



รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ “ต้นแบบการทำยางปูสระจากน้ำยางธรรมชาติ”

โดย รองศาสตราจารย์ ดร. เจริญ นาคะสรรค์และคณะ

ธันวาคม 2550

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ “ต้นแบบการทำยางปูสระจากน้ำยางธรรมชาติ”

คณะผู้วิจัย

สังกัด

- | | |
|---------------------------------------|--------------------------|
| 1. รองศาสตราจารย์ ดร. เจริญ นาคะสรรค์ | มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ |
| 2. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ อาชีชัน แกสมาน | มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ |
| 3. ดร. อติชัย รุ่งวิชานวิวัฒน์ | มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ |

สนับสนุนโดยสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว)

(ความเห็นในรายงานฉบับนี้เป็นของผู้วิจัย สกว ไม่จำเป็นต้องเห็นด้วยเสมอไป)

บทคัดย่อ

เตรียมน้ำยางคอมปาวด์เพื่อฉาบวัสดุในการปูสระ ในงานวิจัยนี้เลือกใช้การฉาบในการทดลองผ้า เนื่องจากการทดลองฉาบสแลนค์กันแสง แต่ไม่สามารถฉาบน้ำยางให้ติดได้ดีและสม่ำเสมอได้ เนื่องจากลักษณะผิวมันและมีขนาดช่องว่างค่อนข้างใหญ่ การทดลองเริ่มจากการศึกษากระบวนการวัลคาไนซ์พบว่าระบบที่ใช้สารตัวเร่ง ZDEC ที่ปริมาณ 1.5 phr จะให้สมบัติการวัลคาไนซ์และสมบัติเชิงกลของแผ่นฟิล์มยางดีที่สุด นอกจากนี้พบว่าการใช้สารตัวเติมที่ปริมาณ 50 phr ทั้งกรณีเคลือบคาร์บอนเนตและเคลือบจะให้สมบัติที่ดีกว่าการใช้สารตัวเติมปริมาณ 100 phr และการใช้สารป้องกันการเสื่อม Wingstay L/TMQ ในอัตราส่วน 1/1 phr จะได้แผ่นฟิล์มและยางฉาบผ้าที่มีสมบัติดีที่สุด นอกจากนี้พบว่าการฉาบผ้าแบบ 1 ชั้น และ 2 ชั้นในแนวขวางจะให้วัสดุที่มีความแข็งแรงน้อยกว่าการฉาบแบบ 2 ชั้นในแนวเดียวกัน นอกจากนี้ทดลองใช้ผ้า 3 ชนิดในการฉาบพบว่าผ้าด้ายดิบแม้ว่าจะให้สมบัติเชิงกลไม่สูงที่สุดแต่เนื่องจากค่อนข้างหนาและดูดน้ำได้ดีจึงทำให้ฉาบยางได้ง่าย จึงเลือกผ้าชนิดนี้ในการทดลองต่อไป หลังจากนั้นทดลองปูสระขนาดเล็กโดยมีวิธีการปู 2 แบบ แบบขึ้นตอนเดียวและแบบสองชั้นตอน โดยการปูแบบสองชั้นตอนจะให้ผลการเก็บน้ำและมีสมบัติเชิงกลของวัสดุที่ดีกว่าเนื่องจากการปูแต่ละชั้นโดยเฉพาะชั้นแรกได้ทำให้ยางวัลคาไนซ์อย่างทั่วถึงก่อนที่จะปูชั้นถัดไป ดังนั้นการปูแบบสองชั้นตอนน่าจะวิธีการเหมาะสมในการปูสระจริง

Abstract

NR latex compounds were prepared and used for coating on the supporting materials. In this work, the fabric materials were selected. However, the sunlight shielding slant made from polyethylene was also tried but we found that it was difficult to coat compounded latex on the waxy surface. Also, the spaces between the bundles are more or less too large to be covered by the latex. Vulcanization system of the latex was first studied. It was found that ZDEC accelerator at a level of 1.5 phr gave the films with good vulcanized and mechanical properties. We also found that the formulation with fillers (calcium carbonate and clay) at loading level of 50 phr and ratio of antioxidant: Wingstay I: TMQ = 1/1 phr gave the films and rubber coated fabric with superior vulcanized and mechanical properties. We also found that coating technique with double layers and of fabric in the same grain direction gave the material with higher strength than those of the material prepared by coating with a single layer and double layers in a cross direction. Three types of fabrics were tried. It was found that the cotton fabric even it did not give the best mechanical properties but it was easy to handle with acceptable properties. The water absorption capability and the thickness caused the ease of lining and coating process for this type of fabric. Therefore, the cotton fabric was used to a try in the pond liner. Two methods of pond lining were investigated: single and double steps of overlaying the rubber and fabric layers. It was found that the double steps provided the better results in terms of quantity and long term of the water leakage as well as the properties of the multilayers rubber coated fabric after filled in and pumped water out for a number of times.

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อ	i
Abstract	ii
เนื้อหางานวิจัย	1
2.1. ความสำคัญและที่มาของปัญหาการวิจัย	1
2.2. วัตถุประสงค์	2
2.3. ทฤษฎีและแนวคิดในการวิจัย	2
2.4. วิธีการ	3
2.5. ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล	8
2.6 สรุปผล	37
2.7 ข้อเสนอแนะ	39
2.9 เอกสารอ้างอิง	40

2.1 ความสำคัญและความเป็นมาของการวิจัย

ยางธรรมชาติเป็นผลผลิตทางการเกษตรที่มีความสำคัญของประเทศไทย และเป็นผลผลิตหลักของเกษตรกรในภาคใต้ ปี พ.ศ. 2547 (www.rubberthai.com) ประเทศไทยผลิตยางธรรมชาติได้ทั้งสิ้นประมาณ 2,984,293 ตัน ซึ่งจะเห็นว่ามีแนวโน้มการผลิตที่เพิ่มขึ้นสูงมาก โดยส่วนใหญ่ส่งออกในรูปของวัตถุดิบประมาณ 2,637,096 ตัน ใช้ภายในประเทศ 318,649 ตัน และสต็อกปริมาณ 232,560 ตัน ยางธรรมชาติเหล่านี้ส่วนใหญ่จะผลิตในรูปยางแท่ง ยางแผ่นรมควัน และยางเครฟ ปริมาณ 2,366,550 ตัน น้ำยางข้นปริมาณ 507,330 ตัน และยางประเภทอื่นๆ 110,413 ตัน ในส่วนของน้ำยางข้นมีการนำไปใช้ในการผลิตถุงมือทางการแพทย์ ถุงยางอนามัย สายยางยืด และฟองน้ำยาง เป็นต้น ยางธรรมชาติที่ผลิตขึ้นส่วนใหญ่จะส่งออกในรูปยางดิบ ถึงแม้ว่าในช่วงปี พ.ศ. 2547-2549 จะมียางราคาสูงขึ้น แต่นับตั้งแต่เดือนกรกฎาคม 2549 จนถึงปัจจุบันราคามีแนวโน้มลดลงเล็กน้อย แต่เมื่อเทียบมูลค่าของผลิตภัณฑ์ยางแล้วยังถือว่าราคายางธรรมชาติยังอยู่ในระดับต่ำ นอกจากการส่งออกแล้วภายในประเทศมีการใช้ยางธรรมชาติในการแปรรูปแล้วส่งออกในรูปของผลิตภัณฑ์ยางสำเร็จรูป ยางผสมสารเคมี หรือยางที่ปรับสมบัติแล้ว แต่ปริมาณการใช้ยางเพื่อการแปรรูปในประเทศยังอยู่ในปริมาณที่ต่ำมาก ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่จะต้องมีการกระตุ้น และการวิจัยพัฒนาเพื่อให้เกิดการแปรรูปยางเป็นผลิตภัณฑ์ยาง หรือยางธรรมชาติรูปแบบใหม่ เพื่อให้เกิดการเพิ่มมูลค่ายางได้มากขึ้น

น้ำยางข้นเป็นวัตถุดิบหลักที่สำคัญในอุตสาหกรรมหลายประเภท โดยเฉพาะผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการชุบหรือจุ่ม (Dipping products) เช่น ถุงมือทางการแพทย์ ถุงมือใช้งานในบ้าน ถุงยางอนามัย และลูกโป่ง เป็นต้น นอกจากนี้ยังใช้น้ำยางข้นในปริมาณสูงในการทำผลิตภัณฑ์สายยางยืด และยางฟองน้ำ โดยส่วนใหญ่ใช้น้ำยางข้นผลิตโดยใช้กระบวนการปั่นแยก (Centrifuged process) ซึ่งต้องใช้เครื่องมือหรือเครื่องจักรขนาดใหญ่ และเงินลงทุนค่อนข้างสูง เหมาะสำหรับการผลิตในเชิงอุตสาหกรรมที่ใช้วัตถุดิบคือน้ำยางสด ปริมาณมาก นอกเหนือจากกระบวนการผลิตน้ำยางข้นด้วยวิธีการดังกล่าวแล้ว ยังมีวิธีการผลิตแบบอื่นๆ เช่น การทำให้เกิดครีม (Creaming process) การทำให้ระเหย (Evaporation process) เป็นต้น

เศรษฐกิจพอเพียงเป็นปรัชญาการดำเนินชีวิตที่พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวทรงมีพระราชดำรัสชี้แนะแนวทางการดำเนินชีวิตแก่พสกนิกรมาโดยตลอดนานกว่า 25 ปี ได้ทรงเน้นย้ำแนวทางการแก้ไขเพื่อให้รอดพ้นและสามารถดำรงอยู่ได้อย่างมั่นคงและยั่งยืน ภายใต้กระแสโลกาภิวัตน์ และการเปลี่ยนแปลงต่างๆ เศรษฐกิจพอเพียงเป็นปรัชญาชี้ถึงแนวทางการดำรงอยู่และปฏิบัติตนของประชาชนในทุกๆ ระดับ ตั้งแต่ระดับครอบครัว ระดับชุมชน จนถึงระดับรัฐ ในส่วนของภาคเกษตรกรรมการดำรงอยู่อย่างเศรษฐกิจที่พอเพียงนั้น ขึ้นตอนหนึ่งเกี่ยวข้องกับวิธีการจัดสรรที่ดินของเกษตรกร เพื่อให้สามารถเลี้ยงตัวเองได้ โดยแบ่งพื้นที่ออกเป็น 4 ส่วน โดยมีอัตราส่วนของสระเก็บกักน้ำ : พื้นที่ปลูกข้าว : พื้นที่ปลูกไม้ยืนต้น ไม้ผล พืชผัก : ที่อยู่อาศัย เท่ากับ 30:30:30:10 (<http://isc.ru.ac.th/data/PS0000281.doc> สืบค้นวันที่ 31 ส.ค. 2549) จะเห็นว่ามีส่วนของสระน้ำถึง 30 เปอร์เซ็นต์ เพื่อใช้ในการเกษตรกรรมเป็นหลัก ดังนั้นหากเกษตรกรมีสระน้ำก็เปรียบเสมือนมีตุ่มเก็บกักน้ำในฤดูฝน ช่วยป้องกันน้ำไหลหลากท่วมไร่นาของเกษตรกร ตลอดจนช่วยมิให้น้ำไหลหลากลงสู่แม่น้ำลำคลอง สามารถนำน้ำจากสระน้ำมาใช้ในการฤดูฝนกรณีเกิดขาดแคลนน้ำหรือฝนทิ้ง

ช่วง สำหรับฤดูแล้ง หากมีน้ำในสระเหลือสามารถนำมาใช้ในการเพาะปลูกพืชและเลี้ยงสัตว์ การที่เกษตรกรมีสระน้ำในไร่นา ยังแสดงถึงการมีหลักประกันความเสี่ยงในการผลิตทางการเกษตร ถ้าเกิดการขาดแคลนน้ำขึ้นในการเพาะปลูก นอกจากนี้ สระน้ำยังเป็นทรัพยากรในการสนับสนุนการเพาะปลูกและเลี้ยงสัตว์ในไร่นา ให้ความชุ่มชื้น และสร้างระบบนิเวศเกษตรที่เหมาะสมในบริเวณพื้นที่ขอบสระน้ำ (<http://www.nfe.go.th/13/banprak/social/social02.html> สืบค้นวันที่ 31 ส.ค. 2549) จะเห็นว่า สระน้ำมีความสำคัญต่อการดำรงชีวิตโดยเฉพาะภาคเกษตรกรรมซึ่งเป็นแหล่งผลิตปัจจัยพื้นฐานสำหรับภาคการผลิตอื่นๆ การเก็บกักน้ำเป็นขั้นตอนสำคัญที่เกื้อหนุนต่อภาคการเกษตรของประเทศ การป้องกันไม่ให้น้ำที่บางฤดูกาลมีมากเกินไปจนท่วมพื้นที่ต่างๆ และไหลสู่พื้นดินเป็นน้ำใต้ดินอย่างรวดเร็ว โดยเฉพาะพื้นที่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือที่เป็นดินทรายเก็บกักน้ำไม่ดี ในต่างประเทศมีการเก็บกักน้ำโดยการปูสระน้ำด้วยแผ่นยาง โดยทั่วไปผลิตจากยางอีพดีเอ็ม (EPDM rubber) หรือยางบิวทิล (Butyl rubber) ส่วนในประเทศไทยได้มีการผลิตยางปูพื้นสระซึ่งคาดว่าจะใช้ยางธรรมชาติเป็นหลัก แต่เทคนิคการผลิตหรือรูปแบบการผลิตอยู่ในรูปแบบยางแผ่นขนาดใหญ่ ซึ่งต้องผลิตด้วยเครื่องจักรขนาดใหญ่และใช้เงินลงทุนมาก อาจจะไม่เหมาะกับพื้นที่สระขนาดเล็กมากนัก การวิจัยเพื่อผลิตยางปูสระน้ำด้วยกระบวนการและวิธีการที่เหมาะสมจะสามารถประยุกต์ใช้ในภาคการเกษตรที่กว้างขวางมากยิ่งขึ้น

งานวิจัยเรื่องนี้เป็นการศึกษาการใช้ยางขุ่นที่เตรียมด้วยวิธีการทำให้เกิดคริมจากโครงการ “ต้นแบบการผลิตน้ำยางขุ่นและผลิตภัณฑ์ฟองน้ำจากน้ำยางธรรมชาติระดับกลุ่มเกษตรกร สัญญาเลขที่ RGD4750031” โดยการใช้สารก่อคริมกลุ่มเซลลูโลสไฮดรอกซีเอทิลเซลลูโลส (Hydroxy ethyl cellulose, HEC) และใช้น้ำยางขุ่นจากการเช้นตริฟิวส์ ในการเตรียมยางปูสระน้ำโดยการคอมปาวด์น้ำยางให้เหมาะสม ทาหรือเคลือบภายในสระน้ำ โดยใช้วัสดุเสริมแรงชนิดต่างๆ เช่น ฟ้าใบ หรือ ตาข่ายพลาสติก (สแลนค์) ที่ทำมาจากพอลิโพรไพลีน แล้ว ทดสอบสมบัติต่างๆ เช่น สมบัติเชิงกล สมบัติการเก็บกักน้ำ เป็นต้น

2.2 วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาวิจัยการใช้น้ำยางขุ่นชนิดคริมและชนิดเช้นตริฟิวส์ในการประยุกต์ใช้ในการทำยางปูสระน้ำ (pond liner)

2.3 ทฤษฎี แนวความคิดในการวิจัย

โดยทั่วไปในต่างประเทศจะใช้วัสดุประเภทยางในการปูสระน้ำ เพราะมีความยืดหยุ่น มีความแข็งแรง ทนต่อการฉีกขาด ยางที่ใช้ส่วนมากเป็นยางบิวทิลและยางอีพดีเอ็ม ผลิตภัณฑ์ที่ผลิตขึ้นอยู่ในรูปของแผ่นยางขนาดใหญ่หนาประมาณ 1.5 มิลลิเมตร ส่วนในประเทศไทยมีการผลิตยางที่ใช้ในการเก็บกักน้ำและลดปัญหาน้ำท่วม เช่น ยางปูสระน้ำ และยางเขื่อน เป็นต้น โดยผลิตเป็นแผ่นยางขนาดใหญ่เช่นเดียวกัน โดยผลิตในโรงงาน ก่อนขนส่งไปติดตั้งในพื้นที่ วัตถุประสงค์ขั้นต้นอยู่ในรูป

ของยางแห้ง (solid rubber) ในงานวิจัยนี้เป็นการวิจัยการผลิตแผ่นยางปูพื้นสระน้ำโดยใช้วัตถุดิบเริ่มต้นเป็นน้ำยางข้น (concentrated latex) โดยใช้ทั้ง น้ำยางข้นชนิดครีม (creamed concentrated natural rubber latex) และน้ำยางข้นจากการเซ็นทรีฟัส โดยน้ำยางข้นชนิดครีมมาผสมสารเคมีชนิดต่างๆ เช่น สารตัวเร่ง สารป้องกันการเสื่อม สารตัวเติม กำมะถัน สารควบคุมความหนืด สารเพิ่มความหนืด เป็นต้น โดยแปรปัจจัยต่างๆ คือ ชนิดและปริมาณสารเคมีต่างๆข้างต้น เพื่อหาสูตรน้ำยางคอมปาวด์ที่เหมาะสม กล่าวคือ ได้สมบัติต่างๆที่ดี เช่น การวัลคาไนซ์ สมบัติทางกายภาพ การขึ้นรูปเป็นยางปูสระน้ำ เป็นต้น โดยศึกษาในระดับห้องปฏิบัติการก่อนแล้วจึงขยายส่วนผลิตในพื้นที่จริง

2.4 วิธีการ

2.4.1 การศึกษาอิทธิพลของระบบการวัลคาไนซ์

ในขั้นตอนนี้ทำการเตรียมน้ำยางคอมปาวด์ 4 สูตร ดังรายละเอียดในตารางที่ 1 โดยแปรชนิดและปริมาณของสารตัวเร่ง คือ ZDEC และ ZDBC ที่ปริมาณ 0.5 และ 1.7 phr บ่มน้ำยางคอมปาวด์ที่อุณหภูมิห้องเป็นระยะเวลาต่างๆ ติดตามระดับการพรีวัลคาไนซ์โดยการวัด Chloroform number และ Toluene swelling index (TSI) จากนั้นนำน้ำยางคอมปาวด์ไปทาบนแผ่นโลหะปลอดสนิมจำนวน 5 ครั้ง ตั้งทิ้งไว้ให้แห้งที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 12 ชั่วโมง นำไปตัดเป็นชิ้นทดสอบสมบัติเชิงกลคือ 300 %โมดูลัส ความต้านทานต่อแรงดึง ระยะยืดสูงสุดที่จุดขาด และความต้านทานต่อการฉีกขาด

ตารางที่ 1 สูตรที่ใช้ในการศึกษาระบบการวัลคาไนซ์

Ingredients	FC-1	FC-2	FC-3	FC-4
60% HA Latex	100	100	100	100
20% K-luarate	2	2	2	2
10% KOH	0.5	0.5	0.5	0.5
50% Wingstay L	2	2	2	2
50 % ZDEC	0.75	1.5	-	-
50% ZDBC	-	-	0.75	1.5
50% Sulphur	1.75	1.75	1.75	1.75
50% ZnO	1.5	1.5	1.5	1.5
10% CMC	1	1	1	1
5% TSPP	1.5	1.5	1.5	1.5
CaCO ₃	100	100	100	100
Total weight	210.25	211.75	210.25	211.75

2.4.2 การศึกษาอิทธิพลของชนิดและปริมาณสารตัวเติม

หลังจากที่ได้สูตรน้ำยางที่สามารถเกิดการเชื่อมโยงที่อุณหภูมิห้อง โดยใช้เวลาประมาณ 24 ชั่วโมงแล้ว ขั้นตอนต่อไปนำสูตรข้างดังกล่าวมาทำการศึกษานชนิดและปริมาณสารตัวเติม โดยเลือกใช้สารตัวเติมราคาถูก 2 ชนิด คือ แคลเซียมคาร์บอเนตและเคลย์ โดยแปรปริมาณที่ 50 และ 100 phr. แล้วทำการศึกษาสมบัติของยางที่เตรียมเป็นแผ่นฟิล์มและยางฉาบผ้า ดังรายละเอียดดังนี้

2.4.2.1 สมบัติการวัดคาไนซ์และสมบัติแผ่นฟิล์มยาง

นำสูตรยางที่เหมาะสมในหัวข้อ 2.4.1 (คือ สูตร FC-1) มาทำการศึกษาอิทธิพลชนิดและปริมาณสารตัวเติม โดยเลือกใช้สารตัวเติมราคาถูก 2 ชนิด คือ แคลเซียมคาร์บอเนตและเคลย์ โดยแปรปริมาณที่ 50 และ 100 phr. ดังสูตรแสดงในตารางที่ 2 นอกจากนี้บางสูตรยังทำการเติมเขม่าดำ (N-330) เพื่อเป็นสารให้สีปริมาณ 0.75 phr คัดตามระดับการพรีวัลคาไนซ์โดยการวัด Chloroform number และ Toluene swelling index (TSI) จากนั้นนำน้ำยางคอมปาวด์ไปทาบนแผ่นโลหะปลอดสนิมจำนวน 5 ครั้ง ตั้งทิ้งไว้ให้แห้งที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 12 ชั่วโมง นำไปตัดเป็นชิ้นทดสอบสมบัติเชิงกลคือ ความต้านทานต่อแรงดึง ระยะยืดสูงสุดที่จุดขาด และความต้านทานต่อการฉีกขาด

ตารางที่ 2 สูตรที่ใช้ในการศึกษาการแปรชนิดและปริมาณสารตัวเติม

Ingredients	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8
60% HA Latex	100	100	100	100	100	100	100	100
20% K-luarate	2	2	2	2	2	2	2	2
10% KOH	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
50% Wingstay L	2	2	2	2	2	2	2	2
50% ZDEC	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
50% Sulphur	1.75	1.75	1.75	1.75	1.75	1.75	1.75	1.75
50% ZnO	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
10% CMC	1	1	1	1	1	1	1	1
5% TSPP	0.75	1.5	0.75	1.5	0.75	1.5	0.75	1.5
10% N330	-	-	0.75	0.75	-	-	0.75	0.75
CaCO ₃	50	100	50	100	-	-	-	-
Clay	-	-	-	-	50	100	50	100
Total weight	161	211.75	161.75	212.5	161.00	211.75	161.75	212.5

2.4.2.2 การเตรียมยางฉาบผ้า

ใช้สูตรน้ำยางคอมปาวด์เหมือนกับหัวข้อ 2.4.2.1 แต่ใช้น้ำยางคอมปาวด์ชนิดต่างๆทาบนผ้า โดยแปรชนิดของผ้า 3 ชนิด คือ ผ้าซับใน (พอลิเอสเตอร์) ผ้าด้ายดิบ และ wet look (ผ้าไนลอน) โดยใช้วิธีการทา 3 แบบ คือ การทา 1 ชั้น (ยาง-ผ้า-ยาง), การทา 2 ชั้นแนวเดียวกัน (ยาง-ผ้า-ยาง-ผ้า-ยาง) โดยเรียงในแนวเกรนของผ้า และการทา 2 ชั้นแนวขวาง (ยาง-ผ้า-ยาง-ผ้า-ยาง โดยผ้า 2 ชั้นในแนวเกรนทำมุมฉากซึ่งกันและกัน) หลังจากนั้นตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 24 ชั่วโมง นำไปตัดเพื่อเตรียมตัวอย่างทดสอบความต้านทานต่อแรงดึง ความสามารถในการยืดและความต้านทานต่อการฉีกขาด

2.4.3 การศึกษาอิทธิพลของชนิดและปริมาณสารป้องกันการเสื่อม

2.4.3.1 การศึกษาสมบัติการวัลคาไนซ์และสมบัติฟิล์มยาง

จากการทดลองในหัวข้อ 2.4.2 พบว่าการใช้แคลเซียมคาร์บอเนตให้สมบัติฟิล์มยางและยางฉาบผ้าดี จึงเลือกใช้สารตัวเติมชนิดนี้ในการทดลองต่อไป โดยการแปรชนิดและปริมาณสารป้องกันการเสื่อม โดยใช้ Wingstay L และ TMQ ที่อัตราส่วนผสมต่างๆ ดังสูตรน้ำยางคอมปาวด์ แสดงดังในตารางที่ 3 ติดตามระดับการพรีวัลคาไนซ์โดยการวัด Chloroform number และ Toluene swelling index (TSI) จากนั้นนำน้ำยางคอมปาวด์ไปทาบนแผ่นโลหะปลอดสนิมจำนวน 5 ครั้ง ตั้งทิ้งไว้ให้แห้งที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 24 ชั่วโมง นำไปตัดเป็นชิ้นทดสอบสมบัติเชิงกลคือ ความต้านทานต่อแรงดึง ระยะยืดสูงสุดที่จุดขาด และความต้านทานต่อการฉีกขาด เปรียบเทียบสมบัติก่อนและหลังการบ่มเร่งด้วยอากาศร้อนที่อุณหภูมิ 70 °C เป็นเวลา 7 วัน

ตารางที่ 3 สูตรน้ำยางคอมปาวด์ที่แปรชนิดและปริมาณสารป้องกันการเสื่อม

Ingredients	F1A	F2A	F3A	F4A	F5A
60% HA Latex	100	100	100	100	100
20% K-luarate	2	2	2	2	2
10% KOH	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
50% Wingstay L	1	1	1	2	2
50% TMQ	1	2	3	2	3
50% ZDEC	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
50% Sulphur	1.75	1.75	1.75	1.75	1.75
50% ZnO	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
10% CMC	1	1	1	1	1
5% TSPP	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
CaCO ₃	50	50	50	50	50
Total weight	211.75	212.75	213.75	213.75	214.75

2.4.3.2 อิทธิพลของสารป้องกันการเสื่อมต่อสมบัติของผ้าฉาบยาง

จากผลการทดลองเบื้องต้นพบว่าสมบัติการวัลคาไนซ์และสมบัติเชิงกลของฟิล์มที่ได้จากน้ำยางคอมปาวด์สูตรที่ F1A ที่มีส่วนผสมระหว่าง Wingstay L และ TMQ = 1:1 phr มีสมบัติที่ดีที่สุด จึงเลือกเป็นตัวแทนในการศึกษาสมบัติของผ้าฉาบยาง โดยแปรชนิดของผ้า 3 ชนิด คือ ผ้าซับใน (พอลิเอสเตอร์) ผ้าด้ายดิบ และ ผ้า wet look (ผ้าไนลอน) โดยการทา 3 แบบ เช่นเดียวกับกรณีการทดลองแปรชนิดและปริมาณสารตัวเติม ในหัวข้อ 2.4.2.1 คือ ทาแบบ 1 ชั้น (ยาง-ผ้า-ยาง), 2 ชั้น แนวเดียวกัน (ยาง-ผ้า-ยาง-ผ้า-ยาง) โดยเรียงในแนวเกรนของผ้า และ 2 ชั้นแนวขวาง (ผ้า 2 ชั้นในแนวเกรนทำมุมฉากซึ่งกันและกัน) ศึกษาสมบัติด้านการเสื่อมภายหลังการบ่มเร่งแบบต่างๆ คือ อบด้วยอากาศร้อนที่อุณหภูมิ 70 °C เป็นเวลา 7 วัน, ตากแดดเป็นเวลา 7 วัน และ แช่น้ำเป็นเวลา 24 ชั่วโมง เปรียบเทียบผลกับสมบัติก่อนการบ่มเร่ง

2.4.4 การใช้ยางฉาบผ้าผ้าปูสระ

ในการทดลองนี้เริ่มจากการเตรียมสระขนาดเล็กน้อยปากสระกว้าง 140 ซม. ยาว 190 ซม. และก้นสระกว้าง 100 ซม. ยาว 150 ซม. และลึก 50 ซม. (ไม่สามารถขุดสระที่ลึกกว่านี้ได้เนื่องจากมีตาน้ำตื้นมาก) การปูสระในงานวิจัยนี้มีการทำการทดลอง 2 วิธีคือ

1. การปูสระแบบ 2 ขั้นตอน

ทำการทดลองโดยการปูยางฉาบผ้า 1 ชั้น เติมน้ำแล้วทดสอบการรั่วแล้วเอาน้ำออกปูยางฉาบผ้าเพิ่มอีก 1 ชั้น โดยมีวิธีการเคลือบยางและผ้าลงในสระในการทดลองนี้มี 2 ขั้นตอน คือ

ขั้นตอนที่ 1

ผลการพ่นน้ำยางคอมปาวด์ตามสูตร F1A ที่มีการเติมสีดำ N-330 ลงไป 0.75 phr เพื่อให้สามารถสังเกตการคลุมผิวบ่อและการทะลุของน้ำยางได้ง่ายขึ้น พ่นสเปรย์ด้วยด้วยเครื่องพ่นจำนวน 7 ชั้นลงบนผิวสระที่ได้ขุดเตรียมได้ วัดปัจจัยต่างๆ เช่น ปริมาณน้ำยางคอมปาวด์ที่ใช้ อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม และความชื้นสัมพัทธ์หลังจากเมื่อพ่นครบ 7 ชั้น ทิ้งไว้ประมาณ 2 ชั่วโมง แล้วพ่นบางๆ อีกครั้งก่อนวางผ้าด้ายดิบ โดยวางแนวตามแนวยาวของสระ จำนวน 1 ชั้น แล้วทาทับด้วยน้ำยางสูตร F1A ใช้เวลาในการทาทับ 30 นาที แล้วเป่าลมร้อนให้ทั่วประมาณ 1 ชั่วโมง

เติมน้ำในสระปริมาตรประมาณ 430,360 ลบ.ซม. (ระดับของน้ำสูงจากพื้นบ่อประมาณ 25 ซม.) วัดอุณหภูมิสิ่งแวดล้อมและความชื้นสัมพัทธ์ขณะใส่น้ำลงในบ่อน้ำ สังเกตระดับน้ำทุกๆ 1 ชั่วโมงเป็นเวลา 6 ชั่วโมง

ขั้นตอนที่ 2

สูบน้ำออกจากสระ แล้วเป่าด้วยลมร้อนจนยางที่ผิวแห้ง แล้วใช้น้ำยางคอมปาวด์สูตรเดิมทาซ้ำบนยางปูสระจากขั้นตอนที่ 1 โดยการทา 2 รอบ คือ ทารองพื้น ซึ่งใช้ระยะเวลาการทา

ประมาณ 30 นาที ทั้งไว้ 60 นาทีก่อนการทาสีชั้นที่ 2 ซึ่งใช้ระยะเวลาการทาประมาณ 30 นาที วัดอุณหภูมิแวดล้อมและความชื้นสัมพัทธ์

หลังจากนั้นปูผ้าด้ายดิบอีก 1 ชั้น เพื่อเสริมความแข็งแรงของการปูสระ โดยให้เป็นแนวเดียวกับผ้าผืนเดิม หลังจากนั้นทาน้ำยางคอมปาวด์สูตรเดิมแต่มีการใช้สีดำ เพื่อให้สังเกตเห็นการกระจายและความทั่วถึงของการทาสีชั้น โดยการทา 2 รอบ รอบแรกทารองพื้น ใช้ระยะเวลาการทาประมาณ 30 นาที ทั้งไว้ 60 นาทีก่อนการทาสีชั้นที่ 2 โดยใช้ระยะเวลาการทาประมาณ 30 นาที วัดอุณหภูมิแวดล้อมและความชื้นสัมพัทธ์ ตั้งทิ้งไว้ข้ามคืน (26 ชั่วโมง) ในการทดลองนี้ ทดลองเติมน้ำในสระ 3 ครั้ง คือ

ครั้งที่ 1 เติมน้ำปริมาตร 363,950 ลบ.ซม. (ระดับของน้ำสูงจากพื้นบ่อประมาณ 24 ซม.) แ วัดอุณหภูมิแวดล้อมและความชื้นสัมพัทธ์ขณะเติมน้ำลงในสระน้ำที่มีการปูยาง สังเกตระดับของน้ำเป็นระยะๆ เป็นระยะเวลา 72 ชั่วโมง แล้วสูบน้ำออก แล้วใช้ลมร้อนเป่าให้แห้งแล้วทิ้งไว้เป็นเวลาประมาณ 24 ชั่วโมง

ครั้งที่ 2 เติมน้ำปริมาตรที่ระดับน้ำเท่าเดิม และใช้พลาสติกคลุมบ่อน้ำ สังเกตระดับของน้ำเป็นระยะๆ เป็นระยะเวลา 120 ชั่วโมง หลังจากนั้นสูบน้ำออก แล้วใช้ลมร้อนเป่าให้แห้งและทิ้งไว้เป็นเวลาประมาณ 24 ชั่วโมง

ครั้งที่ 3 เติมน้ำอุ่นที่ควบคุมอุณหภูมิที่ 50°C ที่ระดับน้ำเท่าเดิม และควบคุมให้น้ำมีอุณหภูมิในช่วง $45-50^{\circ}\text{C}$ เป็นเวลา 72 ชั่วโมง สังเกตระดับของน้ำเป็นระยะๆ เป็นระยะเวลา 72 ชั่วโมง หลังจากนั้นสูบน้ำออกอีกครั้ง แล้วลอกยางออกจากบ่อน้ำ ตั้งทิ้งไว้จนแห้งที่อุณหภูมิห้อง แล้ว นำไปทดสอบสมบัติด้านความต้านทานต่อแรงดึง ความสามารถในการยืดและความต้านทานต่อการฉีกขาด ที่ตำแหน่งต่างๆของสระ

2. การปูสระแบบขั้นตอนเดียว

เริ่มดำเนินการทดลองการปูสระโดยการทาน้ำยางคอมปาวด์และผ้าด้ายดิบหลายขั้นตอน ดังรายละเอียดต่อไปนี้ คือ

ครั้งที่ 1 พ่นสเปรย์น้ำยางลงบนดินพื้นสระ โดยใช้ น้ำยางคอมปาวด์สูตร F1A ที่มีกรดสีดำ N-330 ลงไป 0.75 phr โดยใช้ น้ำยางประมาณ 7750 กรัม (2000 กรัม/ตร.ม.) โดยใช้เวลาในการพ่นน้ำยางประมาณ 20 นาที แล้วทิ้งไว้ 15 นาที วัดอุณหภูมิแวดล้อมและความชื้นสัมพัทธ์ขณะพ่นน้ำยาง หลังจากนั้นวางแนวผ้าด้ายดิบตามแนวยาว จำนวน 1 ชั้น

ครั้งที่ 2 ทาทับด้วยน้ำยางคอมปาวด์ ปริมาณของน้ำยางคอมปาวด์ที่ใช้ในการทาทับประมาณ 3870 กรัม (1000 กรัม/ตร.ม.) ใช้เวลาในการทาทับ 10 นาที แล้วทิ้งไว้ 15 นาที วัดอุณหภูมิแวดล้อมและความชื้นสัมพัทธ์ขณะทาน้ำยาง หลังจากนั้นวางแนวผ้าด้ายดิบตามแนวยาว จำนวน 1 ชั้น

ครั้งที่ 3 ทาทับบนผ้าด้ายดิบชั้นที่ 2 ด้วยน้ำยางคอมปาวด์ปริมาณ 2520 กรัม (650 กรัม/ตร.ม.) ใช้เวลาในการทาทับบ 10 นาที แล้วทิ้งไว้ 15 นาที วัดอุณหภูมิแวดล้อมและความชื้นสัมพัทธ์ขณะทาน้ำยาง

ครั้งที่ 4 ทาน้ำยางคอมปาวด์เพื่อเคลือบผิวโดยใช้น้ำยางคอมปาวด์ปริมาณ 775 กรัม (200 กรัม/ตร.ม.) โดยใช้เวลาในการทา ประมาณ 20 นาที วัดอุณหภูมิแวดล้อมและความชื้นสัมพัทธ์ขณะทาน้ำยาง ตั้งทิ้งไว้ข้ามคืน (ประมาณ 26 ชั่วโมง) และใช้พลาสติกคลุมบ่อน้ำ

หลังจากนั้นทำการเติมน้ำลงในสระ และดูดน้ำออก จำนวน 4 ครั้ง ดังนี้

ครั้งที่ 1 เติมน้ำ ปริมาตร 333,000 ลบ.ซม. (ระดับน้ำสูงจากพื้นสระประมาณ 21.5 ซม.) วัดระดับของน้ำในสระน้ำ เมื่อทิ้งไว้เป็นเวลา 5 วัน สูบน้ำออก ใช้ลมร้อนเป่าให้แห้งแล้วทิ้งไว้เป็นเวลาประมาณ 2 ชั่วโมง

ครั้งที่ 2 เติมน้ำในระดับน้ำเท่าเดิม วัดระดับของน้ำในสระน้ำ เมื่อทิ้งไว้เป็นเวลา 5 วัน สูบน้ำออก ใช้ลมร้อนเป่าให้แห้งและทิ้งไว้เป็นเวลาประมาณ 2 ชั่วโมง

ครั้งที่ 3 เติมน้ำใหม่ที่ระดับน้ำเท่าเดิม วัดระดับของน้ำในสระน้ำ เมื่อทิ้งไว้เป็นเวลา 5 วัน สูบน้ำออก ใช้ลมร้อนเป่าให้แห้งและทิ้งไว้เป็นเวลาประมาณ 2 ชั่วโมง

ครั้งที่ 4 เติมน้ำใหม่ที่ระดับน้ำเท่าเดิมวัดระดับของน้ำในสระน้ำ เมื่อทิ้งไว้เป็นเวลา 4 สัปดาห์ หลังจากนั้นสูบน้ำออก ลอกยางออกจากบ่อน้ำ ตั้งทิ้งไว้จนแห้งที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 1 สัปดาห์ นำไปทดสอบสมบัติด้านความต้านทานต่อแรงดึง ความสามารถในการยืด และความต้านทานต่อการฉีกขาด

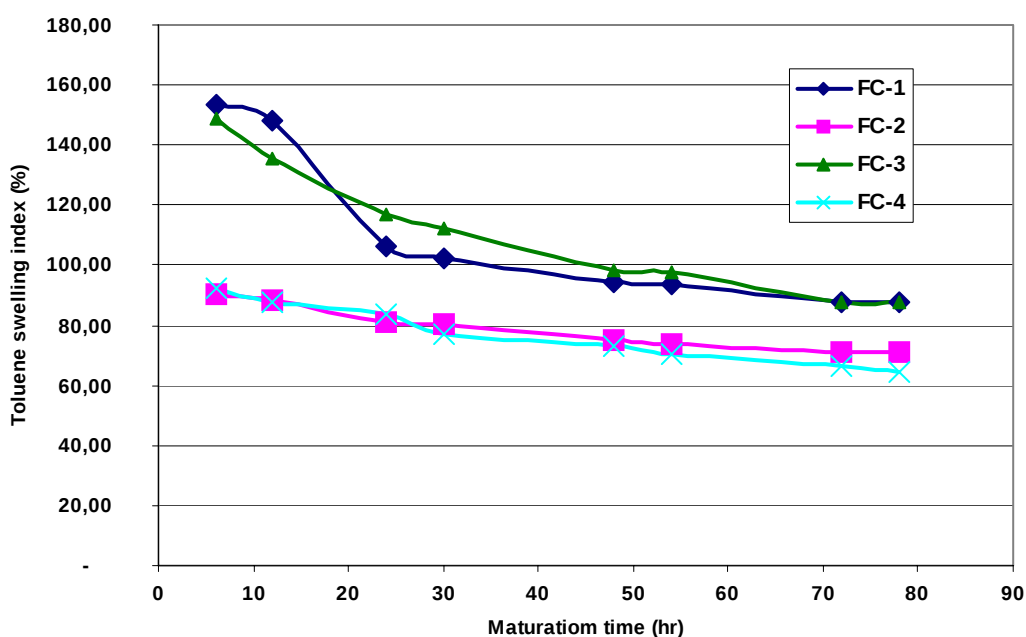
2.5 ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล

2.5.1 การศึกษาสูตรน้ำคอมปาวด์โดยแปรระบบการวัลคาไนเซชัน

ผลการทดสอบสมบัติการพรีวัลคาไนซ์ของน้ำยางคอมปาวด์ในรูปแบบ chloroform number แสดงดังในตารางที่ 4 และ TSI แสดงดังในรูปที่ 1 พบว่าค่า chloroform number ของน้ำยางคอมปาวด์ทุกสูตร จะมีค่าประมาณ 2 ที่เวลาการบ่มประมาณ 30 ชั่วโมง และเริ่มมีค่าประมาณ 3 ที่เวลาประมาณ 48 ชั่วโมง นอกจากนี้พบว่าการใช้ ZDEC (FC-2) และ DDBC (FC-4) ปริมาณ 1.5 phr จะให้ค่า Chloroform number = 3 เร็วกว่าสูตร FC-1 และ FC-3 ซึ่งใช้สารตัวเร่ง ZDEC และ ZDBD ปริมาณ 0.75 phr ตามลำดับ

ตารางที่ 4 ค่า Chloroform number ของน้ำยางคอมปาวด์ที่แปรระบบวัลคาไนเซชัน

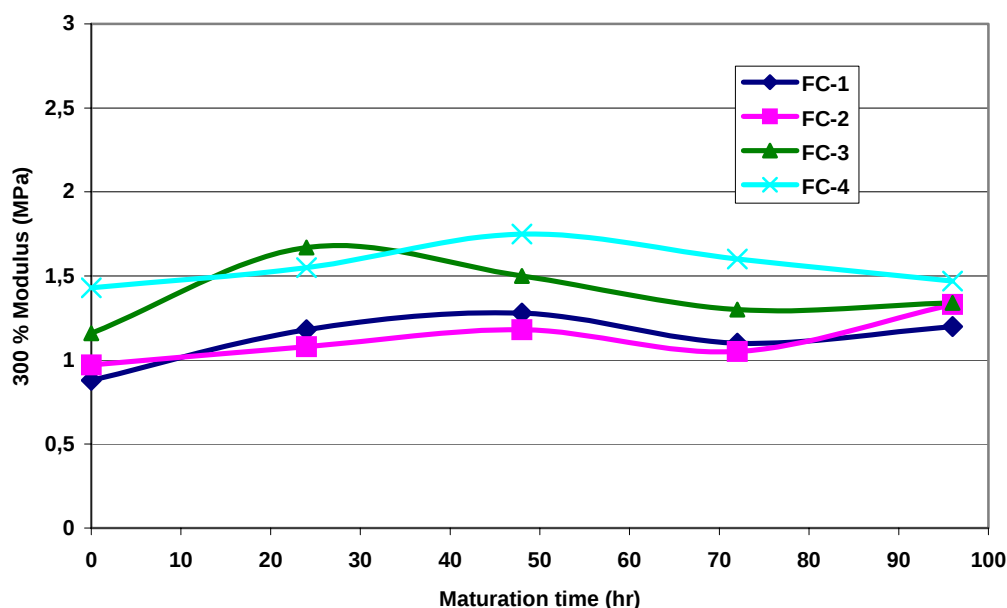
Maturation time (hr)	FC-1	FC-2	FC-3	FC-4
6	1	1	1	1
12	1	1	1	1
24	2	2	2	2
30	2	2	2	2
48	2	3	2	3
54	3	4	3	4
72	4	4	4	4
78	4	4	4	4



รูปที่ 1 ค่า TSI ของน้ำยางคอมปาวด์ที่แปรระบบวัลคาไนเซชัน

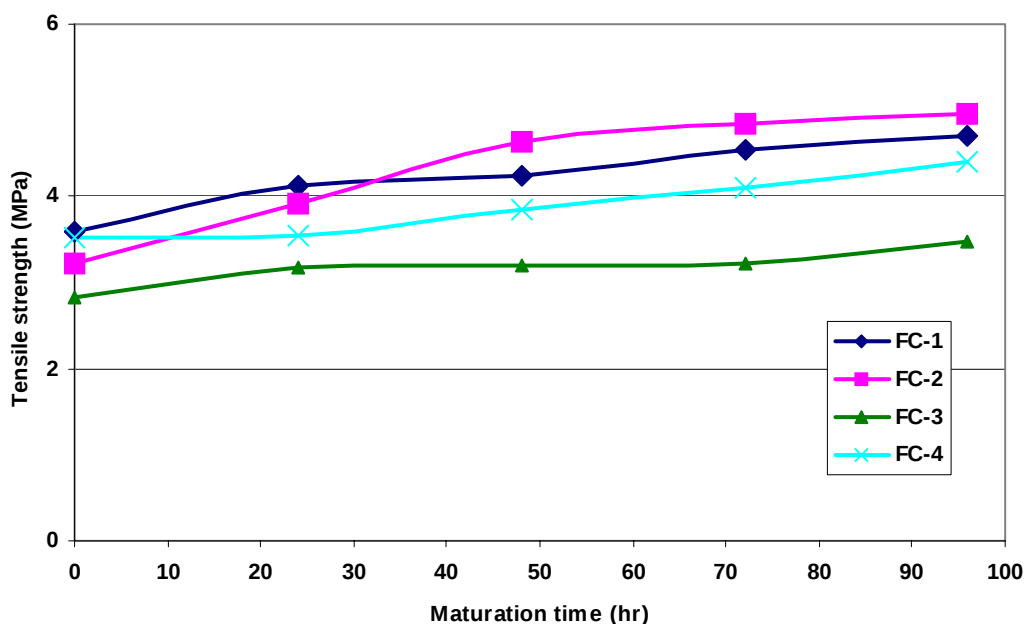
จากรูปที่ 1 พบว่า สูตร FC-2 และ FC-4 ที่ใช้ ZDEC และ ZDBC ที่ระดับ 1.75 phr ตามลำดับ ให้ค่า TSI ต่ำกว่าสูตร FC-1 และ FC-3 สารตัวเร่งดังกล่าวที่ระดับ 0.75 phr ทั้งนี้เนื่องจากการใช้สารตัวเร่งปริมาณมากขึ้นทำให้การวัลคาไนซ์ของน้ำยางคอมปาวด์เกิดได้เร็วขึ้น ส่งผลทำให้เกิดปฏิกิริยาการเชื่อมโยงได้ดีกว่า

สมบัติเชิงกลของยางวัลคาไนซ์ที่เตรียมจากน้ำยางคอมปาวด์ที่ใช้ระบบการวัลคาไนซ์แบบต่างๆแสดงผลการทดลองในรูปแบบของค่า 300% โมดูลัส ความต้านทานต่อแรงดึง ความสามารถในการยืดจนขาด และความสามารถในการฉีกขาด ดังแสดงในรูปที่ 2-5 ตามลำดับ

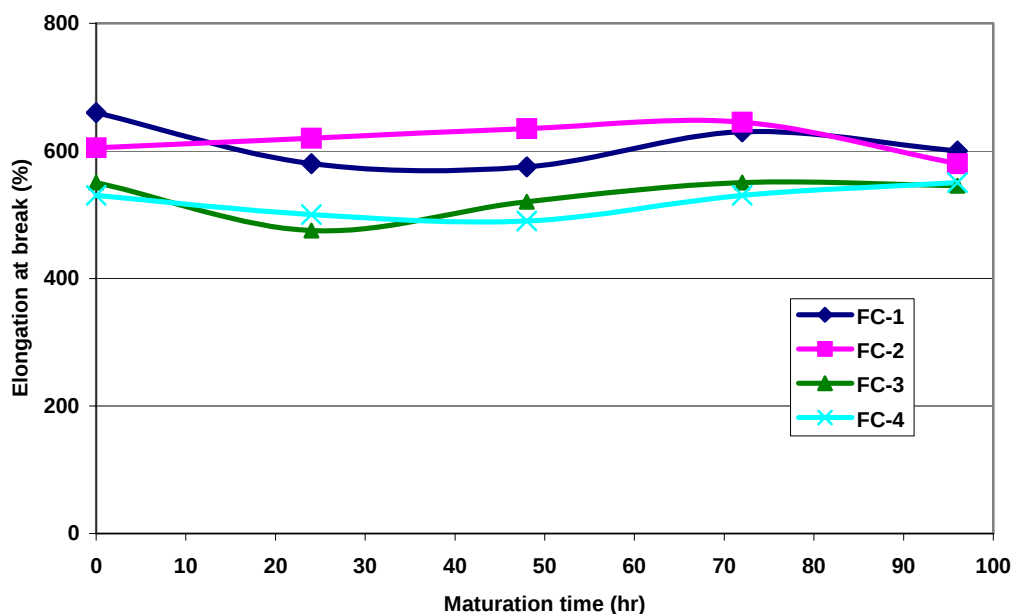


รูปที่ 2. ค่าโมดูลัสที่ระยะยืด 300% ของยางวัลคาไนซ์ที่เตรียมจากน้ำยางคอมปาวด์ที่แปรรูปวัลคาไนเซชัน

จากรูปที่ 2 พบว่าโมดูลัสที่ระยะยืดของยางวัลคาไนซ์ของสูตรที่ใช้สารตัวเร่ง ZDBC (FC-3 และ FC-4) มีค่าสูงกว่าสูตรที่ใช้สารตัวเร่ง ZDEC (FC-1 และ FC-2) เพียงเล็กน้อยโดยที่สมบัติดังกล่าวของยางวัลคาไนซ์ทั้ง 4 สูตร อยู่ในช่วง 0.9 – 1.7 MPa จากรูปที่ 3 เป็นความต้านทานต่อแรงดึงของยางวัลคาไนซ์ทั้ง 4 สูตร พบว่าการบ่มน้ำยางเป็นเวลานานขึ้นทำให้สมบัติดังกล่าวมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นโดยเฉพาะการใช้สารตัวเร่ง ZDEC ปริมาณ 1.5 phr (FC-2) ส่วนการใช้สารตัวเร่ง ZDBC ปริมาณ 0.75 phr จะให้สมบัติดังกล่าวมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย แต่เมื่อพิจารณาจากสมบัติของยางวัลคาไนซ์ พบว่ามีสมบัติด้านความแข็งแรงต่ำ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากในสูตรน้ำยางคอมปาวด์มีการใช้สารตัวเติมแคลเซียมคาร์บอเนตซึ่งเป็นสารตัวเติมไม่เสริมประสิทธิภาพ และใช้ในปริมาณค่อนข้างสูงคือ 100 phr นอกจากนี้ระบบการขึ้นรูปฟิล์มที่นำมาทดสอบสมบัติ จะปล่อยให้ยางเกิดการเชื่อมโยงที่อุณหภูมิห้อง จึงทำให้ยางอาจจะไม่สุกเต็มที่ในขณะที่ทำการทดสอบสมบัติเชิงกล



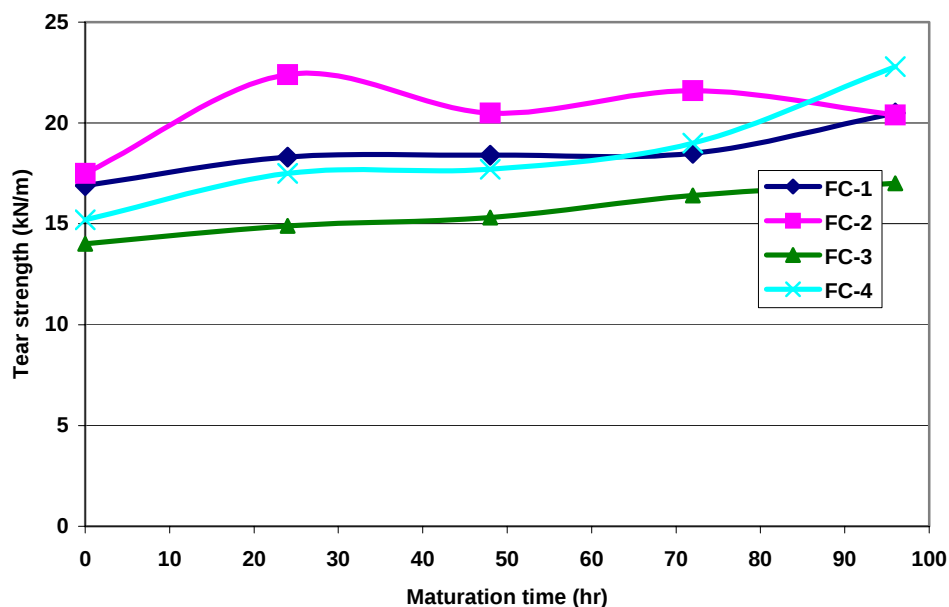
รูปที่ 3 ความต้านทานต่อแรงดึงของยางวัลคาไนซ์ที่เตรียมจากน้ำยางคอมปาวด์ที่แปรรูปวัลคาไนเซชัน



รูปที่ 4 ความสามารถในการยืดของยางวัลคาไนซ์ที่เตรียมจากน้ำยางคอมปาวด์ที่แปรรูปวัลคาไนเซชัน

จากรูปที่ 4 เป็นระยะยืดที่จุดขาดของยางวัลคาไนซ์ พบว่า การใช้สารตัวเร่ง ZDBC ให้สมบัติดังกล่าวต่ำกว่าสารตัวเร่ง ZDEC ทั้งนี้เนื่องจากสารตัวเร่ง ZDEC สามารถเกิดการเร่งปฏิกิริยาการวัลคาไนซ์ได้เร็วกว่า จึงทำให้มีปริมาณพันธะเชื่อมโยงที่อุณหภูมิต่ำได้มากกว่า จากรูป

ที่ 5 พบว่า ความต้านทานต่อการฉีกขาดของยางวัลคาไนซ์ที่ใช้สารตัวเร่ง ZDEC มีค่าสูงกว่าสูตรที่ใช้สารตัวเร่ง ZDBC โดยที่การใช้สารตัวเร่งปริมาณมากขึ้นทำให้สมบัติดังกล่าวเพิ่มสูงขึ้น ทั้งนี้สามารถอธิบายได้ว่าการใช้สารตัวเร่ง ZDEC สามารถเร่งปฏิกิริยาการวัลคาไนซ์ได้เร็วกว่า และการเพิ่มปริมาณสารตัวเร่งมากขึ้น ทำให้ปฏิกิริยาดังกล่าวเกิดได้เร็วขึ้น ปริมาณพันธะเชื่อมโยงที่เกิดขึ้นมากตามไปด้วย จึงตัดสินใจเลือกใช้สูตรที่ใช้ ZDEC (FC-2) ในการทดลองต่อไป



รูปที่ 5 ความต้านทานต่อการฉีกขาดของยางวัลคาไนซ์ที่เตรียมจากน้ำยางคอมปาวด์ที่แปรรูปวัลคาไนเซชัน

2.5.2 การศึกษาอิทธิพลของชนิดและปริมาณสารตัวเติม

2.5.2.1 สมบัติการวัลคาไนซ์ของน้ำยางคอมปาวด์

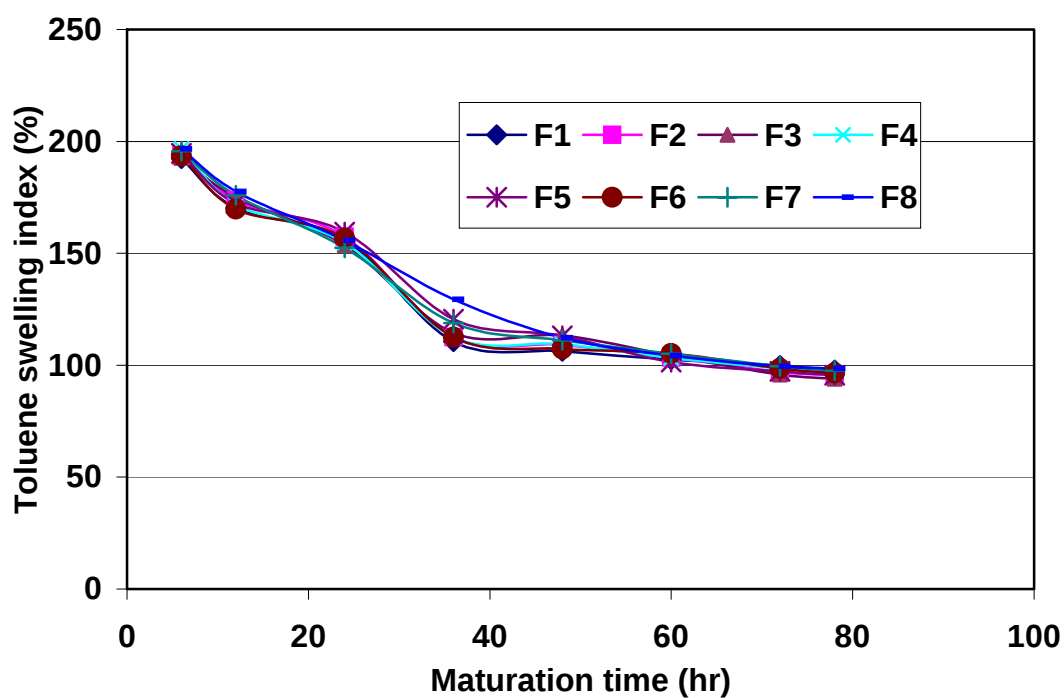
จากสูตรในตารางที่ 2 ได้ผลการทดลองสมบัติน้ำยางคอมปาวด์ที่บ่มเป็นเวลา 40 ชั่วโมงดังตารางที่ 5 สมบัติของน้ำยางคอมปาวด์ที่ระยะเวลาบ่ม 40 ชั่วโมง พบว่าค่าความหนืดเพิ่มขึ้นตามปริมาณสารตัวเติม นอกจากนี้พบว่าการใช้เคลย์เป็นสารตัวเติมจะให้น้ำยางที่มีความหนืดต่ำกว่าเล็กน้อยแต่เมื่อมีการใส่ขมิ้นดำเข้าไปจะมีผลทำให้ความหนืดมีค่าลดลง และระดับการวัลคาไนซ์ที่ระยะเวลาการบ่มต่างๆ จะให้ระดับ chloroform number ของน้ำยางคอมปาวด์ทุกสูตร ดังแสดงในตารางที่ 6 พบว่าเมื่อบ่มน้ำยางเป็นเวลา 36 ชั่วโมง จะมีผลทำให้ค่า chloroform number อยู่ที่ระดับ 2 และเมื่อเพิ่มเวลาการบ่มเป็น 72 ชั่วโมง จะได้ค่า chloroform number = 3 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลาการบ่มกับ TSI แสดงดังในรูปที่ 6 พบว่าค่า TSI จะมีแนวโน้มลดลงจนเข้าสู่ระดับค่อนข้างคงที่เมื่อเวลาการบ่มประมาณ 36 ชั่วโมง ซึ่งมีค่า chloroform number 2

ตารางที่ 5 สมบัติของน้ำยางคอมปาวด์ที่แปรชนิดและปริมาณสารตัวเติมที่ระยะเวลาบ่ม 40 ชั่วโมง

Properties	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8
TSC (%); calculate	59.52	63.11	58.18	61.95	59.52	63.11	58.18	61.95
TSC (%); Test	59.52	62.67	57.88	60.8	59.86	63.33	58.55	61.76
Viscosity (cps)								
Spendle 2, 100 rpm	280	316	232	306	246	332	214	304

ตารางที่ 6 สมบัติ chloroform number ของน้ำยางคอมปาวด์ที่แปรชนิดและปริมาณสารตัวเติมที่ระยะเวลาการบ่มต่างๆ

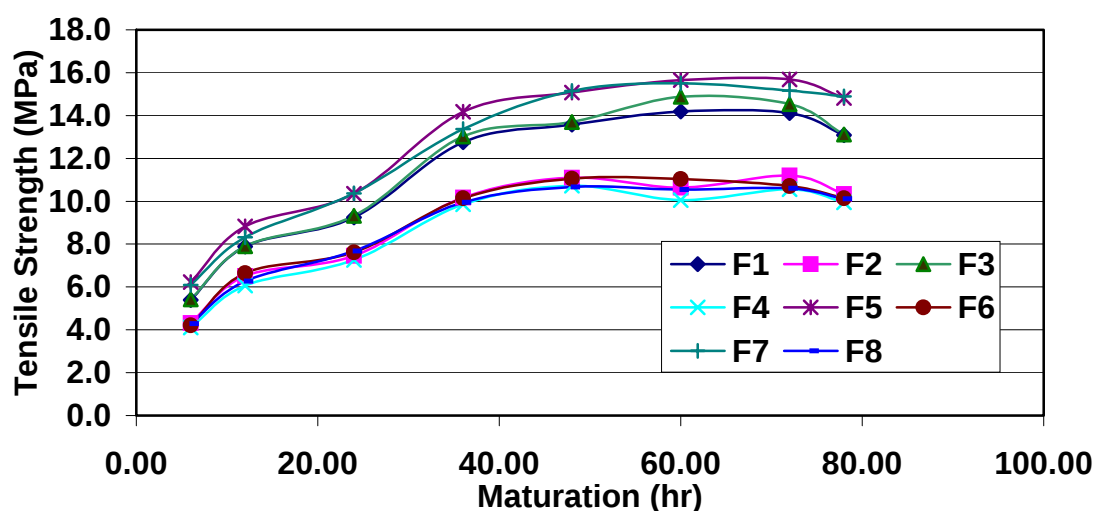
Maturation time	Chloroform Number							
(hrs)	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8
6	1	1	1	1	1	1	1	1
12	1	1	1	1	1	1	1	1
24	1	1	1	1	1	1	1	1
36	2	2	2	2	2	2	2	2
48	2	2	2	2	2	2	2	2
60	2	2	2	2	2	2	2	2
72	3	3	3	3	3	3	3	3
78	3	3	3	3	3	3	3	3



รูปที่ 6 ค่า TSI ของน้ำยางคอมปาวด์ที่ชนิดและปริมาณสารตัวเติม

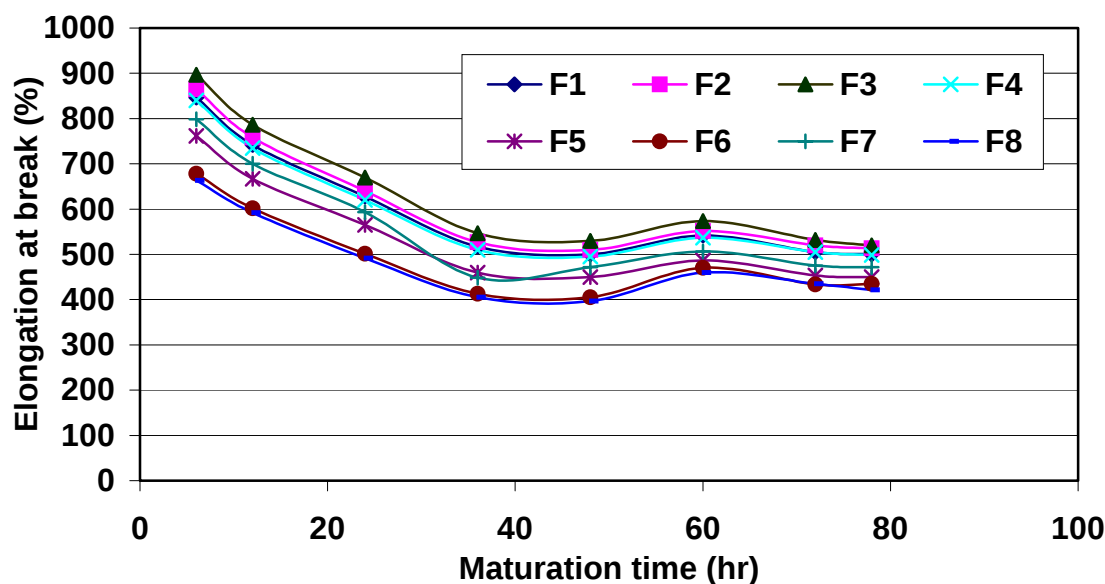
2.5.2.2 สมบัติของแผ่นฟิล์มยาง

สมบัติของแผ่นฟิล์มที่ได้จากการทาลงบนผิวโลหะเรียบจำนวน 5 ชั้น โดยใช้น้ำยางคอมปาวด์ที่บ่มไว้ 40 ชั่วโมง เนื่องจากระดับ TSI เข้าสู่ค่าที่คงที่ (ดังในรูปที่ 6) โดยสมบัติด้านการทนทานต่อแรงดึง ความสามารถในการยืดและความต้านทานต่อการฉีกขาดแสดงดังในรูปที่ 7-9 ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นว่าสมบัติเหล่านี้เริ่มมีค่าค่อนข้างคงที่เมื่อเวลาการบ่มประมาณ 40 ชั่วโมง ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองระดับการพรีวัลคาไนซ์ก่อน (pre vulcanization) ของน้ำยางคอมปาวด์ ในหัวข้อ 2.5.2.1

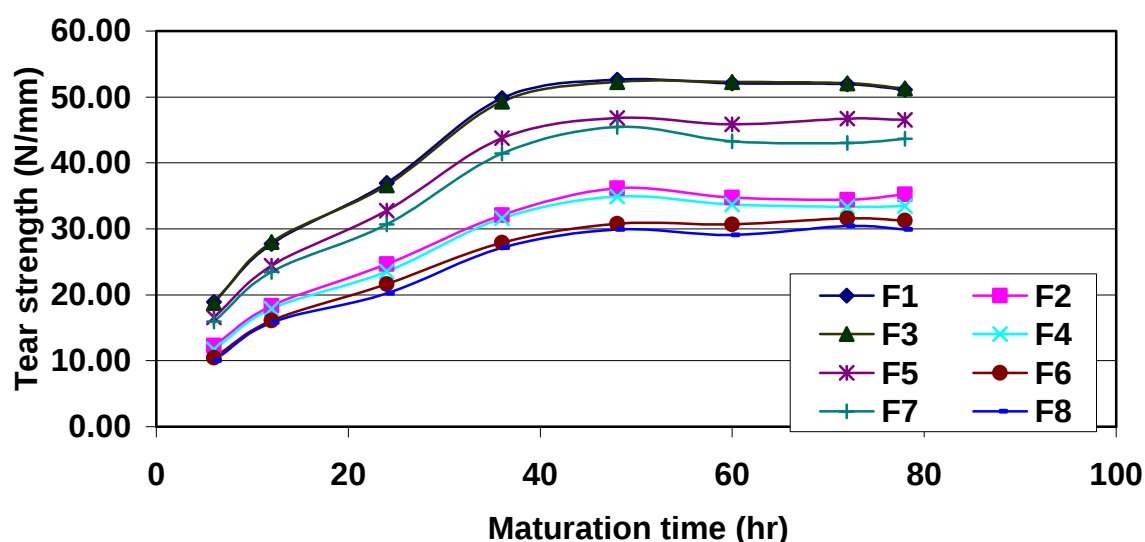


รูปที่ 7 ความต้านทานต่อแรงดึงของแผ่นฟิล์มยางที่แปรชนิดและปริมาณสารตัวเติม

จากรูปที่ 7 พบว่าน้ำยางคอมปาวด์ที่ใช้ปริมาณสารตัวเติม 100 phr จะให้ค่าความต้านทานต่อแรงดึงที่ต่ำกว่าน้ำยางคอมปาวด์ที่ใช้สารตัวเติมปริมาณ 50 phr ทั้งนี้เนื่องจากสารตัวเติมทั้งสองชนิดเป็นสารตัวเติมชนิดไม่เสริมประสิทธิภาพ และพบว่าการใช้เคลย์ที่ปริมาณ 50 phr จะให้ค่าความต้านทานต่อแรงดึงสูงกว่าเล็กน้อย ซึ่งสอดคล้องกับค่าความต้านทานต่อการฉีกขาดในรูปที่ 9 กล่าวคือการใช้สารตัวเติมปริมาณ 50 phr ให้อย่างที่มีสมบัติด้านความต้านทานต่อการฉีกขาดที่ดีกว่า แต่ในกรณีนี้พบว่าการใช้เคลย์คาร์บอนจะให้ค่าความต้านทานต่อการฉีกขาดสูงที่สุด จากรูปที่ 8 พบว่าค่าความสามารถในการยืดมีแนวโน้มลดลงตามการเพิ่มเวลาการบ่มและจะมีค่าค่อนข้างคงที่เมื่อเวลาการบ่มนานกว่า 36 ชั่วโมง กล่าวคือยางมีความแข็งแรงมากขึ้นเมื่อเพิ่มเวลาการบ่มหรือการทำให้เกิดการพรีวัลคาไนซ์ก่อน



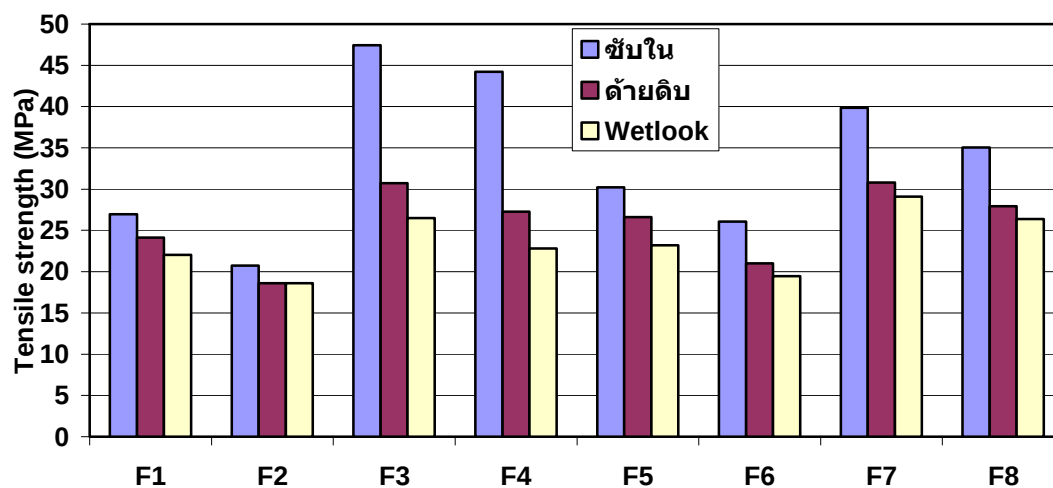
รูปที่ 8 ความสามารถในการยืดของแผ่นฟิล์มยางที่แปรชนิดและปริมาณสารตัวเติม



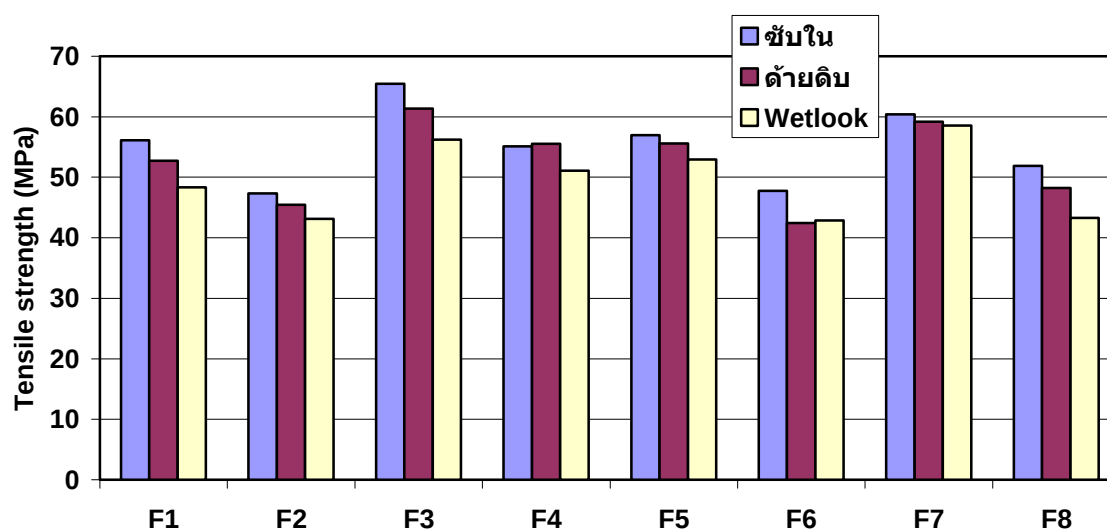
รูปที่ 9 ความต้านทานในการฉีกขาดของแผ่นฟิล์มยางที่แปรชนิดและปริมาณสารตัวเติม

2.5.2.3 สมบัติยางฉาบผ้า

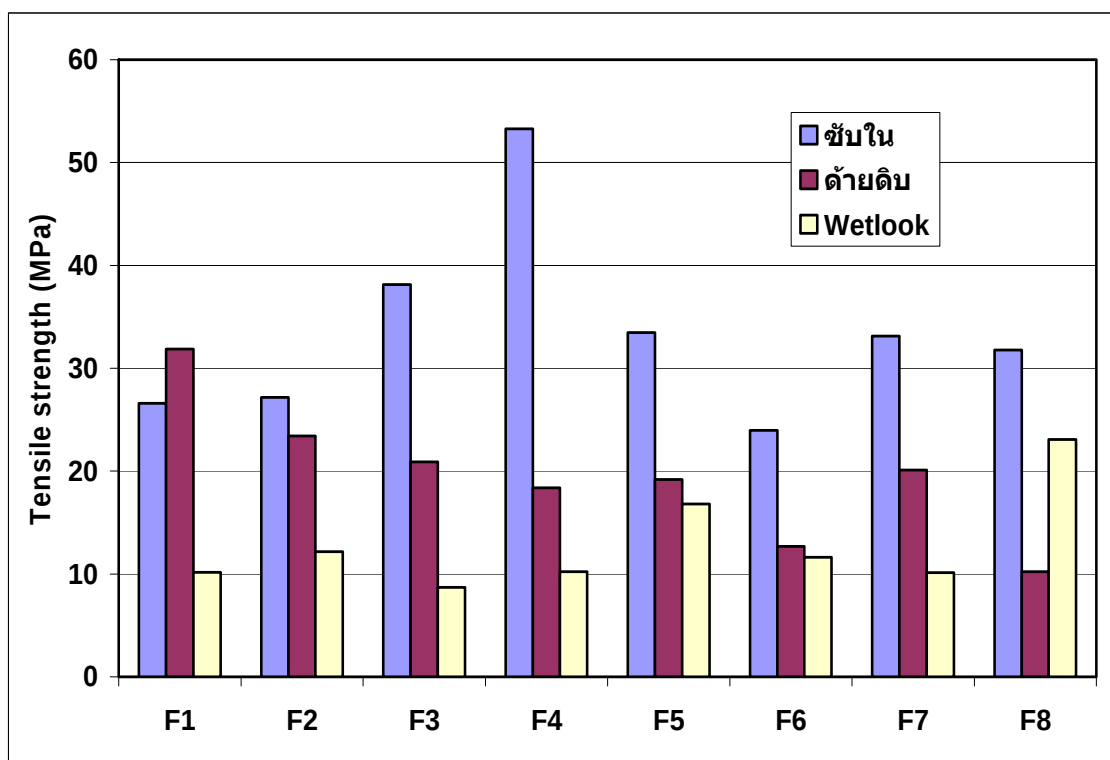
การทดลองในตอนนี้ใช้สูตรน้ำยางเช่นเดียวกับการเตรียมแผ่นฟิล์มในหัวข้อ 2.5.2.1 (ตารางที่ 2) แต่ใช้น้ำยางดังกล่าวในการฉาบผ้า โดยแปรชนิดของผ้า 3 ชนิด คือ ผ้าซับใน (พอลิเอสเตอร์) ผ้าด้ายดิบ และ ผ้า wet look (ผ้าในลอน) แบ่งวิธีการทำ 3 แบบ คือ การทำ 1 ชั้น (ยาง-ผ้า-ยาง), การทำ 2 ชั้นแนวเดียวกัน (ยาง-ผ้า-ยาง-ผ้า-ยาง) โดยเรียงในแนวเกรนของผ้า และทำ 2 ชั้นแนวขวาง (ผ้า 2 ชั้นในแนวเกรนทำมุมฉากซึ่งกันและกัน) ได้ผลการทดลองความต้านทานต่อแรงดึง ของการทำทั้ง 3 แบบ ดังแสดงในรูปที่ 10-12 ตามลำดับ และเปรียบเทียบค่าความต้านทานต่อแรงดึงของการทำโดยใช้ผ้าชนิดต่างๆของน้ำยางคอมปาวด์ในสูตรเดียวกัน (F3) ดังผลแสดงในรูปที่ 13



รูปที่ 10 ความต้านทานต่อแรงดึงของยางฉาบผ้า 1 ชั้นเมื่อแปรชนิดและปริมาณสารตัวเติม

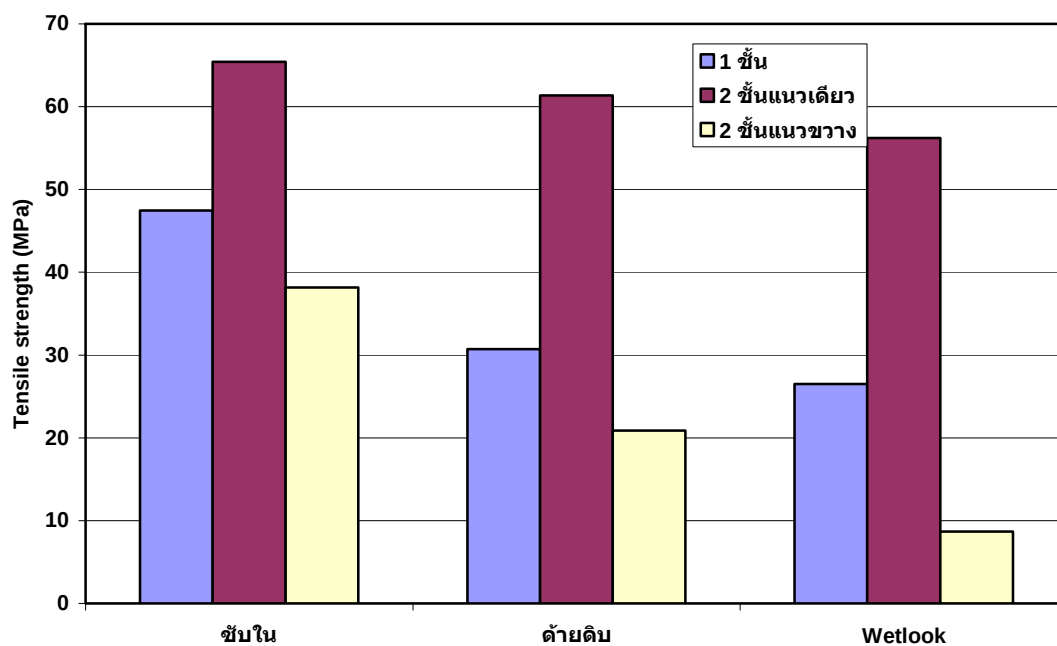


รูปที่ 11 ความต้านทานต่อแรงดึงของยางฉาบผ้า 2 ชั้นแนวเดียวเมื่อแปรชนิดและปริมาณสารตัวเติม



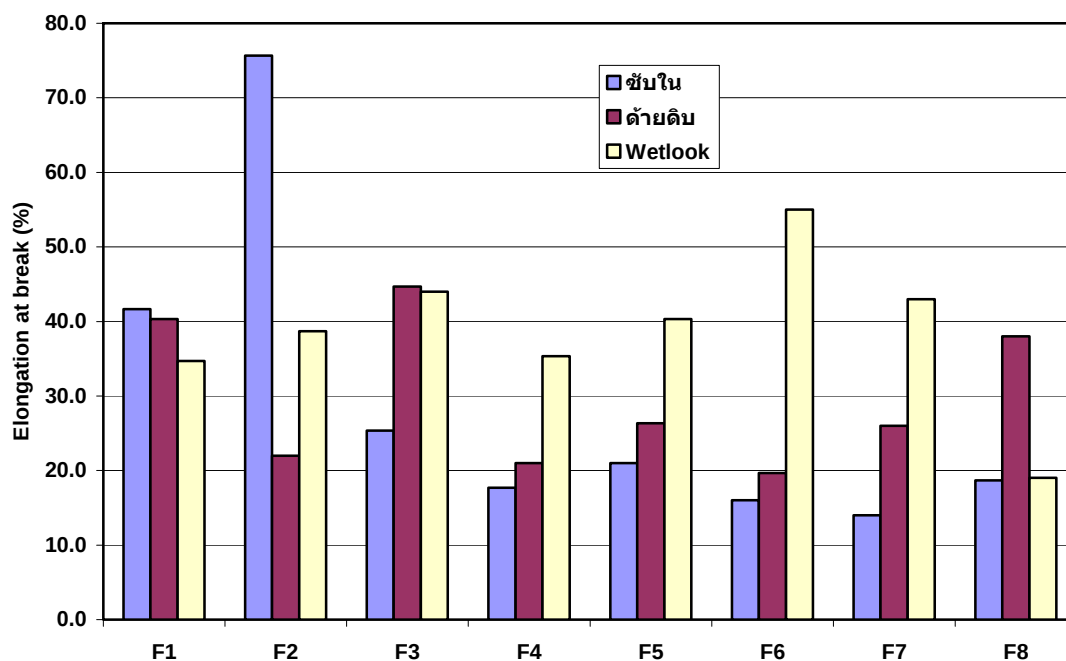
รูปที่ 12 ความต้านทานต่อแรงดึงของยางลาบผ้า 2 ชั้นแนวขวางเมื่อแปรชนิดและปริมาณสารตัวเติม

จากรูปที่ 10-13 พบว่าการใช้ผ้าซับในจะให้ความแข็งแรงของยางลาบผ้าสูงที่สุด รองลงมาได้แก่ผ้าด้ายดิบ ส่วนผ้า wet look จะให้ค่าต่ำที่สุด เนื่องจากพบว่าผ้าชนิดหลังจากทาน้ำยางคอมปาวด์แล้วเกิดการเปื่อยได้ยากเนื่องจากผ้ามีความมันสูง จึงทำให้ทาน้ำยางไม่ค่อยติด และมีลักษณะบางกว่าผ้าชนิดอื่นๆ เมื่อเปรียบเทียบสูตรน้ำยางที่ใหยางลาบผ้าที่มีความแข็งแรงคือสูตรที่ F3 ที่ใช้แคลเซียมคาร์บอเนต 50 phr และเขม่าดำเป็นสารให้สี และสูตรที่ F7 คือสูตรที่ใช้เคลย์ปริมาณ 50 phr และเขม่าดำ ดังนั้นจึงนำผ้าลาบยางแบบต่างๆด้วยน้ำยางคอมปาวด์สูตรที่ F3 มาทำการเปรียบเทียบค่าความต้านทานต่อแรงดึง ดังผลแสดงในรูปที่ 13 พบว่าการลาบที่ใช้วิธีการเดียวกัน ผ้าซับในจะให้ค่าความต้านทานต่อแรงดึงสูงที่สุด รองลงมาได้แก่ ผ้าด้ายดิบ และผ้า wet look ตามลำดับ เมื่อพิจารณาวิธีการทาแบบต่างๆ พบว่าการทาแบบ 2 ชั้นในแนวเดียวกันจะให้ความแข็งแรงสูงที่สุด กล่าวคือผ้าซับในจะให้ค่าความต้านทานต่อแรงดึงสูงถึง 65 MPa ซึ่งเป็นค่าความแข็งแรงที่สูงมาก

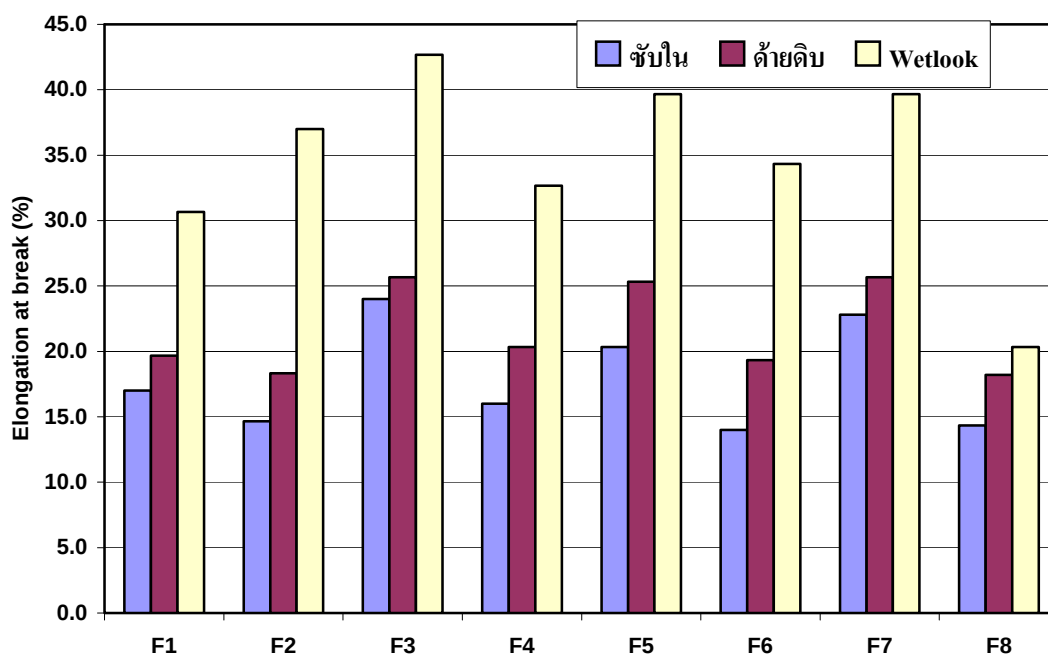


รูปที่ 13 ความต้านทานต่อแรงดึงของยางฉาบผ้าที่สูตร F3 เมื่อแปรชนิดผ้า

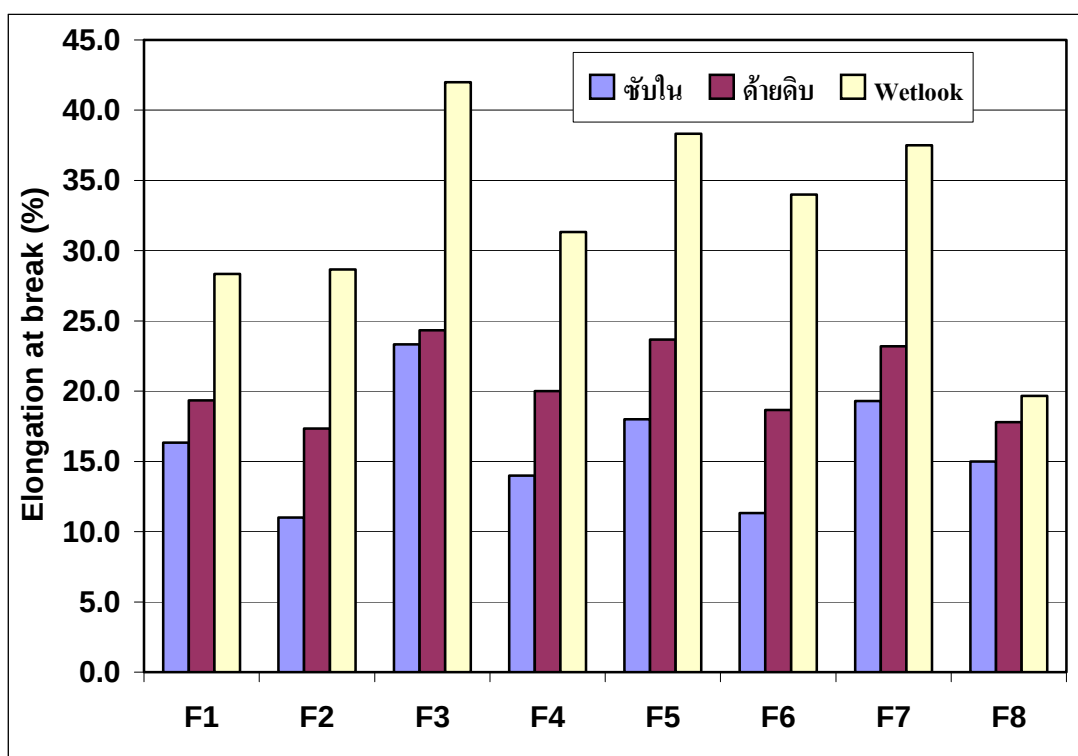
ผลการทดลองความสามารถในการยืดของการทากทั้ง 3 แบบ ของน้ำยางคอมปาวด์สูตรต่างๆที่บ่มเป็นเวลา 40 ชั่วโมง ได้ผลการทดลองดังแสดงในรูปที่ 14-16 ตามลำดับ และเปรียบเทียบค่าความสามารถในการยืดของการทโดยใช้ผ้าชนิดต่างๆของน้ำยางคอมปาวด์ในสูตรเดียวกัน (F3) ดังผลแสดงในรูปที่ 17



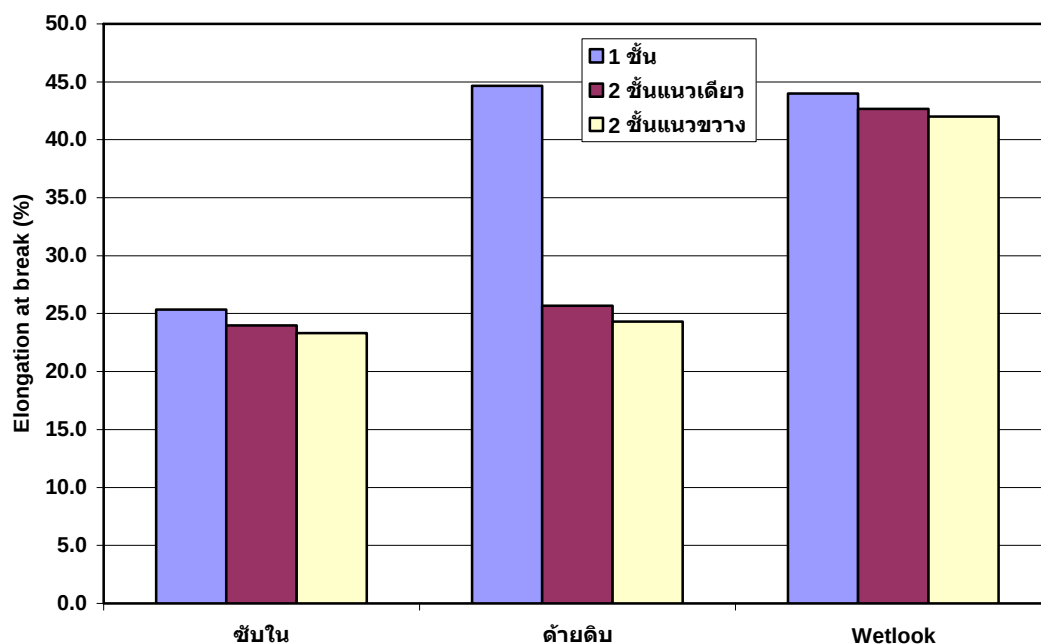
รูปที่ 14 ความสามารถในการยืดของยางฉาบผ้า 1 ชั้นเมื่อแปรชนิดและปริมาณสารตัวเติม



รูปที่ 15 ความสามารถในการยืดยังของยางฉาบผ้า 2 ชั้นแนวเดียวเมื่อแปรชนิดและปริมาณสารตัวเติม



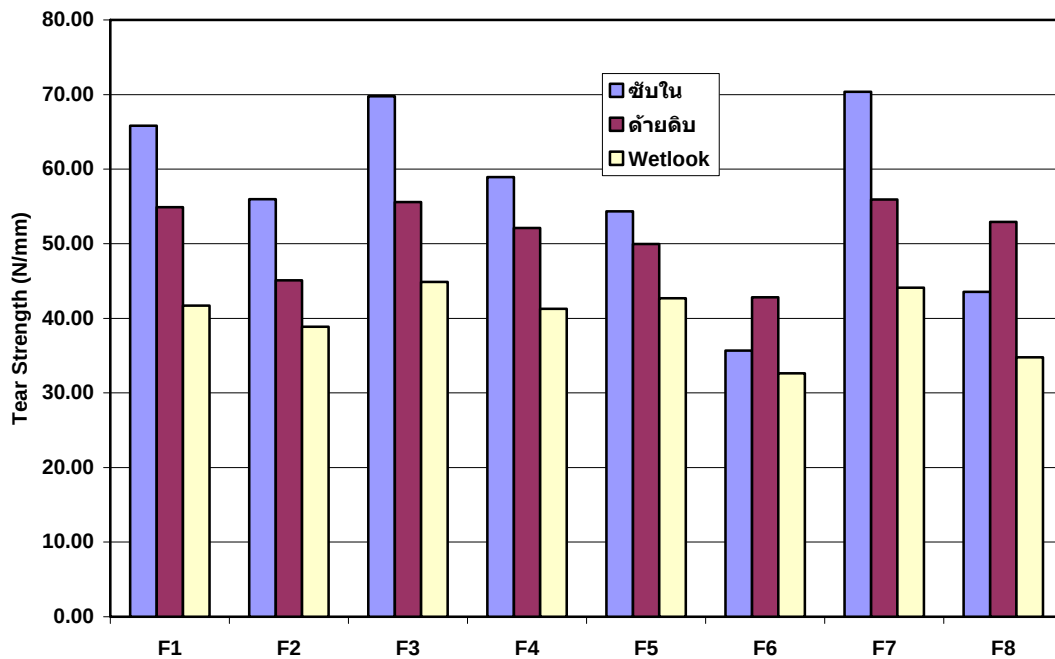
รูปที่ 16 ความสามารถในการยืดยังของยางฉาบผ้า 2 ชั้นแนวขวางเมื่อแปรชนิดและปริมาณสารตัวเติม



รูปที่ 17 ความสามารถในการยืดของยางฉาบผ้าที่สูตร F3 เมื่อแปรชนิดผ้า

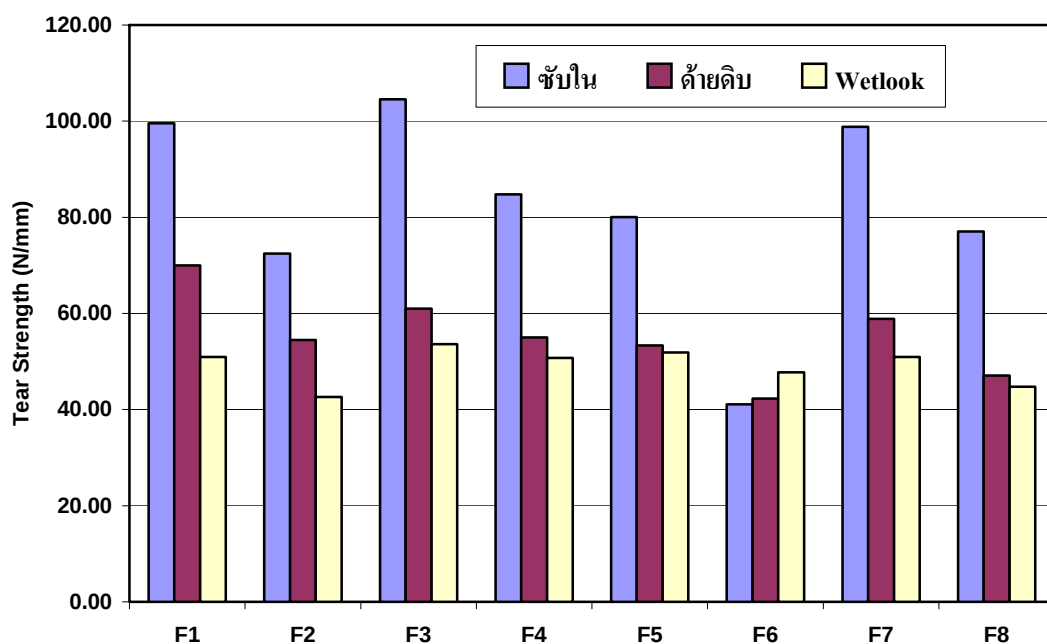
จากรูปที่ 14-16 พบว่ายางฉาบผ้าจะมีความสามารถในการยืดต่ำ เนื่องจากถูกกำหนดโดยสมบัติการยืดของผ้า นอกจากนี้พบว่าการใช้น้ำยางคอมปาวด์สูตร F3 และ F7 ยังคงให้สมบัติด้านการยืดที่ค่อนข้างดีเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้น้ำยางคอมปาวด์สูตรอื่นๆ เมื่อเปรียบเทียบความสามารถในการยืดของยางฉาบผ้าที่ใช้น้ำยางคอมปาวด์สูตรเดียวกัน (F3) ได้ผลดังแสดงในรูปที่ 17 ซึ่งพบว่าการฉาบแบบชั้นเดียวจะให้ความสามารถในการยืดสูงที่สุด และการเปรียบเทียบการใช้ผ้าชนิดต่างๆ พบว่าการใช้ผ้า wet look จะให้ความสามารถในการยืดสูงที่สุด ทั้งนี้เนื่องจากเป็นสมบัติเบื้องต้นของผ้าชนิดนี้ที่มีความสามารถในการยืดดีที่สุด

ผลการทดลองความต้านทานต่อการฉีกขาดของการทาทั้ง 3 แบบ ของน้ำยางคอมปาวด์สูตรต่างที่บ่มเป็นเวลา 40 ชั่วโมง ได้ผลการทดลองดังแสดงในรูปที่ 18-20 ตามลำดับ และเปรียบเทียบค่าความต้านทานต่อการฉีกขาดของการทาโดยใช้ผ้าชนิดต่างๆของน้ำยางคอมปาวด์ในสูตรเดียวกัน (F3) ดังผลแสดงในรูปที่ 21

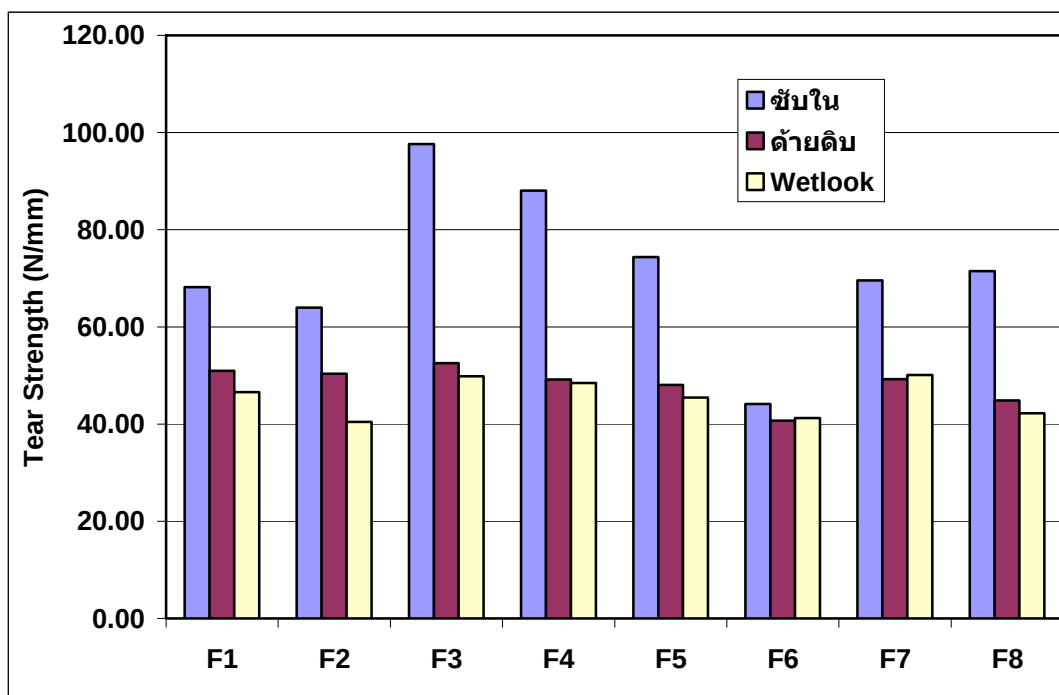


รูปที่ 18 ความต้านทานต่อการฉีกขาดของยางฉาบผ้า 1 ชั้นเมื่อแปรชนิดและปริมาณสารตัวเติม

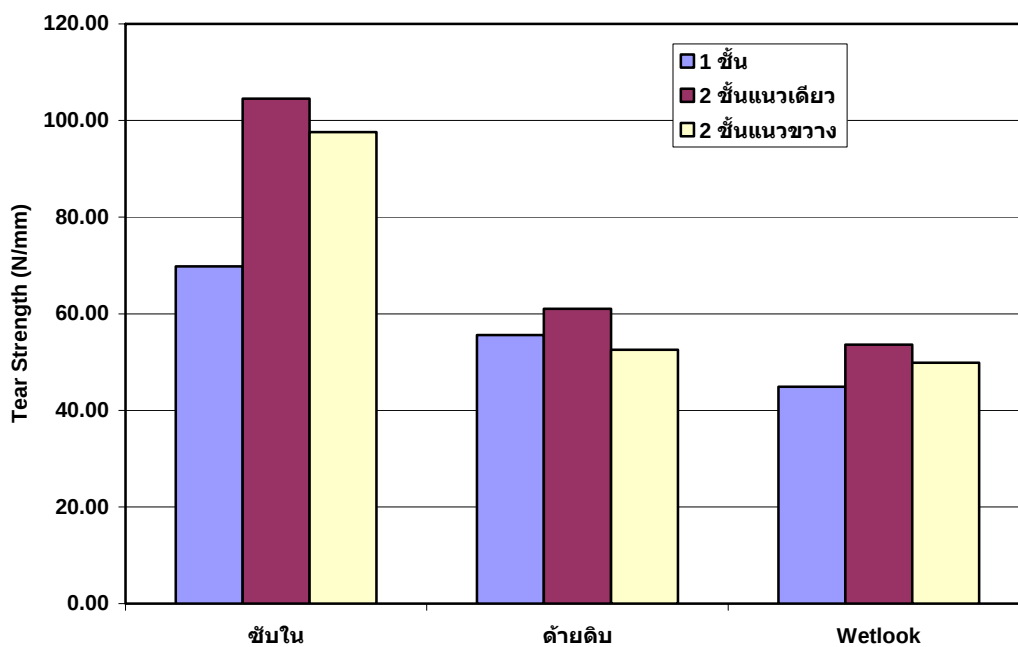
จากรูปที่ 18-21 พบว่าความต้านทานต่อการฉีกขาดของยางฉาบผ้าซับในจะมีค่าสูงที่สุด รองลงมาได้แก่ยางฉาบผ้าด้ายดิบและผ้า wet look ตามลำดับ ซึ่งแนวโน้มนี้สอดคล้องกับค่าความต้านทานต่อแรงดึงในรูปที่ 10-13 นอกจากนี้พบว่าน้ำยางคอมปาวด์สูตร F3 และ F7 ยังคงให้สมบัติยางฉาบผ้าที่มีค่าความต้านทานต่อการฉีกขาดสูงกว่าสูตรอื่นๆ เมื่อเปรียบเทียบการทาแบบต่างๆ ของน้ำยางคอมปาวด์สูตรเดียวกัน (F3) พบว่าการทาแบบ 2 ชั้น แนวเดียวกัน จะให้ความแข็งแรงสูงที่สุด ในทำนองเดียวกับค่าความต้านทานต่อแรงดึงในรูปที่ 13



รูปที่ 19 ความต้านทานต่อการฉีกขาดของยางลาบผ้า 2 ชั้นแนวเดียวเมื่อแปรชนิดและปริมาณสารตัวเติม



รูปที่ 20 ความต้านทานต่อการฉีกขาดของยางลาบผ้า 2 ชั้นแนวขวางเมื่อแปรชนิดและปริมาณสารตัวเติม



รูปที่ 21 ความต้านทานต่อการฉีกขาดของยางลาบผ้าที่สูตร F3 เมื่อแปรชนิดผ้า

2.5.3 การศึกษาอิทธิพลของชนิดและปริมาณสารป้องกันการเสื่อม

2.5.3.1 การศึกษาสมบัติการวัดคาโนซ์

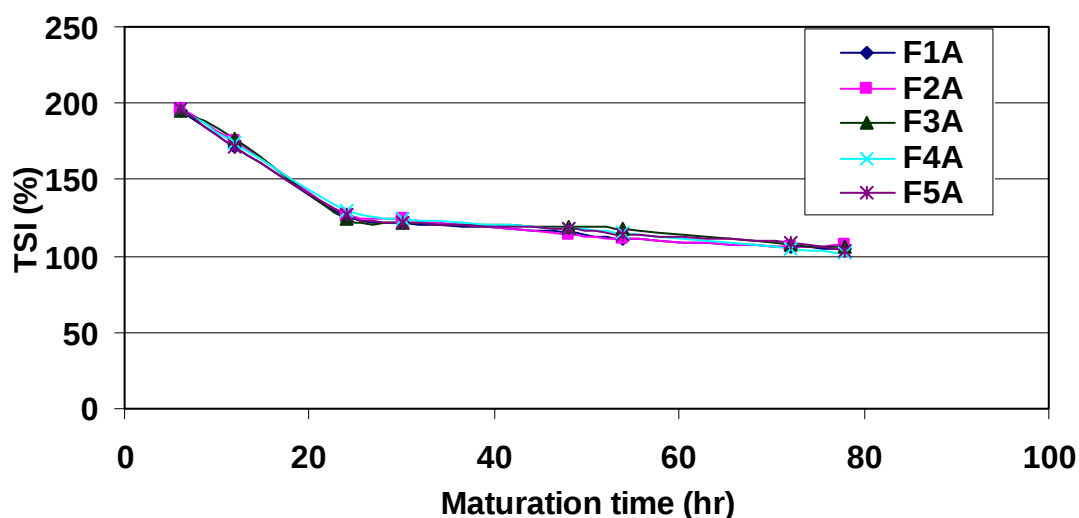
จากสูตรในตารางที่ 3 ได้ผลการทดลองสมบัติของน้ำยางคอมปาวด์ที่ใช้สารป้องกันการเสื่อม Wingstay L และ TMQ ในอัตราส่วนต่างๆ ที่ระยะเวลาบ่ม 36 ชั่วโมง และระดับการวัดคาโนซ์ที่ระยะเวลาการบ่มต่างๆ ได้ผลดังตารางที่ 7 พบว่าการเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนของ Wingstay L และ TMQ ในสูตรน้ำยาง มีผลน้อยต่อค่าความหนืด นอกจากนี้พบว่าระดับ chloroform number (ดังแสดงในตารางที่ 8) ของน้ำยางคอมปาวด์ทุกสูตร พบว่าเมื่อบ่มน้ำยางเป็นเวลา 36 ชั่วโมง จะมีผลทำให้ค่า chloroform number อยู่ในระดับ 2 และเมื่อเพิ่มเวลาการบ่มเป็น 72 ชั่วโมง จะได้ค่า chloroform number = 3 ผลกราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลาการบ่มกับ TSI แสดงดังในรูปที่ 22 พบว่าค่า TSI มีแนวโน้มลดลงจนเข้าสู่ระดับค่อนข้างคงที่เมื่อเวลาการบ่มประมาณ 36 ชั่วโมง ซึ่งมีค่า chloroform number 2 พบว่าการบ่มที่เวลานานกว่า 36 ชั่วโมง จะมีผลทำให้ค่าดัชนีการบวมพองในโทลูอินมีค่าคงที่ ดังแสดงในรูปที่ 22

ตารางที่ 7 สมบัติของน้ำยางคอมปาวด์ที่แปรชนิดและปริมาณสารป้องกันการเสื่อมที่ระยะเวลาบ่ม 36 ชั่วโมง

Properties	F1A	F2A	F3A	F4A	F5A
TSC (%); calculate	63.11	63.04	62.96	62.96	62.88
TSC (%); Test	61.39	63.48	62.34	62.59	62.63
Viscosity (cps) Spindle 2, 100 rpm	168	180	188	168	160

ตารางที่ 8 สมบัติ Chloroform number ของน้ำยางคอมปาวด์ที่แปรชนิดและปริมาณสารป้องกันการเสื่อมที่ระยะเวลาบ่มต่างๆ

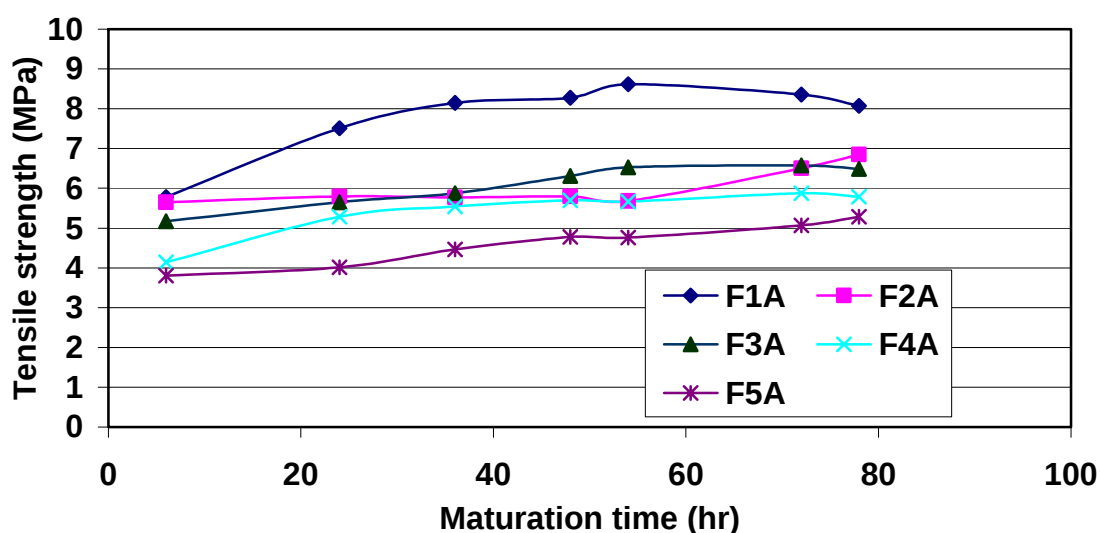
Maturation time (hrs)	Chloroform number				
6	1	1	1	1	1
12	1	1	1	1	1
24	1	1	1	1	1
36	2	2	2	2	2
48	2	2	2	2	2
54	2	2	2	2	2
72	3	3	3	3	3
78	3	3	3	3	3



รูปที่ 22 TSI ของน้ำยางคอมปาวด์ที่แปรชนิดและปริมาณสารป้องกันการเสื่อมที่ระยะเวลาบ่มต่างๆ

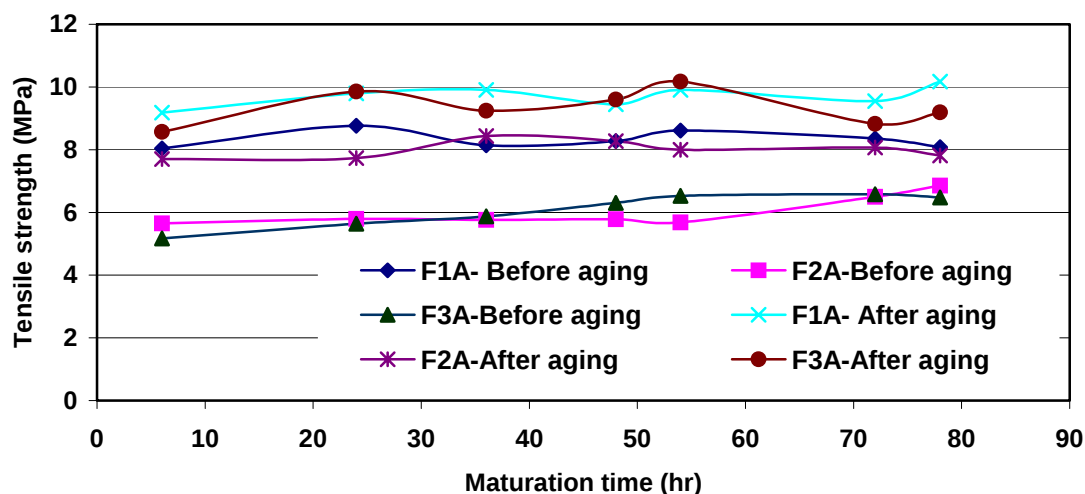
2.5.3.2 การศึกษาสมบัติฟิล์มยาง

สมบัติของแผ่นฟิล์มที่ได้จากการทาลงบนผิวโลหะเรียบ โดยใช้ น้ำยางคอมปาวด์ที่บ่มไว้ 36 ชั่วโมง เนื่องจากระดับ TSI เข้าสู่ระดับที่คงที่ (ดังในรูปที่ 22) โดยสมบัติด้านการทนทานต่อแรงดึง ความสามารถในการยืดและความต้านทานต่อการฉีกขาดเปรียบเทียบก่อนและหลังการบ่มเร่งแสดงดังในรูปที่ 23-28 ตามลำดับ โดยภาพรวมจะเห็นว่าสมบัติต่างๆ เหล่านี้จะเริ่มมีค่าค่อนข้างคงที่เมื่อเวลาการบ่มประมาณ 40 ชั่วโมง ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองระดับการพรีวัลคาไนซ์ของน้ำยางคอมปาวด์

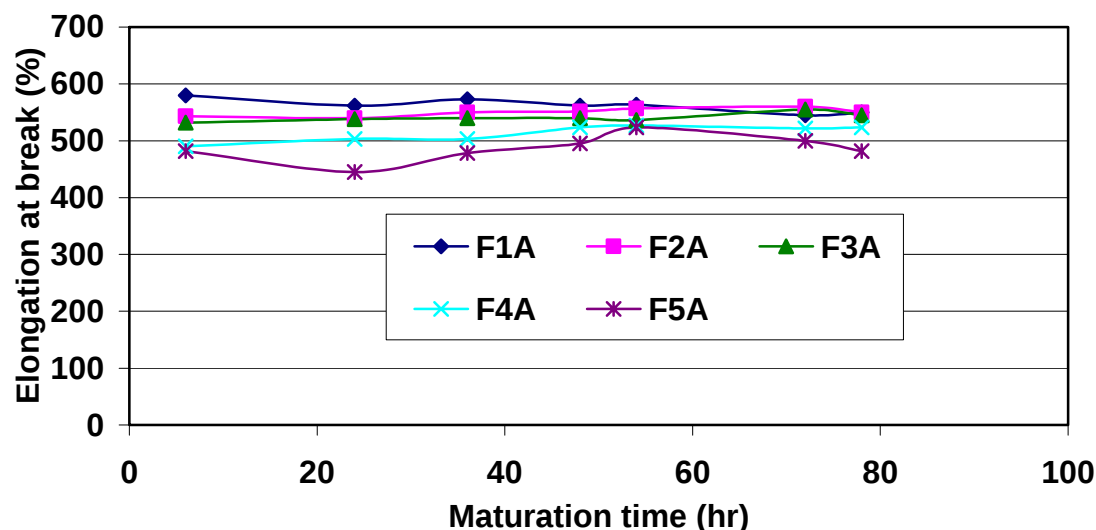


รูปที่ 23 ความต้านทานต่อแรงดึงก่อนการบ่มเร่งของฟิล์มยางที่เตรียมจากการแปรอัตราส่วนของสารป้องกันการเสื่อม Wingstay L และ TMQ

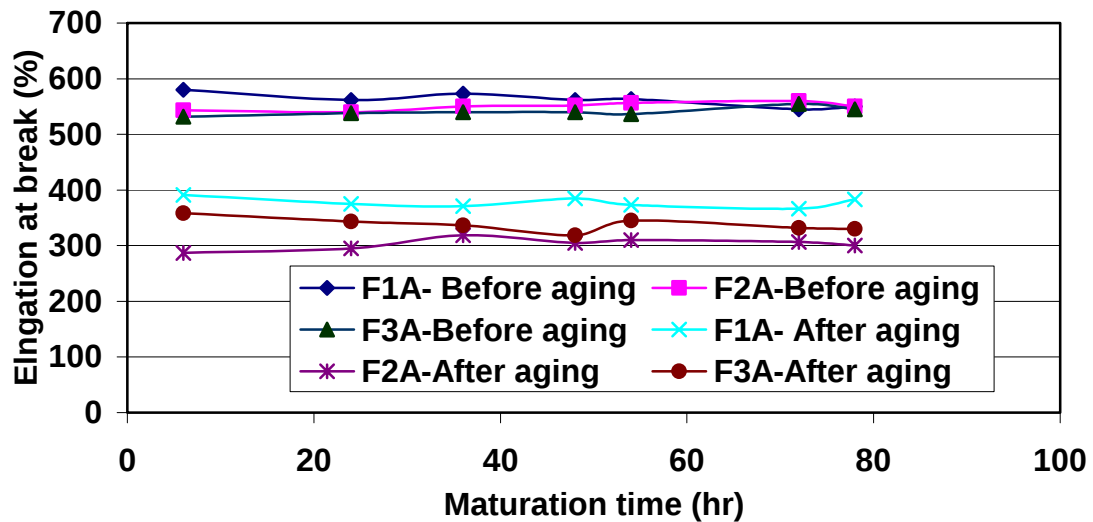
จากรูปที่ 23 พบว่าการมีปริมาณสารป้องกันการเสื่อมในปริมาณที่มากขึ้นจะทำให้สมบัติเชิงกลก่อนการบ่มแรงมีค่าด้อยลง แต่สมบัติหลังการบ่มแรงด้วยอากาศร้อนที่อุณหภูมิ 70°C เป็นเวลา 7 วัน พบว่าการใช้สารป้องกันการเสื่อมในปริมาณสูงขึ้นทำให้สมบัติด้านความแข็งแรง (ความต้านทานต่อแรงดึงและความต้านทานต่อการฉีกขาด) ในรูปที่ 24 และ 28 ตามลำดับ) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น แต่กลับส่งผลให้ค่าความสามารถในการยืดในรูปที่ 26 มีแนวโน้มลดลง แสดงว่าการเพิ่มปริมาณสารป้องกันการเสื่อมในปริมาณมากขึ้นจะทำให้แผ่นฟิล์มมีความแข็งแรงมากขึ้นแต่สมบัติด้านการยืดจะด้อยลง



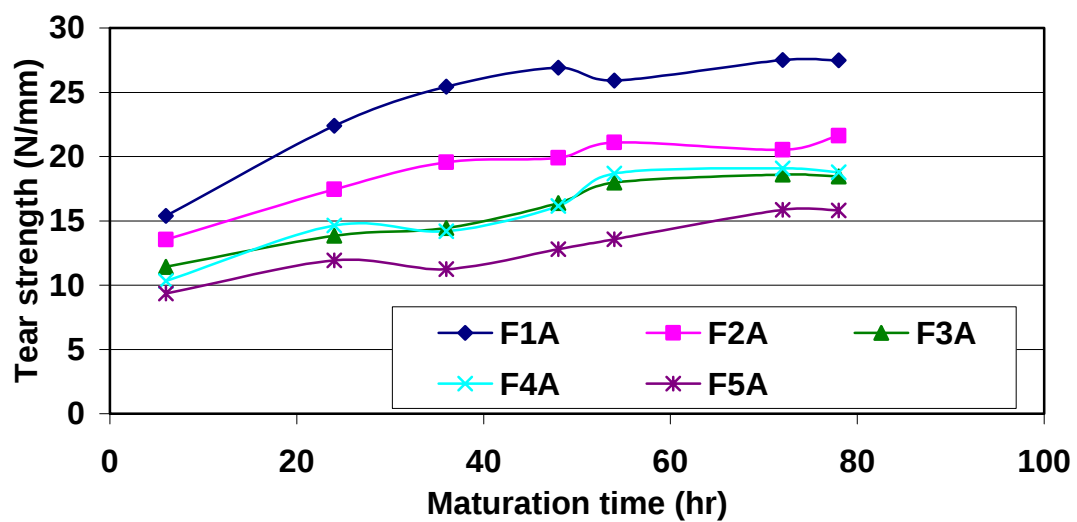
รูปที่ 24. ความต้านทานต่อแรงดึงเปรียบเทียบก่อนและหลังการบ่มแรงของฟิล์มยางที่เตรียมจากการแปรอัตราส่วนของสารป้องกันการเสื่อม Wingstay L และ TMQ



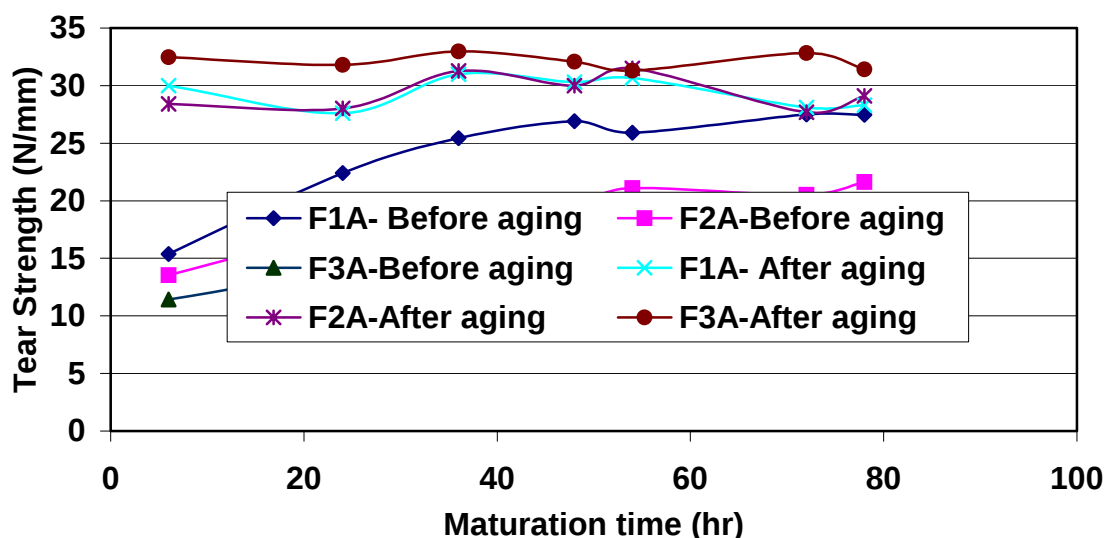
รูปที่ 25. ความสามารถในการยืดก่อนการบ่มแรงของฟิล์มยางที่เตรียมจากการแปรอัตราส่วนของสารป้องกันการเสื่อม Wingstay L และ TMQ



รูปที่ 26. ความสามารถในการยืดก่อนการบ่มแรงของฟิล์มยางที่เตรียมจากการแปรอัตราส่วนของสารป้องกันการเสื่อม Wingstay L และ TMQ



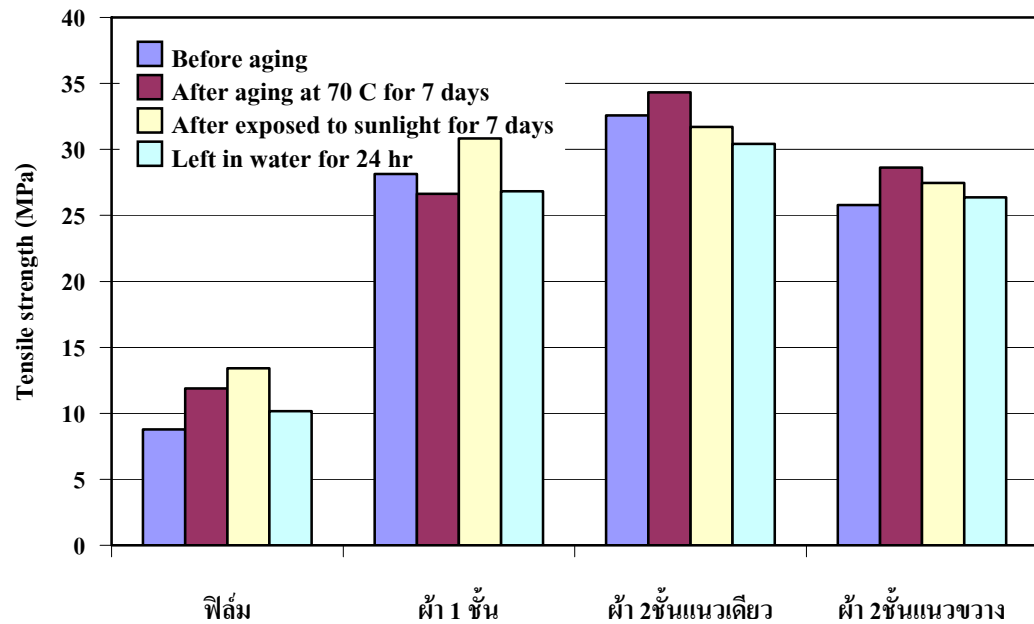
รูปที่ 27 ความต้านทานต่อการฉีกขาดก่อนการบ่มแรงของฟิล์มยางที่เตรียมจากการแปรอัตราส่วนของสารป้องกันการเสื่อม Wingstay L และ TMQ



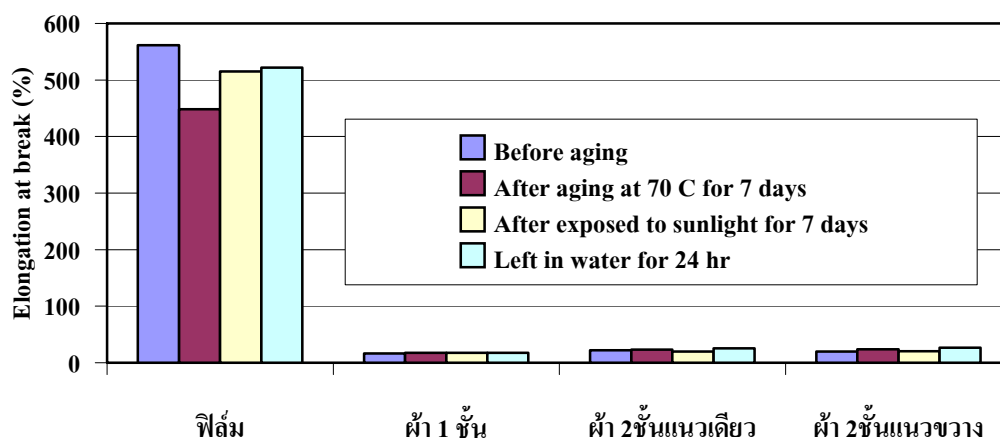
รูปที่ 28 ความต้านทานต่อการฉีกขาดก่อนการบ่มแรงและหลังการบ่มแรงของฟิล์มยางที่เตรียมจากการแปรอัตราส่วนของสารป้องกันการเสื่อม Wingstay L และ TMQ

2.5.3.3 การศึกษาอิทธิพลของสารป้องกันการเสื่อมต่อสมบัติของผ้าลาบยาง

เตรียมผ้าลาบยางแบบต่างๆ โดยใช้ยางคอมปาวด์ที่มีค่าระดับพริวิตลาไนซ์เดียวกัน คือ Chloroform no 3 แล้วเปรียบเทียบสมบัติเปรียบเทียบระหว่างวัสดุก่อนการบ่มแรงและบ่มแรงด้วยวิธีการต่างๆ คือ อบด้วยอากาศร้อนที่อุณหภูมิ 70 °C เป็นเวลา 7 วัน, ตากแดดเป็นเวลา 7 วัน และแช่ในน้ำเป็นเวลา 24 ชั่วโมง เปรียบเทียบผลกับฟิล์มยางก่อนและหลังการบ่มแรง โดยเลือกสูตรที่ให้สมบัติของฟิล์มก่อนและหลังการบ่มแรงดีจากผลการทดลองในหัวข้อ 2.5.3.2 กล่าวคือสูตร F1A ที่แปรปริมาณ Wingstay L/TMQ = 1/1 phr ได้ผลค่าความต้านทานต่อแรงดึงแสดงในรูปที่ 29 พบว่าการบ่มแรงด้วยวิธีการต่างๆทำให้ความแข็งแรงของฟิล์มยางเพิ่มขึ้นเล็กน้อย แต่ในกรณียางลาบผ้าเปลี่ยนแปลงค่อนข้างน้อย โดยเฉพาะในกรณีการทำแบบ 2 ชั้น การเปลี่ยนแปลงสมบัติด้านความแข็งแรงจะมีค่าน้อยกว่าการทำชั้นเดียว แสดงว่ายางลาบผ้าที่ได้มีสมบัติด้านการป้องกันการเสื่อมที่ดีจากการใช้ Wingstay L/TMQ = 1/1 phr ในกรณีของความต้านทานต่อการฉีกขาดในรูปที่ 30 ก็ให้สมบัติในทำนองเดียวกับค่าความต้านทานต่อแรงดึง

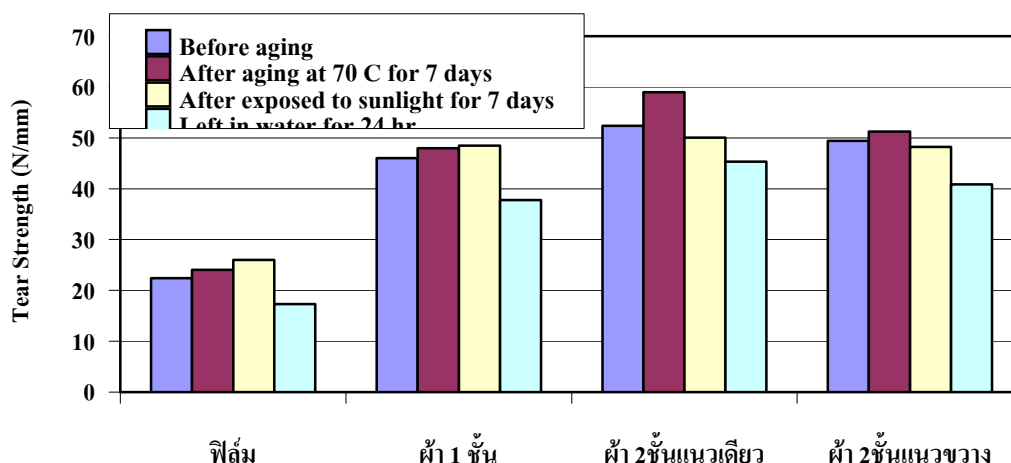


รูปที่ 29 . ความต้านทานต่อแรงดึงของยางฉาบผ้าวิธีการต่างๆเปรียบเทียบกับฟิล์มยางที่ได้จากการใช้น้ำยางคอมปาวด์ที่มีปริมาณ Wingstay L/TMQ = 1/1 phr (สูตร F1A) เปรียบเทียบสมบัติก่อนและหลังการบ่มเร่ง



รูปที่ 30. ความสามารถในการยืดของยางฉาบผ้าวิธีการต่างๆเปรียบเทียบกับฟิล์มยางที่ได้จากการใช้น้ำยางคอมปาวด์ที่มีปริมาณ Wingstay L/TMQ = 1/1 phr (สูตร F1A) เปรียบเทียบสมบัติก่อนและหลังการบ่มเร่ง

จากรูปที่ 30 พบว่าความสามารถในการยืดของฟิล์มยางมีค่าสูงกว่ายางฉาบผ้ามากและพบว่า การบ่มเร่งด้วยวิธีการต่างๆมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความสามารถในการยืดของฟิล์มและยางฉาบผ้าค่อนข้างน้อยแสดงว่าน้ำยางคอมปาวด์สูตรนี้เหมาะที่จะใช้งานเป็นยางปูสระในสภาวะที่ต้องมีแสงแดดและน้ำได้



รูปที่ 31. ความต้านทานต่อการฉีกขาดของยางฉาบผ้าวิธีการต่างๆเปรียบเทียบกับฟิล์มที่ได้จากการใช้น้ำยางคอมปาวด์ที่มีปริมาณ Wingstay L/TMQ = 1/1 phr (สูตร F1A) เปรียบเทียบสมบัติก่อนและหลังการบ่มเร่ง

2.5.4 ผลการใช้ยางฉาบผ้าปูสระ

ในการทดลองนี้เริ่มจากการเตรียมสระขนาดเล็กขนาดเล็กปากสระกว้าง 140 ซม. ยาว 190 ซม. และก้นสระกว้าง 100 ซม. ยาว 150 ซม. และลึก 50 ซม. (ไม่สามารถขุดสระที่ลึกกว่านี้ได้เนื่องจากมีตาน้ำตื้นมาก) ลักษณะสระที่ขุดเสร็จแล้ว แสดงดังในรูปที่ 32



(ก)



(ข)

รูปที่ 32 ลักษณะสระที่ขุด (ก) ก่อนตกแต่งขอบ และ (ข) หลังจากตกแต่งขอบแล้ว

การปูสระมีการทำ 2 วิธีคือ

1. การปูสระแบบ 2 ขั้นตอน

ทำการทดลองโดยการปูยางฉาบผ้า 1 ชั้น เติมน้ำแล้วทดสอบการรั่วแล้วเอาน้ำออกปูยางฉาบผ้าเพิ่มอีก 1 ชั้น โดยมีวิธีการเคลือบยางและผ้าลงไปนําสระในการทดลองนี้มี 2 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนที่ 1

ผลการพ่นน้ำยางคอมปาวด์ตามสูตร F1A ที่มีการเติมสีดำ N-330 ลงไป 0.75 phr เพื่อให้สามารถสังเกตการคลุมผิวบ่อและการทะลุของน้ำยางได้ง่ายขึ้น พ่นสเปรย์ด้วยเครื่องพ่นจำนวน 7 ชั้นลงบนผิวสระที่ได้ขุดเตรียมได้ผลการวัดปัจจัยต่างๆที่สำคัญแสดงดังในตารางที่ 9 ลักษณะการพ่นแสดงดังในรูปที่ 33 ซึ่งพบว่าปริมาณการพ่นแต่ละชั้นใช้น้ำยางปริมาณใกล้เคียงกัน แลอุณหภูมิอยู่ในช่วง 28-31°C และมีความ สัมพัทธ์อยู่ในช่วง 72-75%

ตารางที่ 9 ปริมาณน้ำยางคอมปาวด์ เวลาที่ใช้พ่น อุณหภูมิแวดล้อมและความชื้นสัมพัทธ์ขณะทำการพ่นผิวบ่อ

พ่นชั้นที่	ปริมาณน้ำยาง (กรัม)	เวลาที่พ่น (นาท)	ทิ้งไว้ (นาท)	น้ำยาง/พื้นที่ (กรัม/ตร.ม.)	อุณหภูมิแวดล้อม (°C)	ความชื้นสัมพัทธ์ (%)
1	600	10	10	155.04	28	75
2	650	12	10	167.96	29	74
3	605	10	10	156.33	30	73
4	610	10	10	157.62	30	73
5	640	12	10	165.37	31	72
6	625	13	10	161.50	31	72
7	630	13	10	162.79	31	72



รูปที่ 33 การพ่นสเปรย์น้ำยางลงบนดินก่อนที่จะปูผ้าและฉาบยาง

หลังจากเมื่อพ่นครบ 7 ชั้น ทิ้งไว้ประมาณ 2 ชั่วโมง แล้วพ่นบางๆ อีกครั้งก่อนวางผ้าฉาบ ดิบ โดยวางแนวตามแนวยาวของสระ จำนวน 1 ชั้น แล้วทาทับด้วยน้ำยางสูตร F1A ปริมาณของน้ำยาง ที่ใช้ในการทาทับ ประมาณ 3200 กรัม ใช้เวลาในการทาทับ 30 นาที แล้วเป่าลมร้อนให้ทั่ว ประมาณ 1 ชั่วโมง ลักษณะสระที่ปูด้วยยางฉาบผ้าแสดงดังในรูปที่ 34 หลังจากนั้นทิ้งไว้ข้ามคืน แล้วเติมน้ำ ปริมาตรประมาณ 430,360 ลบ.ซม. (ระดับของน้ำสูงจากพื้นบ่อประมาณ 25 ซม.) วัด อุณหภูมิแวดล้อมและความชื้นสัมพัทธ์ขณะใส่น้ำลงในบ่อน้ำ สังเกตระดับน้ำทุกๆ 1 ชั่วโมงเป็นเวลา 6 ชั่วโมง ได้ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 10 ซึ่งพบว่าน้ำมีอัตราการรั่วซึมที่เร็วมาก กล่าวคือ ลดลงไปประมาณ 3 ซม. ในเวลา 6 ชั่วโมง จึงสรุปว่าการฉาบยางและการปูผ้า 1 ชั้นไม่เพียงพอ

พอที่จะเก็บกักน้ำไว้ในบ่อได้ จึงดำเนินการทดลองในขั้นตอนต่อไป โดยไม่ลอกยางและผ้าชั้นแรกออกจากสระ



รูปที่ 34 ลักษณะสระที่ทำนํ้ายางทับผ้าเรียบร้อยขณะฝนลมร้อน

ตารางที่ 10 การรั่วซึมของน้ำในที่มีการใช้ผ้า 1 ชั้นและทำนํ้ายาง 1 ชั้น โดยมีอุณหภูมิสิ่งแวดล้อม 31°C ความชื้นสัมพัทธ์ 75% และระดับน้ำเริ่มต้นที่ความสูง 25 ซม.

เวลา (ชั่วโมง)	ระดับน้ำที่ลดลง (ซม.)
1	1.5
2	2.1
3	2.4
4	2.7
5	2.9
6	3.1

ขั้นตอนที่ 2

สูบน้ำออกจากสระ แล้วเป่าด้วยลมร้อนจนยางที่ผิวแห้ง แล้วใช้นํ้ายางคอมปาวด์สูตรเดิม ปริมาณประมาณ 7750 กรัม (ประมาณ 2000 กรัม/ตร.ม.) ทาซ้ำบนยางปูสระขั้นตอนที่ 1 โดยการทา 2 รอบ คือ ทารองพื้น ซึ่งใช้ระยะเวลาการทาประมาณ 30 นาที ทิ้งไว้ 60 นาที ก่อนการทาสีชั้นที่ 2 ซึ่งใช้ระยะเวลาการทาประมาณ 30 นาที วัดอุณหภูมิแวดล้อมและความชื้นสัมพัทธ์

หลังจากนั้นปูผ้าด้ายดิบอีก 1 ชั้น เพื่อเสริมความแข็งแรงของการปูสระ โดยให้เป็นแนวเดียวกับผ้าผืนเดิม (เนื่องจากในผลการทดลองพบว่าการฉาบผ้าในแนวเดียวกันให้ยางฉาบผ้าที่มีความแข็งแรงมากกว่า) หลังจากนั้นทำนํ้ายางคอมปาวด์สูตรเดิมแต่มีการใช้สีดำ เพื่อให้สังเกตเห็นการกระจายและความทั่วถึงของการทาดีขึ้น ใช้นํ้ายางคอมปาวด์ประมาณ 7750 กรัม (ประมาณ

2000 กรัม/ตร.ม.) โดยการทา 2 รอบ รอบแรกทารองพื้น ใช้ระยะเวลาการทาประมาณ 30 นาที ทั้งไว้ 60 นาทีก่อนการทาสีชั้นที่ 2 โดยใช้ระยะเวลาการทาประมาณ 30 นาที

วัดอุณหภูมิแวดล้อมและความชื้นสัมพัทธ์ ตั้งทิ้งไว้ข้ามคืน (26 ชั่วโมง) แล้วจึงเติมน้ำ ปริมาตร 363,950 ลบ.ซม. (ระดับของน้ำสูงจากพื้นบ่อประมาณ 24 ซม.) และใช้พลาสติกคลุมบ่อน้ำ วัดอุณหภูมิแวดล้อมและความชื้นสัมพัทธ์ขณะเติมน้ำลงในสระน้ำที่มีการปูยางสังเกตรระดับของน้ำเป็นระยะๆ เป็นระยะเวลา 72 ชั่วโมง ได้ผลการลดลงของระดับน้ำแสดงดังในตารางที่ 11 ซึ่งพบว่ามีระดับน้ำลดลงน้อยมากเมื่อเวลาผ่านไป 72 ชั่วโมง คือ 0.1 ซม แสดงว่าลักษณะการปูสระแบบ 2 ชั้นตอน มีความสามารถในการเก็บกักน้ำได้ดี และมีน้ำรั่วซึม น้อยมาก

ตารางที่ 11 การรั่วซึมของน้ำของการการปูยางฉาบผ้าครั้งที่ 2 โดยอุณหภูมิสิ่งแวดล้อม 31°C ความชื้นสัมพัทธ์ 72% ระดับน้ำเริ่มต้นที่ความสูง 24 ซม.

เวลา (ชั่วโมง)	ระดับน้ำที่ลดลง (ซม.)
0	0
1	0
6	0
18	0
24	0
33	0.1
48	0.1
57	0.1
72	0.1

หลังจากนั้นสูบน้ำออก (ครั้งที่ 1) แล้วใช้ลมร้อนเป่าให้แห้งแล้วทิ้งไว้เป็นเวลาประมาณ 24 ชั่วโมง เติมน้ำใหม่ที่ระดับน้ำเท่าเดิม และใช้พลาสติกคลุมบ่อน้ำ สังเกตรระดับของน้ำเป็นระยะๆ เป็นระยะเวลา 120 ชั่วโมง ได้ผลแสดงดังในตารางที่ 12 ซึ่งพบว่าแม้ว่าทิ้งน้ำไว้เป็นเวลา 120 ชั่วโมง ระดับน้ำยังคงลดลงน้อยมาก แสดงว่าการปูสระแบบนี้สามารถใช้ในการเก็บกักน้ำได้ดี

ตารางที่ 12 การรั่วซึมของน้ำภายหลังการสูบน้ำออกครั้งที่ 1 โดยมีอุณหภูมิสิ่งแวดล้อม 32 °C ความชื้นสัมพัทธ์ 74% และระดับน้ำเริ่มต้นที่ความสูง 24 ซม.

เวลา (ชั่วโมง)	ระดับน้ำที่ลดลง (ซม.)
0	0
8	0
24	0
32	0
48	0
72	0
96	0.1
120	0.1

หลังจากนั้นสูบน้ำออก (ครั้งที่ 2) แล้วใช้ลมร้อนเป่าให้แห้งและทิ้งไว้เป็นเวลาประมาณ 24 ชั่วโมง หลังจากนั้นเติมน้ำอุ่นที่ควบคุมอุณหภูมิที่ 50°C ที่ระดับน้ำเท่าเดิม และควบคุมให้น้ำมีอุณหภูมิในช่วง 45-50 °C เป็นเวลา 72 ชั่วโมง สังเกตระดับของน้ำเป็นระยะๆ เป็นระยะเวลา 72 ชั่วโมง ได้ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 13 พบว่าหลังจากการใช้น้ำอุ่นเมื่อเวลาผ่านไป 72 ชั่วโมง ระดับน้ำยังคงลดลงเล็กน้อย แต่มากกว่ารอบก่อนๆ ทั้งนี้อาจจะมีผลเนื่องมาจากการใช้น้ำอุ่น จะทำให้น้ำบางส่วนระเหยออกไปด้วย

ตารางที่ 13 การรั่วซึมของน้ำ ภายหลังการสูบน้ำออก ครั้งที่ 2 อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม 32 °C ความชื้นสัมพัทธ์ 74% ระดับน้ำเริ่มต้นที่ความสูง 24 ซม. และ อุณหภูมิของน้ำประมาณ 45-50 °C

เวลา (ชั่วโมง)	ระดับน้ำที่ลดลง (ซม.)
0	0
24	0
48	0.6
72	1

หลังจากนั้นสูบน้ำออกอีกครั้ง แล้วลอกยางออกจากบ่อน้ำ ตั้งทิ้งไว้จนแห้งที่อุณหภูมิห้อง แล้ว นำตัวอย่างยางที่ลอกออกจากสระแล้วตัดเป็นชิ้นทดสอบ เพื่อทำการทดสอบสมบัติด้าน

ความต้านทานต่อแรงดึง ความสามารถในการยืด และความต้านทานต่อการฉีกขาด ที่ตำแหน่งต่างๆของสระได้ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 14 เปรียบเทียบกับยางปูสระที่เป็นยางแข็งพบว่าที่ทุกตำแหน่งของสระยางฉาบผ้ายังคงมีความแข็งแรงสูง แต่มีความสามารถในการยืดต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับยางปูสระจากยางแข็ง

ตารางที่ 14 สมบัติของยางปูสระน้ำจากการลอกผ้าออกจากบ่อหลังจากสูบน้ำเข้าออก 2 ครั้ง

ตำแหน่งที่ทดสอบ	Tensile strength (MPa)	Tear Strength (N/mm)	E.B. (%)	Hardness (Shore A)
ตรงบริเวณรอยต่อของผ้าฉาบยางระหว่างน้ำกับอากาศ	29.2	176.6	50	49.3
ตรงบริเวณรอยต่อของผ้าฉาบยางที่แช่ในน้ำ	30.3	153.3	53	50.1
ผ้าฉาบยางที่แช่ในน้ำที่ไม่มีรอยต่อ	29.2	170.1	46.5	49.0
พลาสติกที่ใช้ในการปูบ่อ*	18.3	111.8	170	-
ยางปูสระน้ำจากยางแข็ง	9.3	-	450	60

* เป็นพลาสติกที่ใช้ปูนาุ้งทดสอบเพื่อเปรียบเทียบสมบัติกับผ้าฉาบยาง

2. การปูสระแบบขั้นตอนเดียว

เริ่มดำเนินการทดลองการปูสระโดยการทาน้ำยางคอมปาวด์และผ้าฉาบฉาบหลายขั้นตอน ดังรายละเอียดต่อไปนี้

ครั้งที่ 1 พ่นสเปรย์น้ำยางลงบนดินพื้นสระ โดยใช้ น้ำยางคอมปาวด์สูตร F1A ที่มีการเติมสีดำ N-330 ลงไป 0.75 phr โดยใช้ น้ำยางประมาณ 7750 กรัม (2000 กรัม/ตร.ม.) โดยใช้เวลาในการพ่นน้ำยางประมาณ 20 นาที แล้วทิ้งไว้ 15 นาที วัดอุณหภูมิแวดล้อมและความชื้นสัมพัทธ์ขณะพ่นน้ำยาง หลังจากนั้นวางแนวผ้าฉาบฉาบตามแนวยาว จำนวน 1 ชั้น

ครั้งที่ 2 ทาทับด้วยน้ำยางคอมปาวด์ ปริมาณของน้ำยางคอมปาวด์ที่ใช้ในการทาทับประมาณ 3870 กรัม (1000 กรัม/ตร.ม.) ใช้เวลาในการทาทับ 10 นาที แล้วทิ้งไว้ 15 นาที วัดอุณหภูมิแวดล้อมและความชื้นสัมพัทธ์ขณะทาน้ำยาง หลังจากนั้นวางแนวผ้าฉาบฉาบตามแนวยาว จำนวน 1 ชั้นลักษณะการพ่นรอบแรกกับการวางผ้าและทาน้ำยางทับแสดงดังในรูปที่



รูปที่ 35 การพ่นรอบแรกและการทาทับล้างจากการปูผ้า

ครั้งที่ 3 ทาทับบนผ้าด้ายดิบชั้นที่ 2 ด้วยน้ำยางคอมปาวด์ปริมาณ 2520 กรัม (650 กรัม/ตร.ม.) ใช้เวลาในการทาทับล้าง 10 นาที แล้วทิ้งไว้ 15 นาที วัดอุณหภูมิแวดล้อมและความชื้นสัมพัทธ์ขณะทาน้ำยาง

ครั้งที่ 4 ทาน้ำยางคอมปาวด์เพื่อเคลือบผิวโดยใช้น้ำยางคอมปาวด์ปริมาณ 775 กรัม (200 กรัม/ตร.ม.) โดยใช้เวลาในการทา ประมาณ 20 นาที วัดอุณหภูมิแวดล้อมและความชื้นสัมพัทธ์ขณะทาน้ำยาง ตั้งทิ้งไว้ข้ามคืน (ประมาณ 26 ชั่วโมง) และใช้พลาสติกคลุมบ่อน้ำ

อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในขณะพ่นและทาน้ำยางคอมปาวด์รอบต่างๆ แสดงดังในตารางที่ 15 ซึ่งพบว่าอุณหภูมิอยู่ในช่วง 29-30°C และมีความชื้นสัมพัทธ์อยู่ในช่วง 74-77%

ตารางที่ 15 อุณหภูมิแวดล้อมและความชื้นสัมพัทธ์ในขั้นตอนของการทาน้ำยาง

ขั้นตอนการพ่นหรือทา น้ำยางคอมปาวด์	อุณหภูมิ แวดล้อม (°C)	ความชื้น สัมพัทธ์(%)
ครั้งที่ 1	30.5	74
ครั้งที่ 2	29	76
ครั้งที่ 3	29	76
ครั้งที่ 4	29	77

หลังจากนั้นทำการเติมน้ำลงในสระ โดยการเติมน้ำครั้งที่ 1 ปริมาตร 333,000 ลบ. ซม. (ระดับน้ำสูงจากพื้นสระประมาณ 21.5 ซม.) วัดระดับของน้ำในสระน้ำ เมื่อทิ้งไว้เป็นเวลา 5 วัน สูบน้ำออก ใช้ลมร้อนเป่าให้แห้งแล้วทิ้งไว้เป็นเวลาประมาณ 2 ชั่วโมง เติมน้ำใหม่ที่ระดับน้ำเท่าเดิม (ครั้งที่ 2) วัดระดับของน้ำในสระน้ำ เมื่อทิ้งไว้เป็นเวลา 5 วัน สูบน้ำออก ใช้ลมร้อนเป่าให้แห้งและทิ้งไว้เป็นเวลาประมาณ 2 ชั่วโมง ใส่ น้ำใหม่ ที่ระดับน้ำเท่าเดิม (ครั้งที่ 3) วัดระดับของน้ำในสระน้ำ เมื่อทิ้งไว้เป็นเวลา 5 วัน สูบน้ำออก ใช้ลมร้อนเป่าให้แห้งและทิ้งไว้

เป็นเวลาประมาณ 2 ชั่วโมง เติมน้ำใหม่ที่ระดับน้ำเท่าเดิม (ครั้งที่ 4) วัดระดับของน้ำในสระน้ำ เมื่อทิ้งไว้เป็นเวลา 4 สัปดาห์ ได้ผลการวัดระดับน้ำและสถานะอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ แสดงดังในตารางที่ 16 ซึ่งพบว่ามีอุณหภูมิสิ่งแวดล้อมอยู่ในช่วง 25-34 °C มีความชื้นสัมพัทธ์ในช่วง 70-85% นอกจากนี้จะเห็นว่าการลดลงของระดับน้ำหรือการรั่วซึมจะมีอัตราที่สูงกว่าการทดลองปูระบบ 2 ชั้นตอนเล็กน้อย ที่เป็นเช่นนี้อาจจะมีสาเหตุมาจากการปูแบบ 2 ชั้นตอน ในชั้นตอนแรกมีการทิ้งไว้เป็นเวลานานกว่าและมีการเป่าลมร้อนอย่างดีในชั้นแรกหลังจากการเอาน้ำออก ทำให้ยางชั้นที่ติดกับดินมีโอกาสสุกมากกว่าหลังจากนั้นในการปูรอบที่ 2 ก็มีการทาน้ำยางคอมปาวด์เพื่อให้เกิดการยึดติดที่ดีและหลังจากปูผ้าชั้นที่ 2 ก็มีการใช้ความร้อนในระยะเวลาที่นานกว่าจึงทำให้การปูแบบ 2 ชั้นตอน มีการปูที่ทำให้ชั้นของผ้ากับยางมีการติดกันดีกว่าและยางสุกกว่า จึงส่งผลให้มีช่องว่างให้น้ำผ่านได้น้อยกว่า นอกจากนี้ในตารางที่ 16 หากพิจารณาการสูบน้ำเข้าออกในรอบต่อไป จะมีผลทำให้น้ำรั่วน้อยลง ซึ่งอาจจะมีผลมาจากเมื่อเวลาผ่านไปยางจะสุกได้มากขึ้นเนื่องจากการเอาน้ำออกทุกครั้งจะทำการพ่นลมร้อนจนน้ำแห้ง จึงทำให้โครงสร้างของยางมีรูให้น้ำลอดผ่านได้น้อยลง จึงสรุปว่าการเคลือบระบบ 2 ชั้นตอนโดยให้แต่ละชั้นตอน ต้องทำให้ยางเกิดการวัลคาไนซ์โดยการใช้น้ำร้อนหรือตากแดด (จากผลการทดลองในรูปที่ 29-31 พบว่าการตากแดดถึง 7 วันทำให้ได้ยางมีสมบัติหลังการบ่มแรงไม่แตกต่างจากก่อนการบ่มแรงมากนัก) ให้นานพอก่อนที่จะทำการเคลือบหรือปูผ้าและน้ำยางในรอบต่อไป และในรอบสุดท้ายก็ต้องทำให้ยางสุกโดยการตากบ่มทิ้งไว้ก่อนที่จะทำการเติมน้ำ

ตารางที่ 16 ระดับน้ำอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ ของการเติมน้ำในสระและเก็บไว้ที่ระยะเวลาต่างๆ

ครั้งที่ของการใส่น้ำ	ระยะเวลาเก็บกักน้ำ (วัน)	ระดับน้ำที่ลดลง (ซม.)	อุณหภูมิ แวดล้อม (°C)	ความชื้น สัมพัทธ์(%)
1	5	1.5	25-33	70-82
2	5	1	25-29	71-77
3	5	1	25-30	70-80
4	28	2	25-34	70-85

หลังจากนั้นสูบน้ำออก ลอกยางออกจากบ่อน้ำ ตั้งทิ้งไว้จนแห้งที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 1 สัปดาห์ นำตัวอย่างยางที่ลอกออกจากสระแล้วตัดเป็นชิ้นทดสอบ เพื่อทำการทดสอบสมบัติด้านความต้านทานต่อแรงดึง ความสามารถในการยืด และความต้านทานต่อการฉีกขาด ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 17

ตารางที่ 17 ผลของสมบัติของยางปูสระน้ำจากการลอกผ้าออกจากบ่อ

ตำแหน่งที่ทดสอบ	Tensile strength	Tear Strength	E.B.	Hardness	Thickness
-----------------	------------------	---------------	------	----------	-----------

	(MPa)	(N/mm)	(%)	(Shore A)	(mm)
ตรงบริเวณรอยต่อของผ้าฉาบยาง ระหว่างน้ำกับอากาศ	18.4	120.7	46	50	2.63
ตรงบริเวณรอยต่อของผ้าฉาบยาง ที่แช่ในน้ำ	17.1	114.8	54	48	4.48
ผ้าฉาบยางที่แช่ในน้ำที่ไม่มีรอยต่อ	18.8	115.2	51	49	3.81
พลาสติกที่ใช้ในการปูบ่อ*	18.3	111.8	170	-	0.21
ยางปูสระน้ำจากยางแห้ง	9.3		450	60	-

* เป็นพลาสติกที่ใช้ปูนาุ้งทดสอบเพื่อเปรียบเทียบสมบัติกับผ้าฉาบยาง

จากตารางที่ 17 จะเห็นว่าสมบัติเชิงกลของวัสดุปูสระที่ตำแหน่งต่างๆของสระของการปูแบบขั้นตอนเดียวมีค่าต่ำกว่ากรณีการปูแบบสองขั้นตอน ในตารางที่ 14 มากทั้งนี้อาจจะมีเหตุผลมาจากการปูแบบขั้นตอนเดียวการให้เวลาภายในแต่ละชั้นเกิดการวัลคาไนซ์อย่างเต็มที่ที่มีน้อยกว่าซึ่งจะส่งผลต่อการยึดเหนี่ยวระหว่างชั้นของยางและผ้า จึงทำให้มีช่องว่างที่ทำให้ น้ำรั่วซึมและเป็นจุดอ่อนที่ทำให้เกิดการฉีกขาดเมื่อวัสดุได้รับแรง

2.7 สรุปผล

ในการเตรียมน้ำยางคอมปาวด์เพื่อฉาบวัสดุในการปูสระ พบว่าระบบที่ใช้สารตัวเร่ง ZDEC ที่ปริมาณ 1.5 phr จะให้สมบัติการวัลคาไนซ์และสมบัติเชิงกลของแผ่นฟิล์มยางดีที่สุด นอกจากนี้พบว่าการใช้สารตัวเติมที่ปริมาณ 50 phr ทั้งกรณี แคลเซียมคาร์บอเนตและเคลย์จะให้สมบัติเชิงกลและการใช้สารป้องกันการเสื่อม Wingstay L/TMQ ในอัตราส่วน 1/1 phr จะได้แผ่นฟิล์มและยางฉาบผ้าที่มีสมบัติเชิงกลและสมบัติหลังการบ่มแรงดีที่สุด

วัสดุที่ใช้ในการฉาบยางเลือกผ้าด้ายดิบเนื่องจากให้สมบัติเชิงกลดี มีความหนาการปูให้เรียบทำได้ง่าย คุดน้ำได้ดีทำให้ยางเกาะทั่วผิวผ้าได้ดี ส่วนผ้าซับในให้ยางฉาบผ้าที่มีสมบัติดีที่สุดแต่ในการปูสระทำได้ยากมาก เพราะผ้าบาง และประกบผิวบ่อไม่ดี ผ้า wet look ให้ยางฉาบผ้าที่มีสมบัติเชิงกลไม่ดีเนื่องจากไม่ค่อยเปียกน้ำ นอกจากนี้ทดลองฉาบสแลนค์กันแสง แต่ไม่สามารถฉาบน้ำยางให้ติดได้ดีและสม่ำเสมอได้เนื่องจากลักษณะผิวมันและมีขนาดช่องว่างค่อนข้างใหญ่

วิธีการฉาบยางบนผ้าแบบ 1 ชั้น และ 2 ชั้น ในแนวขวางจะให้วัสดุที่มีความแข็งแรงน้อยกว่าการฉาบแบบ 2 ชั้นในแนวเดียวกัน

ทดลองปูสระขนาดเล็กโดยมีวิธีการปู 2 แบบ แบบขั้นตอนเดียวและแบบสองขั้นตอน โดยการปูแบบสองขั้นตอนจะให้ผลการเก็บน้ำและมีสมบัติเชิงกลของวัสดุที่ดีกว่าเนื่องจากการปูแต่ละชั้นโดยเฉพาะชั้นแรกได้ทำให้ยางวัลคาไนซ์อย่างทั่วถึงก่อนที่จะปูชั้นถัดไป ดังนั้นการปูแบบสองชั้นตอนน่าจะวิธีการเหมาะสมในการปูสระจริง รายละเอียดของวิธีการปูสระมีรายละเอียดดังนี้ คือ

1. การปูสระแบบ 2 ขั้นตอน

ปูยางฉาบผ้า 1 ชั้น เติมน้ำแล้วทดสอบการรั่วแล้วเอาน้ำออกปูยางฉาบผ้าเพิ่มอีก 1 ชั้น โดยมีวิธีการเคลือบยางและผ้าลงไปในสระในการทดลองนี้มี 2 ขั้นตอน คือ

ขั้นตอนที่ 1

พ่นน้ำยางคอมปาวด์ตามสูตร F1A ด้วยเครื่องพ่นจำนวน 7 ชั้นลงบนผิวสระที่ได้ขุดเตรียม โดยให้ปริมาณการพ่นแต่ละชั้นใช้น้ำยางปริมาณใกล้เคียงกัน วัดปัจจัยต่างๆ เช่น เวลาที่ใช้พ่น ปริมาณน้ำยาง อุณหภูมิแวดล้อม และ ความชื้นสัมพัทธ์ หลังจากนั้นทิ้งไว้ประมาณ 2 ชั่วโมง แล้วพ่นบางๆ อีกครั้งก่อนวางผ้าด้ายดิบ โดยวางแนวตามแนวยาวของสระ จำนวน 1 ชั้น แล้วทาทับด้วย น้ำยางสูตร F1A ปริมาณประมาณ 3200 กรัม ใช้เวลาในการทาทับ 30 นาที แล้วเป่าลมร้อนให้ทั่ว ประมาณ 1 ชั่วโมง ทิ้งไว้ข้ามคืน

ขั้นตอนที่ 2

เป่าด้วยลมร้อนจนยางที่ผิวแห้ง แล้วใช้น้ำยางคอมปาวด์สูตร F1A ปริมาณประมาณ 7750 กรัม (ประมาณ 2000 กรัม/ตร.ม.) ทาซ้ำบนยางปูสระขั้นตอนที่ 1 โดยการทา 2 รอบ คือ ทารองพื้น ซึ่งใช้ระยะเวลาการทาประมาณ 30 นาที ทิ้งไว้ 60 นาทีก่อนการทาชั้นที่ 2 ซึ่งใช้ระยะเวลาการทาประมาณ 30 นาที วัดอุณหภูมิแวดล้อมและความชื้นสัมพัทธ์ หลังจากนั้น ปูผ้าด้ายดิบอีก 1 ชั้น เพื่อเสริมความแข็งแรงของการปูสระ โดยให้เป็นแนวเดียวกับผ้าพื้นเดิม หลังจากนั้นทาน้ำยางคอมปาวด์สูตรเดิมแต่มีการใช้สีดำ เพื่อให้สังเกตเห็นการกระจายและความทั่วถึงของการทาดีขึ้น ใช้น้ำยางคอมปาวด์ประมาณ 7750 กรัม (ประมาณ 2000 กรัม/ตร.ม.) โดยการทา 2 รอบ รอบแรกทารองพื้น ใช้ระยะเวลาการทาประมาณ 30 นาที ทิ้งไว้ 60 นาที ก่อนการทาชั้นที่ 2 โดยใช้ระยะเวลาการทาประมาณ 30 นาที วัดอุณหภูมิแวดล้อมและความชื้นสัมพัทธ์ ตั้งทิ้งไว้ข้ามคืน แล้วจึงเติมน้ำเพื่อทดสอบการเก็บกักน้ำ

2. การปูสระแบบขั้นตอนเดียว

เริ่มดำเนินการทดลองการปูสระโดยการทาน้ำยางคอมปาวด์และผ้าด้ายดิบหลายขั้นตอน ดังรายละเอียดต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1 พ่นสเปรย์น้ำยางลงบนดินพื้นสระ โดยใช้ น้ำยางคอมปาวด์สูตร F1A ที่มีการเติมสีดำ N-330 ลงไป 0.75 phr โดยใช้น้ำยางประมาณ 7750 กรัม (2000 กรัม/ตร.ม.) โดยใช้เวลาในการพ่นน้ำยางประมาณ 20 นาที แล้วทิ้งไว้ 15 นาที วัดอุณหภูมิแวดล้อมและความชื้นสัมพัทธ์ขณะพ่นน้ำยาง หลังจากนั้นวางแนวผ้าด้ายดิบตามแนวยาว จำนวน 1 ชั้น

ขั้นตอนที่ 2 ทาทับด้วยน้ำยางคอมปาวด์ ปริมาณของน้ำยางคอมปาวด์ที่ใช้ในการทาทับ ประมาณ 3870 กรัม (1000 กรัม/ตร.ม.) ใช้เวลาในการทาทับ 10 นาที แล้วทิ้งไว้ 15 นาที วัดอุณหภูมิแวดล้อมและความชื้นสัมพัทธ์ขณะทาน้ำยาง หลังจากนั้นวางแนวผ้าด้ายดิบตามแนวยาว จำนวน 1 ชั้น

ขั้นตอนที่ 3 ทาทับบนผ้าด้วยคืบชั้นที่ 2 ด้วยน้ำยางคอมปาวด์ปริมาณ 2520 กรัม (650 กรัม/ตร.ม.) ใช้เวลาในการทาทับ 10 นาที แล้วทิ้งไว้ 15 นาที วัดอุณหภูมิแวดล้อมและความชื้นสัมพัทธ์ขณะทาน้ำยาง

ขั้นตอนที่ 4 ทาน้ำยางคอมปาวด์เพื่อเคลือบผิวโดยใช้น้ำยางคอมปาวด์ปริมาณ 775 กรัม (200 กรัม/ตร.ม.) โดยใช้เวลาในการทา ประมาณ 20 นาที วัดอุณหภูมิแวดล้อมและความชื้นสัมพัทธ์ขณะทาน้ำยาง ตั้งทิ้งไว้ข้ามคืน (ประมาณ 26 ชั่วโมง) และใช้พลาสติกคลุมบ่อน้ำ หลังจากตั้งทิ้งไว้ไม่น้อยกว่า 24 ชั่วโมงก็สามารถทดสอบการเก็บกักน้ำได้

2.8 ข้อเสนอแนะ

1. ควรขยายส่วนการทดลองโดยการปูสื่อน้ำจริงในพื้นที่ที่การเก็บกักน้ำมีปัญหาจริง โดยใช้สูตรน้ำยางที่เหมาะสม และกระบวนการปูแบบ 2 ขั้นตอน โดยต้องมั่นใจว่ายางปูพื้นกับยางที่ฉาบบ้ารอบแรกเกิดการวัลคาไนซ์ก่อนที่จะทำการปูและฉาบรอบต่อไป
2. จัดหาความร่วมมือหน่วยงานเอกชนหรือหน่วยงานภาครัฐในการถ่ายทอดเทคโนโลยี เพื่อนำไปสู่การใช้งานจริง

2.9 เอกสารอ้างอิง

- เจริญ นาคะสรรค์ อาชีชัน แกสมาน อติชัย รุ่งวิชานวิวัฒน์ วรรณิการ์ สหกะโร เบญจ ทองนวลจันทร์ สมคิด ศรีสุวรรณ, 2549. ต้นแบบการผลิตน้ำยางข้นและผลิตภัณฑ์ฟองน้ำจากน้ำยางธรรมชาติระดับกลุ่ม เกษตรกร, รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.), ภาควิชาเทคโนโลยียางและพอลิเมอร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี
- <http://www.nfe.go.th/13/banprak/social/social02.html> (2006) สืบค้นวันที่ 31 ส.ค. 2549
- www.ampolmer.com/catalog/hydroxyethylcellulose.htm (2006) สืบค้น 8 ส.ค. 2549
- www.dow.com/ucarlutex/prod/cello/index.htm (2006) สืบค้น 10 ส.ค. 2549
- ASTM D 1076-97. 2000. Standard Specification for Rubber-concentrated, Ammonia Preserved, Creamed and Centrifuged Natural Latex, Annual Book of ASTM Standards 2000, Section 9 Rubber, Volume 9.01 Rubber, Natural and Synthetic- General Test Methods; Carbon Black, 204-215.
- Blackley, D.C., 1997. Chapter 9. Natural latices in polymer latices science and technology: 2nd Ed, Chapman and Hall, London, p 44-55.
- Blackley, D.C., 1997. Chapter 14. Chemically-modified latices in polymer latices science and technology: 2nd Ed, Chapman and Hall, London, p 518-530.
- Blackley, D.C., 1997. Chapter 22. Latex-based adhesives in polymer latices science and technology: 2nd Ed, Chapman and Hall, London, p 474-494.
- Calvert, K.O. 1982. *Polymer Latices and their applications*, Applied Science Publisher, 229-236.
- Clayton, T.A. 1951. *Improvements in the chemical creaming of latex*. GB Pat 657853
- Gorton, A.D.T., 1979, The production and properties of prevulcanized natural rubber latex, NR Technology, 10(1), 9-20.
- Nakason, N., Kaesaman, A. Yimwan, N., and Ketsarin, K., 2001, Preliminary Study on the Preparation of Latex Foam Rubber from Graft Copolymer of Deproteinised Natural Rubber and Methyl Methacrylate, J. Rubb. Res. 4(3), 141-152
- Oraphin Chaikumpollert, Chaveewan Rakdee, Surapich Loykulnant and Krisda Suchava, 2004, Recovery of skim natural rubber by using biopolymers as creaming, The third Thailand Materials Science and Technology Conference, 10-11 August, 2004, MTEC, p. 533-535.
- Peethambaran, N. R., Kuriakose, B., Rajan, M., and Kuriakose, A. P. 1990, Rheological behavior of natural rubber latex in the presence of surface-active agents, J. Appl. Polym. Sci., 41(5-6), 975 – 983.

- Resing, W., 2000. Natural rubber latex: production, processing and properties, Natuur-rubber17, Newsletter of the Rubber Foundation Center for Natural Rubber, 1-3
- Rippel, M.M., Lee, L.T., Leite, C.A.P. and Galembeck, 2003, Skim and cream natural rubber particles: colloidal properties, coalescence and film formation, J. Colloid and Interface Sci., 206, 330-340.
- Schweitzer, O. 1939. *The creaming of rubber latex*, Kautschuk, 15 (10), 169-172.
- Tangboriboonrat, P., Tanunchai, T. and Tiyaipiboonchaiya, C. 1999. Creaming skim natural rubber latex for encapsulation of urea Fertiliser, Plast. Rubber Comps. , 28(7), 357-362.

สรุปข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะร่างรายงานฉบับสมบูรณ์โครงการ
“ต้นแบบการทำยางปูสระน้ำจากน้ำยางธรรมชาติ” สัญญาเลขที่ PDG5050002

1. ให้ระบุชนิดน้ำยางขึ้น: ชนิดครีม/ชนิดเช็นตริฟิวจ์ เนื่องจากเป็นประเด็นสำคัญของโครงการนี้ที่ได้เสนอไว้ในสัญญา
คำชี้แจง ได้ดำเนินการศึกษาการใช้ยางครีมในการฉาบผ้า ในทำนองเดียวกับการใช้น้ำยาง HA แต่ได้ศึกษาสมบัติเบื้องต้นของฟิล์มและผ้าฉาบยางเท่านั้น ซึ่งพบว่ามีความคล้ายคลึงกับน้ำยาง HA ในช่วงระยะเวลาที่มีการจ้างลูกจ้างโครงการวิจัย 3 เดือน เป็นช่วงหน้าแล้ง ทีมวิจัยไม่สามารถหาน้ำยางสดได้ให้มีปริมาณมากพอในการปูสระได้ ประกอบกับในช่วงดังกล่าวมีเหตุการณ์ความรุนแรงในพื้นที่ที่ไปเก็บน้ำยางบ่อยครั้ง ทีมวิจัยจึงตัดสินใจดำเนินการวิจัย โดยการใช้ยาง HA ไปก่อน และได้ผลการวิจัยที่ค่อนข้างดี (ดังรายงาน) และเมื่อระยะการจ้างลูกจ้างก็สิ้นสุดลง ก็ไม่สามารถดำเนินการวิจัยต่อได้อีก แต่ในขณะนี้ได้นำนักศึกษาวิจัยดำเนินการวิจัยการใช้ยางครีมในการปูสระต่อ แต่ในขณะนี้ยังไม่สามารถปูสระได้เนื่องจากเป็นหน้าฝน และจะรายงานผลการวิจัยอย่างละเอียดในโครงการ “ต้นแบบการผลิตน้ำยางขึ้นจากกระบวนการคริมมิงในระดับอุตสาหกรรม และต้นแบบการประยุกต์ใช้งานในการทำน้ำยางเคลือบสระน้ำและสายยางยืด” สัญญาเลขที่ RGD5050035
2. ยังขาดการทดสอบ peel strength ที่น่าจะเป็นสมบัติตัวสำคัญในเรื่องนี้ตามที่ได้เสนอไว้ในสัญญา
คำชี้แจง การทดสอบ peel strength กับวัสดุผ้าฉาบยางในงานวิจัยนี้ไม่สามารถทำได้ เนื่องจากยางได้ซึ่งเข้าไปในเนื้อผ้าแล้วเป็นเนื้อเดียวกัน โดยไม่สามารถแยกออกหรือลอกออกได้ ดังนั้นความแข็งแรงในการลอกจะใช้ได้กับวัสดุ 2 ชั้นที่สามารถลอกหรือลอกออกจากกันได้เท่านั้น
3. หน้า 4 ตารางที่ 2 สูตร F5 และ F7 เป็นสูตรเดียวกัน
คำชี้แจง เป็นความผิดพลาดในการกรอข้อมูล สูตร F5 จะไม่มี N330 ได้ปรับปรุงแก้ไขแล้ว และมี ค่า Total weight = 161.00
4. หน้า 23: ควรตรวจสอบ 2 บรรทัดสุดท้าย “สมบัติด้านการวัลคาไนซ์” หมายถึงอะไร
คำชี้แจง ได้ปรับแก้เป็น “ค่าดัชนีการบวมพองในโทลูอิน”
5. หน้า 28: ตรวจสอบความถูกต้องของตารางที่ต้องการอ้างอิง อนึ่งในภาพรวมที่พยายามอธิบายให้เหตุผลเกี่ยวกับ “อิทธิพลของสารป้องกันการเสื่อมต่อสมบัติของฟิล์มยางและต่อสมบัติของผ้าฉาบยาง” นั้น ไม่ค่อยน่าจะถูกต้อง เนื่องจากปริมาณของสารป้องกันยางเสื่อม หากแต่น่าจะเป็นเรื่องของระดับการวัลคาไนซ์เมื่อในสถานะบ่มแรงโดยเงื่อนไขต่างๆมากกว่า
คำชี้แจง เปลี่ยนรูปที่ 25 เป็นรูปที่ 29 และรูปที่ 31 เป็น รูปที่ 30
การอธิบายผลของสารป้องกันการเสื่อมต่อสมบัติของผ้าฉาบยางนั้น เป็นเหตุเป็นผลซึ่งกันและกัน เนื่องจากในการทดลองนี้ได้ใช้น้ำยางคอมปาวด์ที่มีระดับการวัลคาไนซ์ในระดับเดียวกัน คือ Chloroform no. 3 เพื่อดูผลของชนิดและปริมาณสารป้องกันการเสื่อม ดังนั้นผลที่เกิดขึ้นนั้นเป็นผลจากการทำงานในระดับโมเลกุลของสารป้องกันการเสื่อม ในสภาวะการบ่มแรงต่างๆ จึงมีความมั่นใจมากกว่า Experimental design นี้ มีความถูกต้อง ดังนั้นจึงเพิ่มข้อความ “โดยใช้น้ำยางคอมปาวด์ที่มีค่าระดับวัลคาไนซ์เดียวกัน คือ Chloroform no 3” ลงใน paragraph นี้

6. ควรตรวจสอบท้ายตารางที่ 13 และ 16 น่าจะระบุความชัดเจนว่านำ อะไร ไปทดสอบสมบัติต่างๆและเตรียมตัวอย่างดังกล่าวอย่างไร

คำชี้แจง เพิ่มข้อความ “นำตัวอย่างยางที่ลอกออกจากสระแล้วตัดเป็นชิ้นทดสอบ เพื่อทำการทดสอบสมบัติ.....”

7. ควรตรวจสอบตารางที่ 14 และ 17 ชิ้นทดสอบ ตรงบริเวณของยางที่แช่น้ำกับชิ้นทดสอบที่เป็นแผ่นฟิล์มที่แช่ในน้ำนั้น ต่างกันอย่างไร และค่าต่างๆของชิ้นทดสอบที่ระบุเป็นพลาสติกที่ใช้ในการปูบ่อกับยางปูสระน้ำจากยางแห่งนั้นได้มาอย่างไร

คำชี้แจง ได้เปลี่ยนแปลงคำเรียกตัวอย่างชุดต่างๆให้เข้าใจได้ง่ายขึ้นและระบุที่มาของแหล่งพลาสติก “เป็นพลาสติกที่ใช้ปูนาุ้งทดสอบเพื่อเปรียบเทียบสมบัติกับผ้าฉาบยาง”

8. ให้เพิ่มเติมบทวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์ โดยการประเมินค่าใช้จ่ายในการเคลือบสระด้วยน้ำยาง อาจะระบุเป็นราคาต่อตารางเมตร

คำชี้แจง

- ราคาของยางผสมสารเคมีต่อกิโลกรัม (บาท) 49.81
 - ราคาของผ้าฉาวยิบต่อตารางเมตร (บาท) 25
- ในการปูสระน้ำ จะใช้ยางผสมสารเคมีประมาณ 1.2 กิโลกรัมต่อตารางเมตร
- ยางปูสระน้ำ (ยางผสมสารเคมี + ผ้าฉาวยิบ) มีต้นทุนของวัสดุทั้งหมดต่อตารางเมตร 84.78 บาท

9. บทสรุปข้อ 2.7 ควรเพิ่มเติมการสรุปขั้นตอนของการปูสระทดลองขนาดเล็กแต่ละวิธีให้ชัดเจน เนื่องจากเป็นประเด็นสำคัญของโครงการ

คำชี้แจง ดำเนินการตามคำแนะนำ

10. ควรให้คำเต็มของคำย่อชื่อสารต่างๆด้วย และตรวจสอบคำผิดที่มีหลายแห่งด้วย

คำชี้แจง ดำเนินการตามคำแนะนำ

11. แม้จะไม่ได้ระบุความลึกของสระ แต่การทดลองที่ความลึกเพียง 50 ซม.จะไม่สอดคล้องกับความจริง เพราะน้ำที่ลึกต่างกันน่าจะมีแรงกระทำต่อแผ่นยางต่างกัน

คำชี้แจง สถานที่ดำเนินการวิจัยมีปัญหาเรื่องตื้นน้ำได้ดินตื้นมาก จึงไม่สามารถขุดสระลึกได้มากกว่านี้ การวิจัยในการปูสระที่ลึกกว่านี้คงจะต้องดำเนินการขยายส่วนในพื้นที่อื่น ที่ไม่มีปัญหาเรื่องปริมาณน้ำได้ดิน

12. หากพื้นบ่อเปือก การ apply จะทำได้หรือไม่ ควรอธิบายให้เข้าใจ

คำชี้แจง ทำได้ในกรณีที่น้ำเปือกดินแต่น้ำไม่ท่วมผิวดิน แต่จะใช้น้ำยางคอมปาวด์โดยตรงไม่ได้ ต้องฉาบผ้าไปวางชั้นแรกก่อนแล้วจึงฉาบยางชั้นต่อไป และคงจะต้องทำการทดลองเพิ่มเติมในการปูสระในลักษณะพื้นเปือก

ข้อเสนอแนะ

เมื่อทดลองกับสระดิน ควรจะใช้ mechanical property มาทำนายผล หากทดลองกับบ่อลึกหรือควรจำลองโดยใช้ท่อ cement มาเรียงซ้อนกันแทนบ่อก็ได้