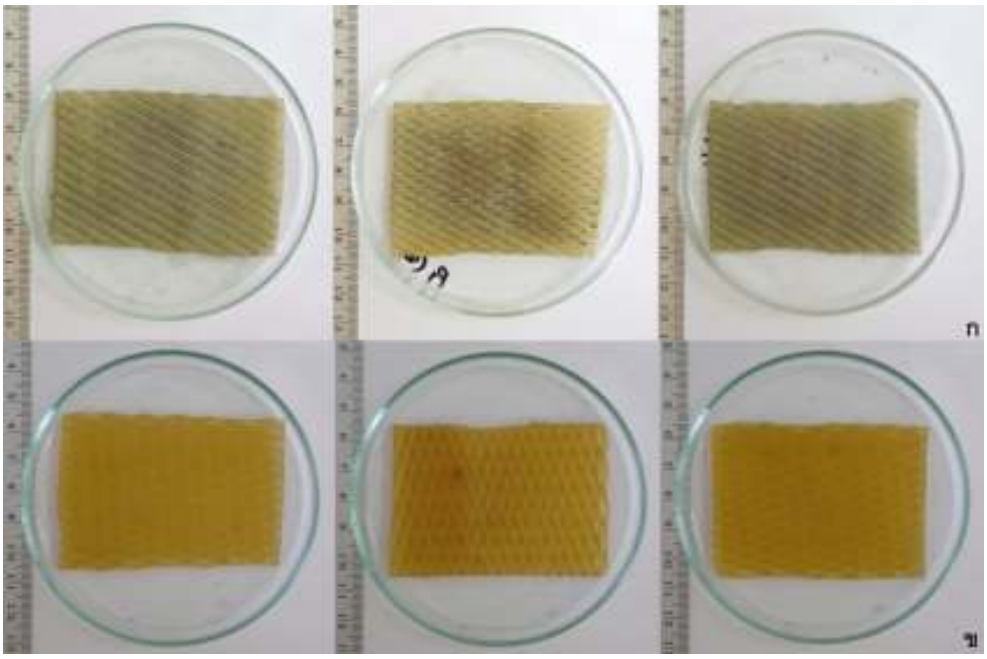
4. โซเดียมดิไฮโดรอะซิเตต (sodium dehydroacetate) (SD)

(ค) จานอาหารเลี้ยงเชื้อ ค

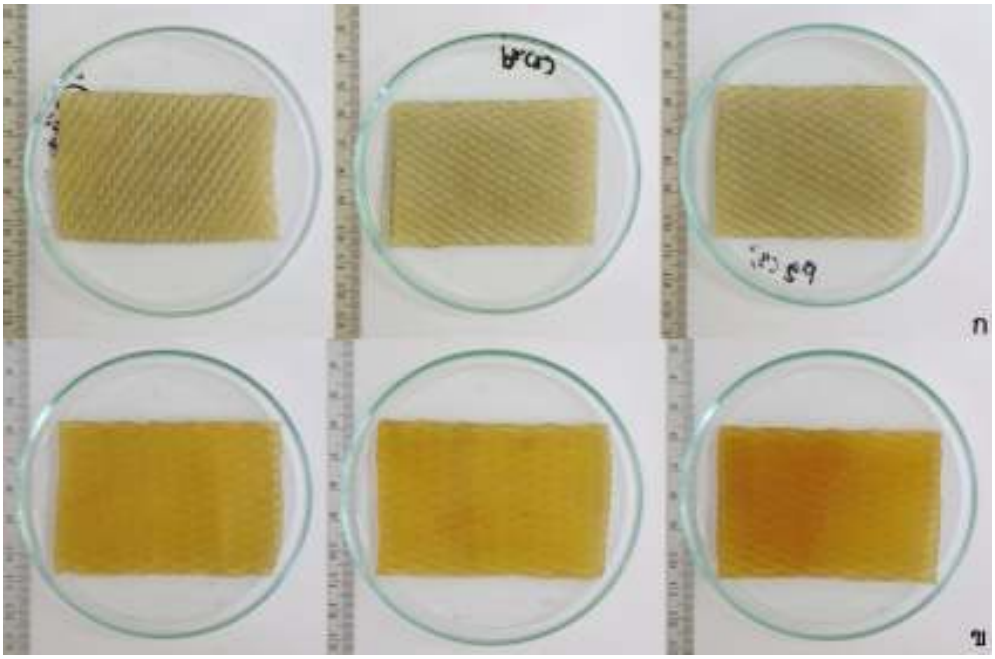
1. โซเดียมดิไฮโดรอะซิเตต (sodium dehydroacetate) (SD) กับ โซเดียมเปอร์บอเรต (sodium perborate) (SP)(SD+SP)

2. โซเดียมเปอร์บอเรต (sodium perborate) (SP)

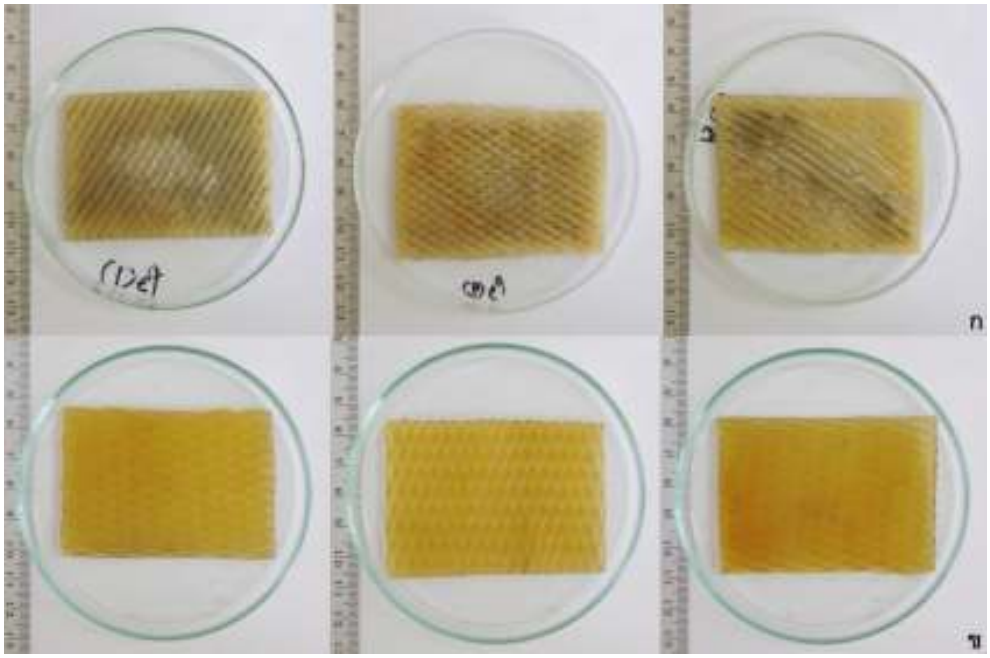
3. การทดสอบสารเคมีที่ใช้ยับยั้งราบนยางแผ่นดิบ



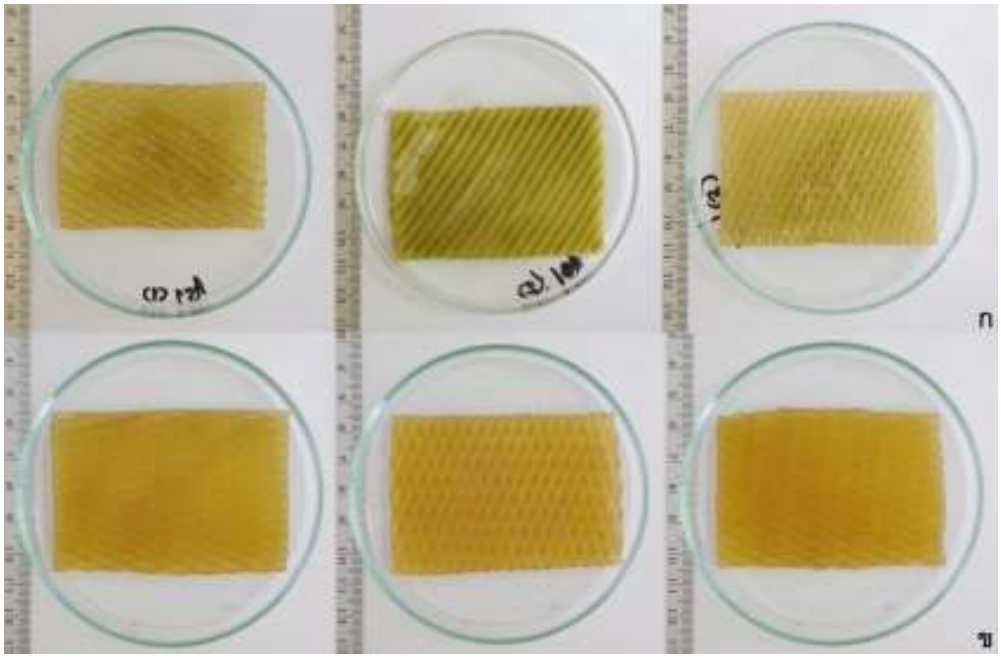
ภาพผนวกที่ ง 15 การเจริญของ *Penicillium* sp. 1 (P1) 3 ซ้ำหลังจากบ่มเป็นเวลา 7 วัน (ก. ยางที่แช่น้ำ ข.ยางที่แช่สาร A)



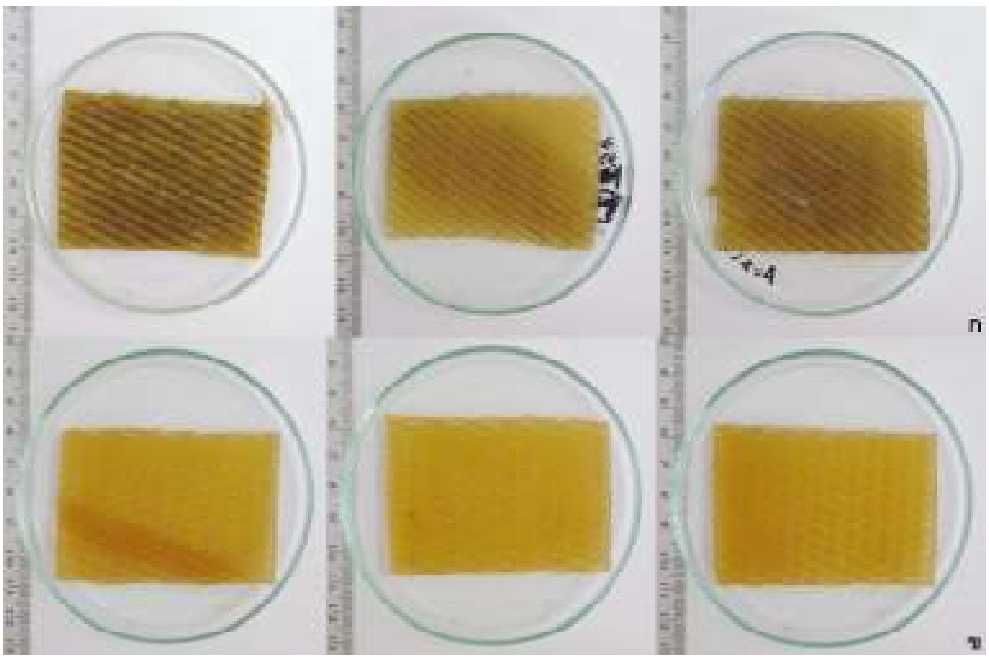
ภาพผนวกที่ ง 16 การเจริญของ *Penicillium* sp. 2 (P2) 3 ซ้ำหลังจากบ่มเป็นเวลา 7 วัน (ก. ยางที่แช่น้ำ ข.ยางที่แช่สาร A)



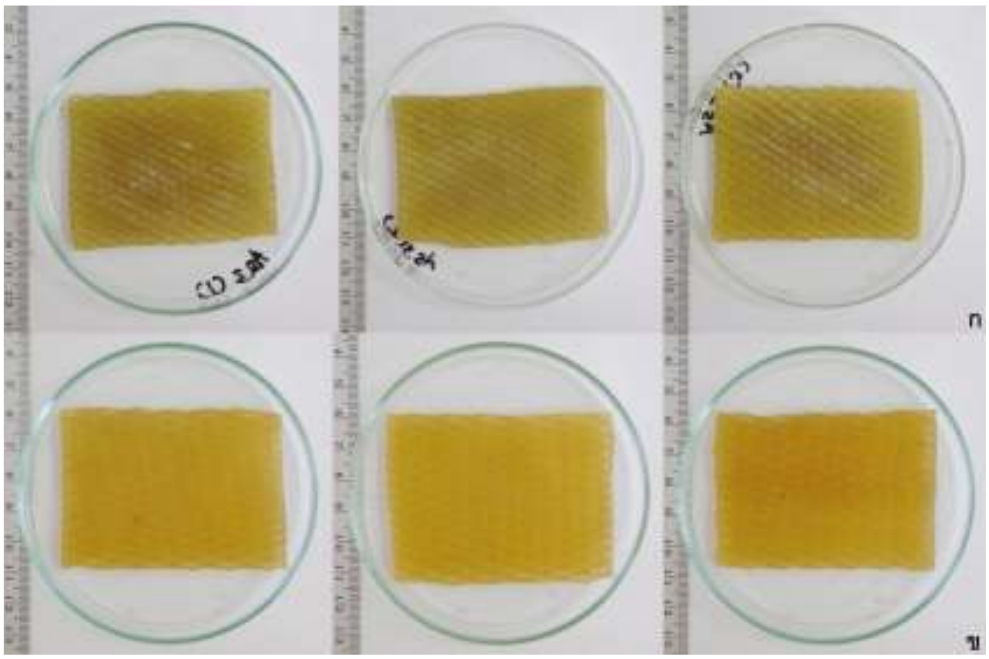
ภาพผนวกที่ ง 17 การเจริญของ *Penicillium* sp. 3 (P3) 3 ซ้ำหลังจากบ่มเป็นเวลา 7 วัน (ก. ยางที่แช่น้ำ ข.ยางที่แช่สาร A)



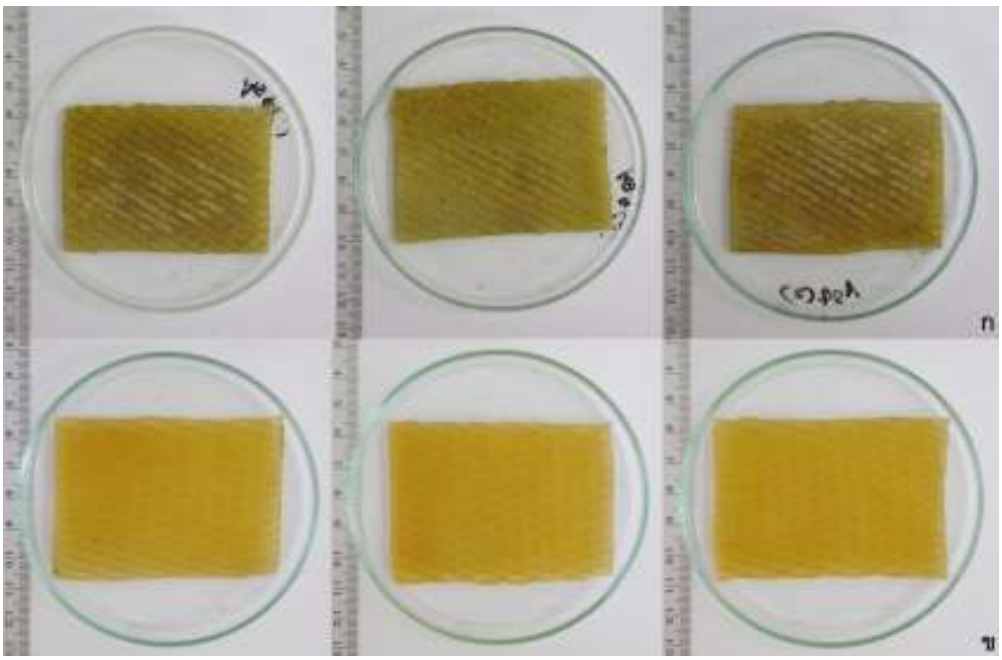
ภาพผนวกที่ ง 18 การเจริญของ *Aspergillus* sp. 1 (AS1) 3 ซ้ำหลังจากบ่มเป็นเวลา 7 วัน (ก. ยางที่แช่น้ำ ข.ยางที่แช่สาร A)



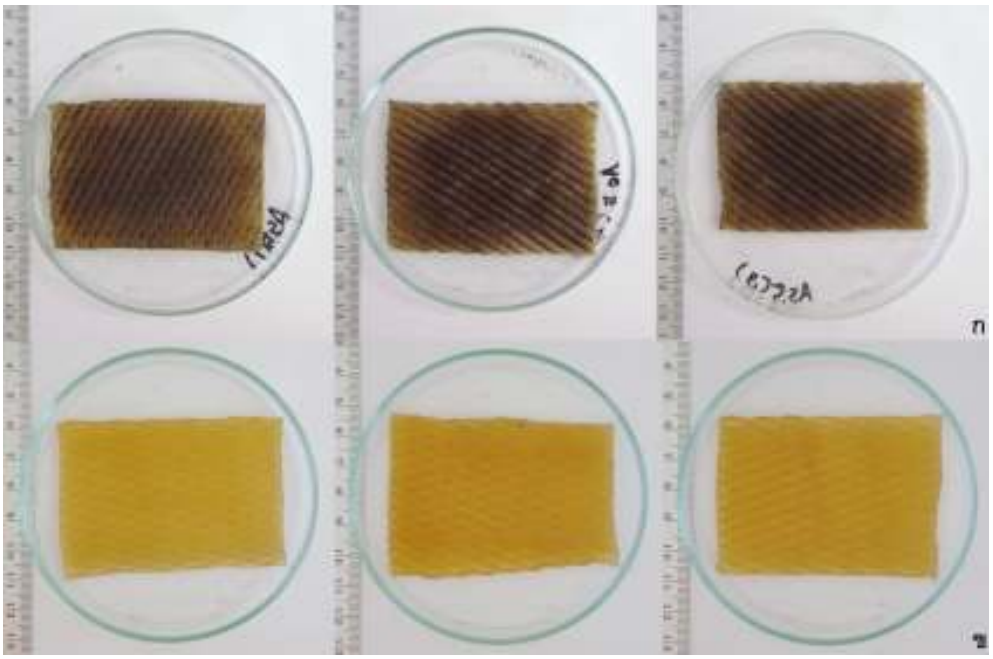
ภาพผนวกที่ ง 19 การเจริญของ *Aspergillus* sp. 2 (AS2) 3 ซ้ำหลังจากบ่มเป็นเวลา 7 วัน (ก. ยางที่แช่น้ำ ข.ยางที่แช่สาร A)



ภาพผนวกที่ ง 20 การเจริญของ *Aspergillus* sp. 3 (AS3) 3 ซ้ำหลังจากบ่มเป็นเวลา 7 วัน (ก. ยางที่แช่น้ำ ข.ยางที่แช่สาร A)



ภาพผนวกที่ ง 21 การเจริญของ *Aspergillus* sp. 4 (AS4) 3 ซ้ำหลังจากบ่มเป็นเวลา 7 วัน (ก. ยางที่แช่น้ำ ข.ยางที่แช่สาร A)



ภาพผนวกที่ ง 22 การเจริญของ *Aspergillus* sp. 5 (AS5) 3 ซ้ำหลังจากบ่มเป็นเวลา 7 วัน (ก. ยางที่แช่น้ำ ข.ยางที่แช่สาร A

ภาคผนวก จ

ข้อมูลการทดสอบคุณภาพยางด้วยเครื่อง Universal Testing Machine

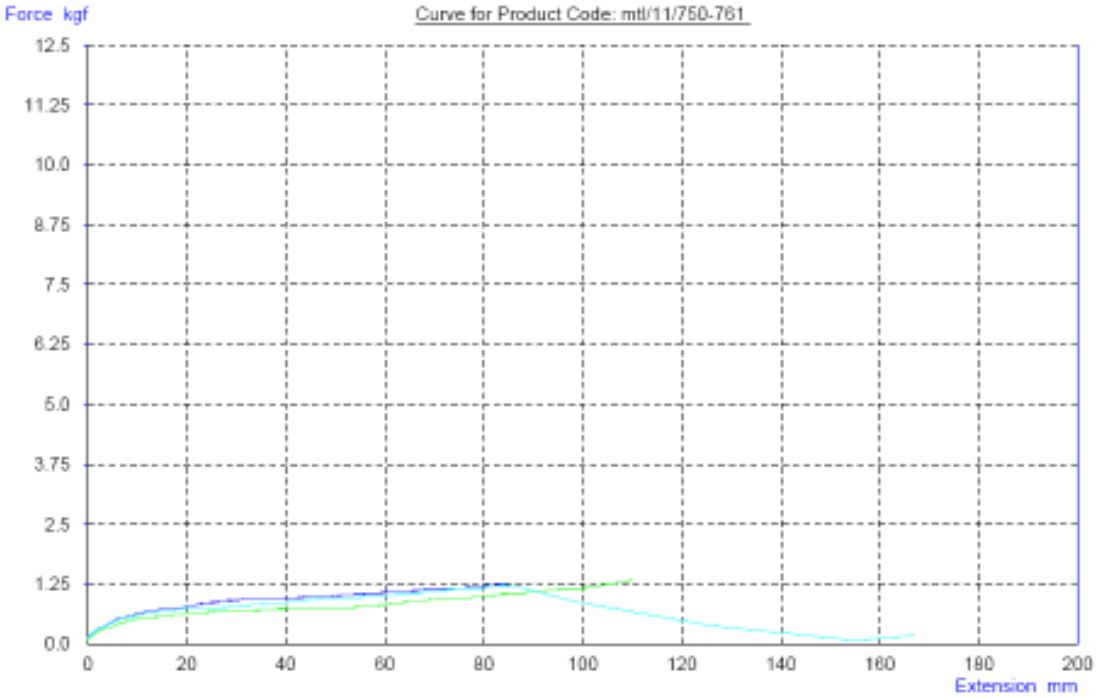
แช่ยางเป็นเวลา 7 วัน

ภาคผนวกที่ จ 1 Control

Individual Specimens

[AS41-2RS.TSX]

Batch Reference	@25 % kgf/mm^2	@50 % kgf/mm^2	@75 % kgf/mm^2	@100 % kgf/mm^2	@200 % kgf/mm^2	Max. Stress kgf/mm^2	Ext. Break %	Thickness mm	Width mm
astm d412 m - control-1	0.0225	0.0285	0.0310	0.0353	0.0412	0.0523	340.0	4.000	6.00
astm d412 m - control-2	0.0194	0.0257	0.0291	0.0325	0.0354	0.0646	439.8	3.500	6.00
astm d412 m - control-3	0.0212	0.0268	0.0297	0.0310	0.0395	0.0510	668	4.000	6.00
n	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Mean	0.0211	0.0270	0.0300	0.0329	0.0387	0.0559	482.6	3.833	6.000
Std. Dev.	0.0016	0.0014	0.0010	0.0022	0.0030	0.0075	168.14	0.2887	0

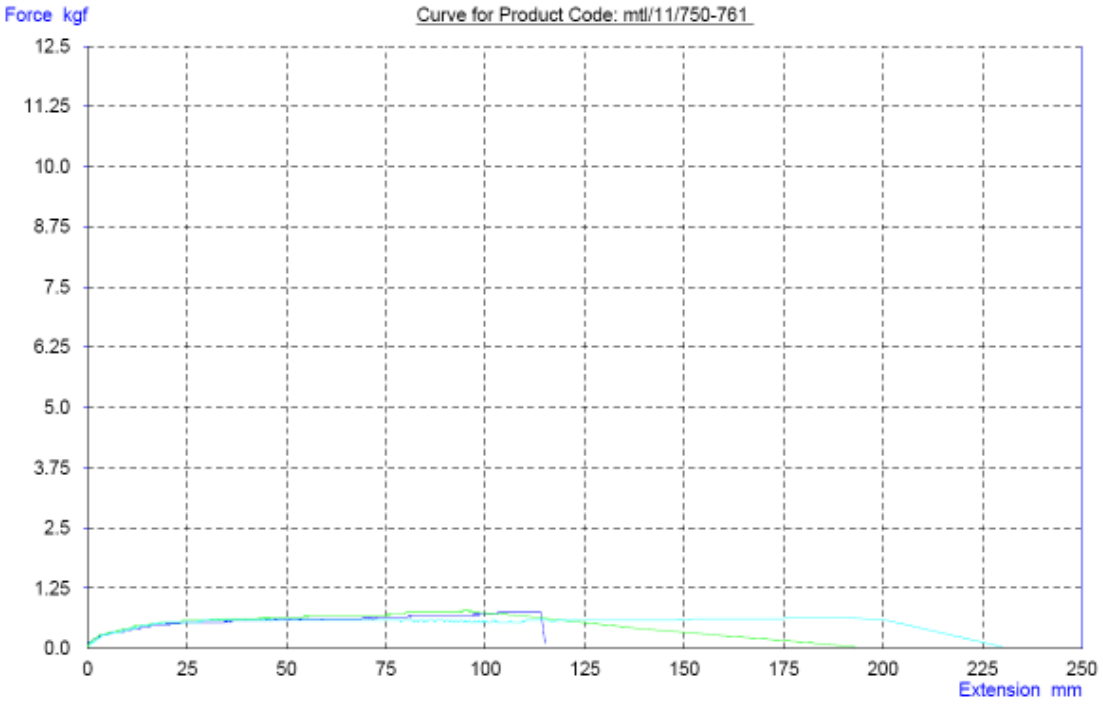


ภาคผนวกที่ จ 2 สาร B

Individual Specimens

[AS41-2RS.TSX]

Batch Reference	@50 % kgf/mm^2	@100 % kgf/mm^2	@200 % kgf/mm^2	@500 % kgf/mm^2	@1000 % kgf/mm^2	Max. Stress kgf/mm^2	Ext. Break %	Thickness mm	Width mm
astm d412 m - teepool-1	0.0272	0.0360	0.0408	-	-	0.0496	460.0	2.500	6.00
astm d412 m - teepool-2	0.0304	0.0369	0.0408	0.0337	-	0.0499	772	2.500	6.30
astm d412 m - teepool-3	0.0187	0.0231	0.0248	0.0248	-	0.0275	920	3.900	6.00
n	3	3	3	2		3	3	3	3
Mean	0.0255	0.0320	0.0355	0.0293	0	0.0423	717.3	2.967	6.100
Std. Dev.	0.0060	0.0077	0.0092	0.0062	0	0.0129	234.82	0.8083	0.1732

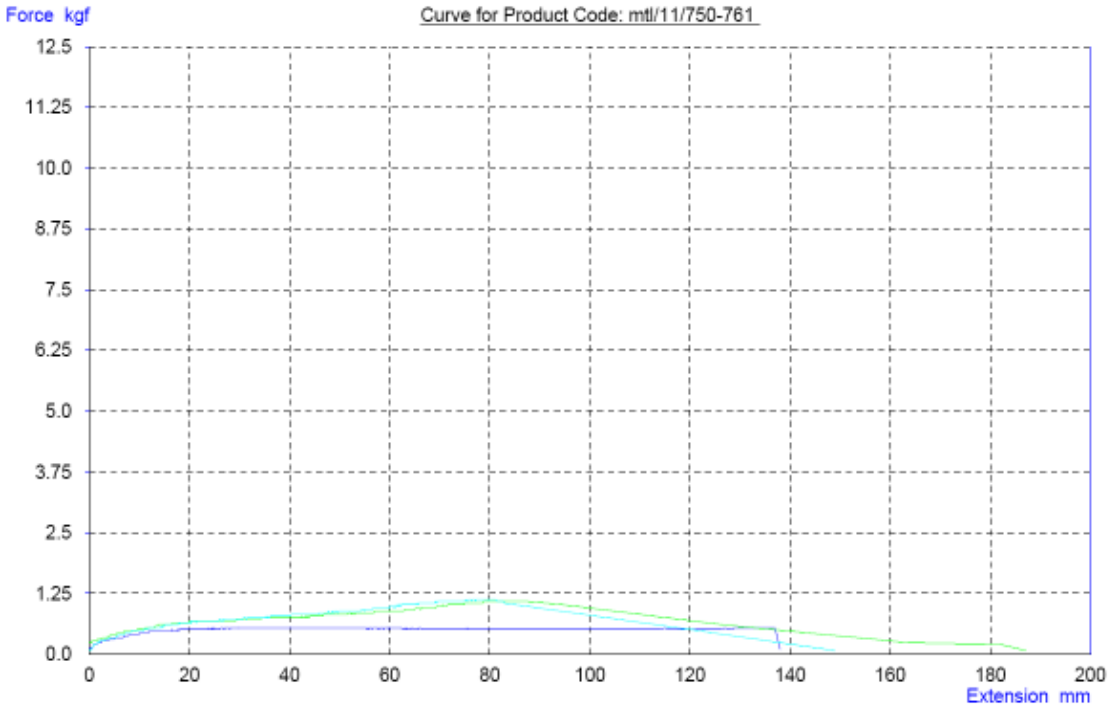


ภาคผนวกที่ จ 3 สาร A

Individual Specimens

[AS41-2RS.TSX]

Batch Reference	@50 % kgf/mm^2	@100 % kgf/mm^2	@200 % kgf/mm^2	@500 % kgf/mm^2	@1000 % kgf/mm^2	Max. Stress kgf/mm^2	Ext. Break %	Thickness mm	Width mm
astm d412 m - dettal-1	0.0228	0.0257	0.0257	0.0243	-	0.0257	552	3.500	6.00
astm d412 m - dettal-2	0.0241	0.0305	0.0364	0.0278	-	0.0487	748	4.000	5.60
astm d412 m - dettal-3	0.0250	0.0316	0.0411	0.0203	-	0.0519	596	3.600	6.00
n	3	3	3	3		3	3	3	3
Mean	0.0240	0.0293	0.0344	0.0241	0	0.0421	631.9	3.700	5.867
Std. Dev.	0.0011	0.0031	0.0079	0.0037	0	0.0143	102.87	0.2646	0.2309

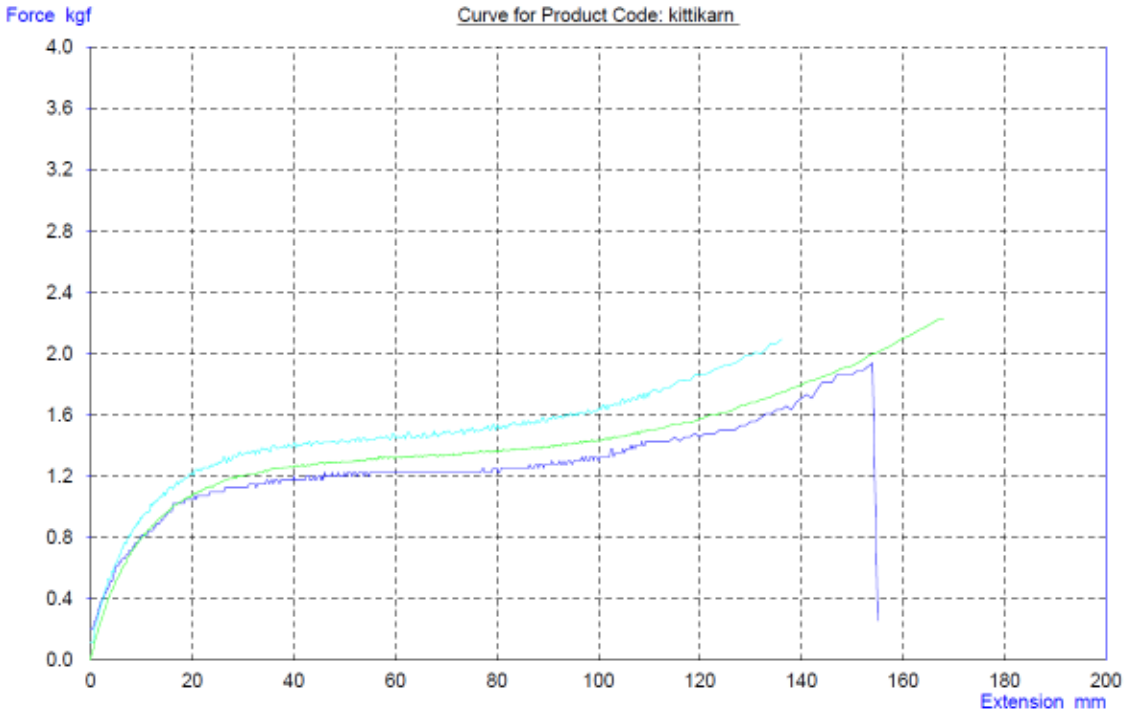


ภาคผนวกที่ จ 4 โซเดียมดีไฮโดรอะซิเตต (sodium dehydroacetate)

Individual Specimens

[AS41-2RS.TSX]

Batch Reference	@50 % kgf/mm^2	@100 % kgf/mm^2	@200 % kgf/mm^2	@500 % kgf/mm^2	@1000 % kgf/mm^2	Max. Stress kgf/mm^2	Ext. Break %	Thickness mm	Width mm
d412 - sod.dehydroacetate-1	0.0676	0.0854	0.0954	0.1172	-	0.1511	620	2.120	6.05
d412 - sod.dehydroacetate-2	0.0577	0.0754	0.0848	0.1059	-	0.1460	672	2.540	6.00
d412 - sod.dehydroacetate-3	0.0576	0.0717	0.0802	0.1080	-	0.1174	544	2.870	6.21
n	3	3	3	3		3	3	3	3
Mean	0.0610	0.0775	0.0868	0.1104	0	0.1382	612.1	2.510	6.087
Std. Dev.	0.0057	0.0071	0.0078	0.0060	0	0.0181	64.269	0.3759	0.1097

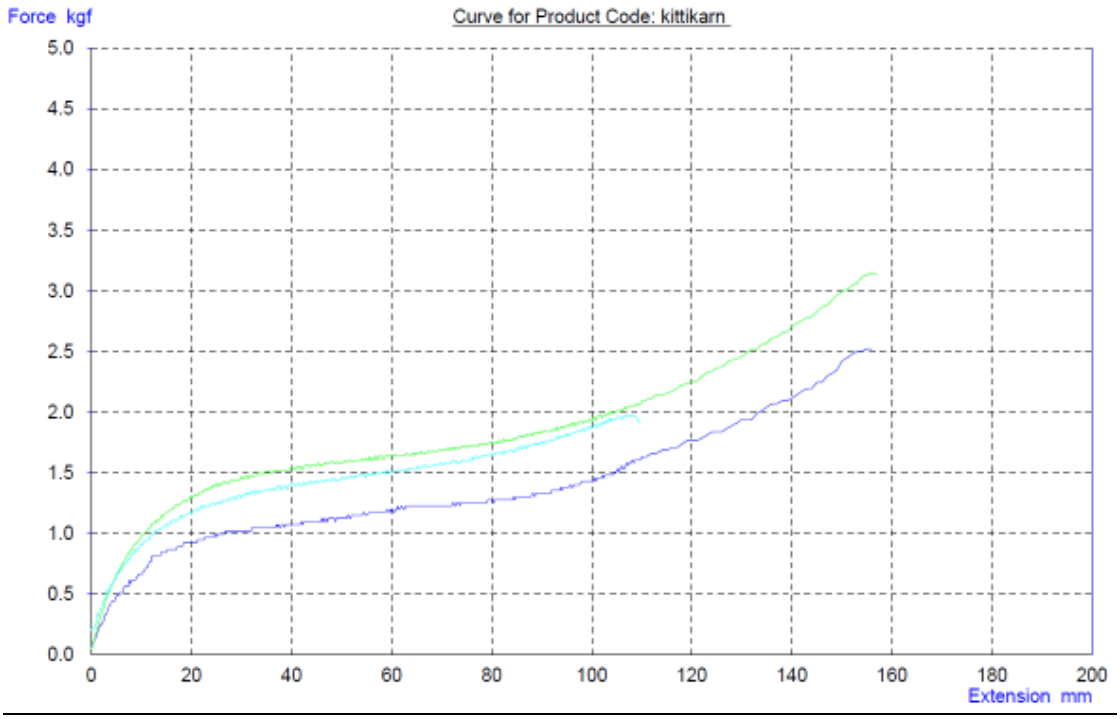


ภาคผนวกที่ จ 5 โซเดียมเปอร์บอเรต (sodium perborate)

Individual Specimens

[AS41-2RS.TSX]

Batch Reference	@50 % kgf/mm^2	@100 % kgf/mm^2	@200 % kgf/mm^2	@500 % kgf/mm^2	@1000 % kgf/mm^2	Max. Stress kgf/mm^2	Ext. Break %	Thickness mm	Width mm
:m d412 - sod.perborate-1	0.0580	0.0689	0.0798	0.1305	-	0.1793	624	2.250	6.25
:m d412 - sod.perborate-2	0.0613	0.0800	0.0897	0.1341	-	0.1785	628	2.960	5.96
:m d412 - sod.perborate-3	0.0770	0.0972	0.1133	-	-	0.1541	438.6	2.360	5.44
n	3	3	3	2		3	3	3	3
Mean	0.0654	0.0820	0.0942	0.1323	0	0.1706	563.5	2.523	5.883
Std. Dev.	0.0102	0.0143	0.0172	0.0025	0	0.0143	108.21	0.3821	0.4104



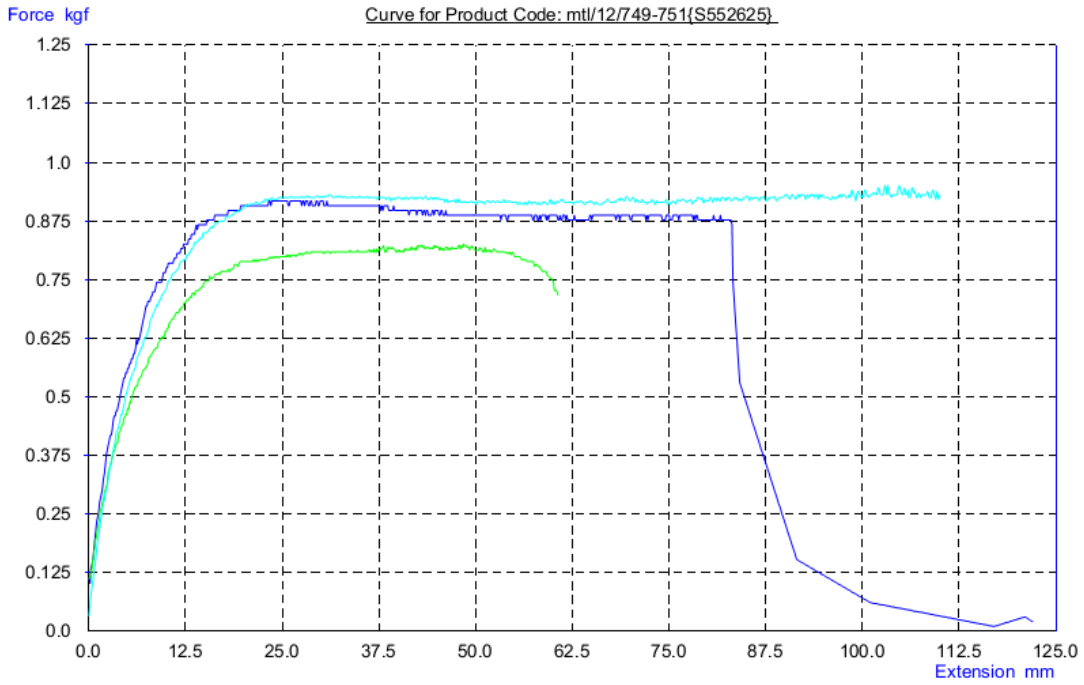
ภาคผนวกที่ จ 6 control

แช่ยาง 20 นาที

Individual Specimens

[AS41-2RS.TSX]

Batch Reference	@10 % kgf/mm^2	@50 % kgf/mm^2	@100 % kgf/mm^2	@250 % kgf/mm^2	@500 % kgf/mm^2	Max. Stress kgf/mm^2	Ext. Break %	Thickness mm	Width mm
astm D 412 - 750-1	0.0162	0.0375	0.0416	0.0421	0.0183	0.0426	716	3.650	6.04
astm D 412 - 750-2	0.0161	0.0378	0.0424	0.0432	-	0.0434	254.1	3.280	6.14
astm D 412 - 750-3	0.0174	0.0397	0.0439	0.0449	-	0.0452	334.8	3.400	6.10
n	3	3	3	3	1	3	3	3	3
Mean	0.0165	0.0383	0.0426	0.0434	0.0183	0.0437	435.0	3.443	6.093
Std. Dev.	0.0007	0.0012	0.0012	0.0014	0	0.0014	246.70	0.1888	0.0503



ภาคผนวกที่ จ 7 สาร A

แช่ยาง 20 นาที

[AS41-2RS.TSX]

Batch Reference	@10 % kgf/mm^2	@50 % kgf/mm^2	@100 % kgf/mm^2	@250 % kgf/mm^2	@500 % kgf/mm^2	Max. Stress kgf/mm^2	Ext. Break %	Thickness mm	Width mm
astm D 412 - 749-1	0.0170	0.0352	0.0391	0.0374	-	0.0391	488.0	3.820	6.14
astm D 412 - 749-2	0.0165	0.0339	0.0387	-	-	0.0400	242.6	3.440	6.00
astm D 412 - 749-3	0.0153	0.0374	0.0437	0.0432	-	0.0449	440.0	3.530	6.00
n	3	3	3	2		3	3	3	3
Mean	0.0162	0.0355	0.0405	0.0403	0	0.0414	390.2	3.597	6.047
Std. Dev.	0.0009	0.0018	0.0028	0.0041	0	0.0031	130.08	0.1986	0.0808