

## รายการอ้างอิง

1. รองศาสตราจารย์ เสาวรจณ์ ช่วยจุลจิตร. เทคโนโลยีของยาง. พิมพ์ครั้งที่ 1: ภาควิชาวัสดุศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2539.
2. เสาวนีย์ ก่อวุฒิกุลรังษี. ยางธรรมชาติเบื้องต้น. บัณฑิตานี: ภาควิชาเทคโนโลยีบางและพอลิเมอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, 2540.
3. วราภรณ์ ขจรไชยกูล. การผลิตยางธรรมชาติ. เอกสารทางวิชาการ, เลขที่ 92 (กุมภาพันธ์).  
สงขลา: ศูนย์วิจัยการยางสงขลา อ.หาดใหญ่, 2524.
4. พิชัย สราญรมย์. ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับยางพารา. จันทบุรี: วิทยาลัยรำไพพรรณี, 2527.
5. พิชัย เพชรจันทร์. ยางพารา. เอกสารนิเทศการศึกษา, ฉบับที่ 264. กรุงเทพมหานคร:  
หน่วยศึกษานิเทศก์ กรมฝึกหัดครู, 2527.
6. น้ำยาง. ภาควิชาเทคโนโลยีการยาง คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัย  
สงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี, 2531.
7. วราภรณ์ ขจรไชยกูล, พลชิต บัวแก้ว และภัทรา กานตศิลป์. น้ำยางข้นและการผลิตถุงมือ  
ยาง. กลุ่มอุตสาหกรรมการผลิตภัณฑ์ยาง ฉบับที่ 3, เมษายน 2533.
8. พลชิต บัวแก้ว. สารเคมีผสมน้ำยาง. กลุ่มอุตสาหกรรมผลิตยาง ศูนย์วิจัยยางสงขลา กรม  
วิชาการเกษตร, 2531.
9. วิภา เศรษฐนิษฐ์. การเตรียมสารละลายของสารเคมีที่ใช้กับน้ำยาง. เอกสารประกอบการ  
บรรยายในการฝึกอบรมหลักสูตรเทคโนโลยีน้ำยาง สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการ  
เกษตร, 2537.
10. Wong Niap Poh. Preparation of Solution Dispersion and Emulsion. Rubber  
Research of Malasia, 1988, 24-30.
11. Blackley, D.C. Preparation of Dispersion. High Polymer Latices. 1966, 138-149.
12. วราภรณ์ ขจรไชยกูล. เอกสารประกอบการฝึกอบรมหลักสูตรกระบวนการผลิตภัณฑ์ยาง.  
สาขาเทคโนโลยียาง เล่มที่ 1 ระหว่างวันที่ 20-25 มิถุนายน 2531 ณ ศูนย์วิจัย  
สงขลา, 2531.
13. ปริญญา เลิศสถิตพงษ์. การเตรียมวัสดุเชิงประกอบระหว่างใยแก้วและยางธรรมชาติ.  
วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาเคมีเทคนิค คณะวิทยาศาสตร์  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2547.
14. Pocius, Al.V. Adhesion and adhesives technology: An introduction, 2<sup>nd</sup> editon.  
USA. 2002, 153-154.

15. Comyn, J. Adhesion Science. Royal Society of Chemistry Paperbacks, 1997.
16. Kinloch, A.J. Adhesion and Adhesives. Science and Technology, Chapman and Hall, 1987.
17. การผลิตปูนซีเมนต์. สารานุกรมไทยสำหรับเยาวชน เล่ม 24
18. มงคลชัย เชนรัมย์, ชลดา เลวิส. ผลของชนิดและปริมาณสารตัวเติมต่อสมบัติทางกายภาพและสมบัติการบดติดกับผ้าใบของยางธรรมชาติวัลคาไนซ์. คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลลา.
19. ชมพูนุท สัจจร. ผลของขนาดอนุภาคดีสเพอร์ชันที่มีต่อกระบวนการผลิตและคุณภาพของถู่มี้อย่างทางการแพทย์ที่ผลิตจากน้ำยางธรรมชาติ. วิทยานิพนธ์ปริญญา มหาบัณฑิต ภาควิชาเคมีเทคนิค คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2543.
20. Gorton, A.D.T., and Pendle, T.D., Dispersion Particle Size in Natural Rubber Latex Technology. NR Technology 12(2 1981):21-26.
21. Gorton, A.D.T., and Pendle, T.D., A New Rapid Measurements of Crosslink Density in Compounded Natural Latices. NR Technology 7(4 1976):77-81.
22. Subramaniam, A., Molecula weight and other properties of natural rubber: a study of clonal variations. International Rubber Conference (1975):1-25.
23. Segre, N., Joekes, I., Use of tire rubber particle and addition to cement paste. Cement and Concrete Research 30 (9):1421-1425.
24. Ehabe, E.E., Farid, S.A., Chemical kinetics of vulcanization and compression set. European Polymer Journal 37 (2001):329-334.
25. Fanm, R.L., Zhang, Y., Li, F., Zhang, Y.X., Sun, K., and Fan, Y.Z., Effect of high-temperature curing on the crosslink structures and dynamic mechanical properties of gum and N330-filled natural rubber vulcanizates. Polymer Testing 20 (2001):925-936.
26. Boochathum, P., Prajudtake, W., Valcanization of cis- and trans-polyisoprene and their blends: cure characteristics and crosslink distribution. European Polymer Journal 37 (2001):417-427.

ภาคผนวก

## ภาคผนวก ก

## สมบัติของสารที่ใช้ในการทดลอง

ตารางที่ ก.1 แสดงสมบัติของน้ำยางข้นชนิดแอมโมเนียต่ำที่ใช้ในการทดลอง

สมบัติน้ำยางข้น	ผลการทดสอบ
Total Solids Content, %	61.78
Dry Rubber Content, %	60.09
Non Rubber Solids, %	1.69
Ammonia Content (on Total Weight), %	0.27
Ammonia Content (on Water Phase), %	0.71
PH Value	10.19
KOH Number	0.7443
Volatile Fatty Acid Number (V.F.A)	0.0462
Mechanical Stability Time @ 55% TS., sec.	960
Specific Gravity at 25 oC	0.946
Magnesium Content (on Solids), ppm.	33
Chemical Stability Test (CST), ml.	2.0
Coagulum Content, (80 mesh), ppm.	18
Viscosity (60% TS, Spindle no.1, 60 rpm.), cps.	97.9



ตารางที่ ก.3 แสดงสมบัติสารประสานคู่ควบไซเลน (Silane coupling agent)

ชื่อทางเคมี Bis-[3-(triethoxysilyl)-propyl]-tetrasulfide

โครงสร้างทางเคมี



สูตรอย่างง่าย  $\text{C}_{18}\text{H}_{42}\text{O}_6\text{S}_4\text{Si}_2$

ลักษณะรูปร่าง เป็นของเหลวสีเหลือง

สมบัติและลักษณะ	ผลการทดสอบ
Specific Gravity ( $\text{g}/\text{cm}^3$ )	1.070 – 1.090
Molecular Weight	539
Alcohol Content (%)	$\geq 0.50$
3-Chloropropyltriethoxysilane	$\leq 3$
Flash Point (C)	$\geq 100$
Other Impurity Content (%)	$\leq 0.50$
Average sulfur chain length	3.60 – 3.90
Total sulfur Content (%)	$\geq 22$
Free sulfur Content (%)	$\leq 1.0$
Solubility	ละลายในตัวทำละลายอินทรีย์ทุกชนิด และละลายในน้ำ

## ภาคผนวก ข

## วิธีวิเคราะห์สมบัติของผลิตภัณฑ์

## วิธีการทดสอบสมบัติทางกายภาพด้านการดึงยาง

ความต้านทานแรงดึง (Tensile Strength) เป็นแรงต่อหน่วยพื้นที่เริ่มต้นที่ดึงยางนั้นจนขาด หน่วยเป็น เมกะพาสคัล

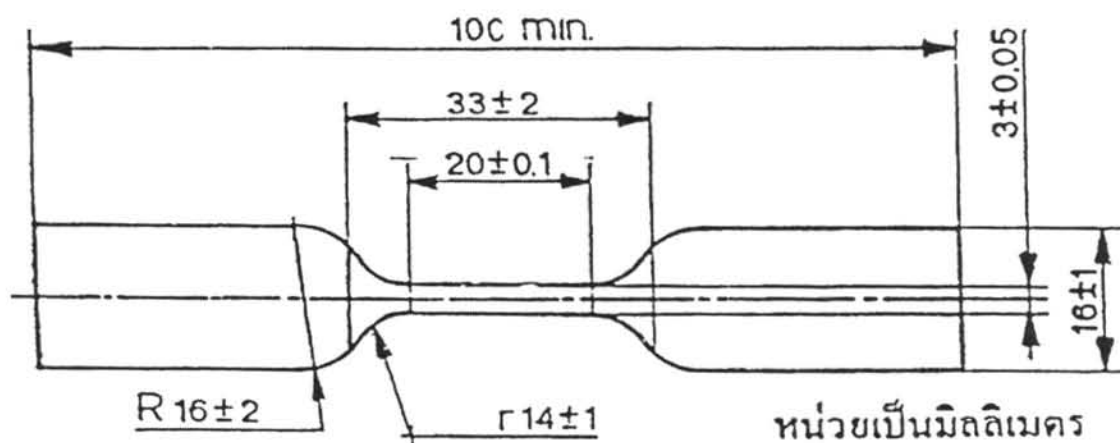
ความยืดเมื่อขาด (Elongation at break) หมายถึง ความยาวของยางที่ยืดได้จนกระทั่งยางขาด หน่วยเป็น ร้อยละ

## 1. เครื่องมือ

เครื่องทดสอบการดึงยืดรุ่น LLOYD LR 50K สามารถดึงยืดด้วยความเร็ว  $500 \pm 20$  มิลลิเมตรต่อวินาที

## 2. การเตรียมฟิล์มยางเป็นชิ้นทดสอบ

ตัดฟิล์มยางตัวอย่างเป็นรูปดัมส์เบล ดังรูปที่ ข.1 จำนวน 5 ตัวอย่างต่อ 1 ชุด ทำเครื่องหมายพิกัดให้ถูกต้องและชัดเจน มีความยาวพิกัดเป็น  $20.0 \pm 0.1$  มิลลิเมตร แล้ววัดความหนาของชิ้นทดสอบในช่วงระยะความยาวพิกัด 3 ตำแหน่ง แล้วหาค่าเฉลี่ย เพื่อนำไปคำนวณหาพื้นที่ภาคตัดขวาง (A)



รูปที่ ข.1 ขนาดของชิ้นตัวอย่างทดสอบสมบัติด้านการดึงยาง

3. วิธีการคำนวณหาความต้านแรงดึง จากสูตรดังนี้

$$T = \frac{F}{A}$$

เมื่อ T คือ ความต้านทานแรงดึง หน่วยเป็น เมกะพาสคัล

F คือ แรงดึงสูงสุด หน่วยเป็น นิวตัน

A คือ พื้นที่ภาคตัดขวางของชิ้นทดสอบ หน่วยเป็น ตารางมิลลิเมตร

4. วิธีการคำนวณหาความยืดเมื่อขาด จากสูตรดังนี้

$$E = \frac{L_1 - L_0}{L_0} * 100$$

เมื่อ E คือ ความยืดเมื่อขาด หน่วยเป็น ร้อยละ

L1 คือ ความยาวระหว่างเครื่องหมายพิกัดขณะขาด หน่วยเป็น มิลลิเมตร

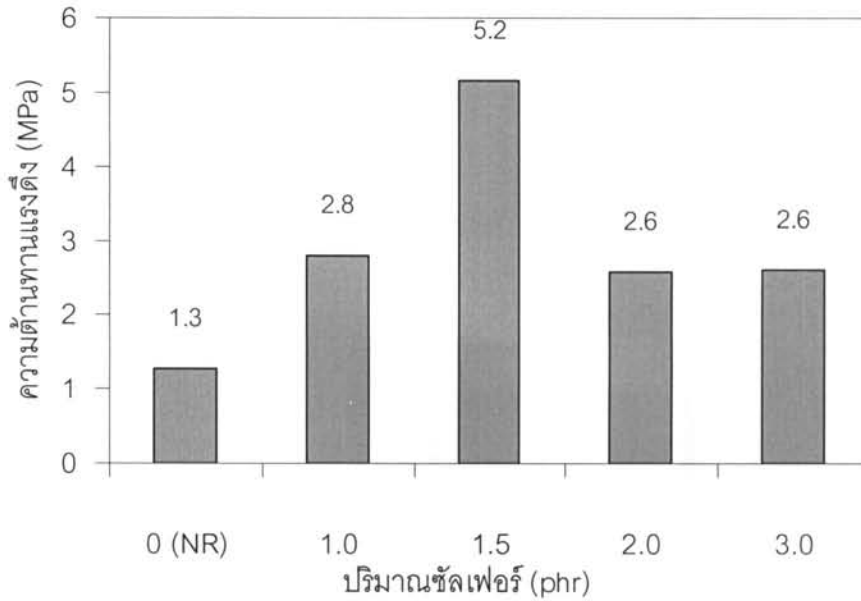
L0 คือ ความยาวพิกัดก่อนทดสอบ หน่วยเป็น มิลลิเมตร

5. ทำตามข้อ 2-4 ซ้ำแล้วหาค่าเฉลี่ย

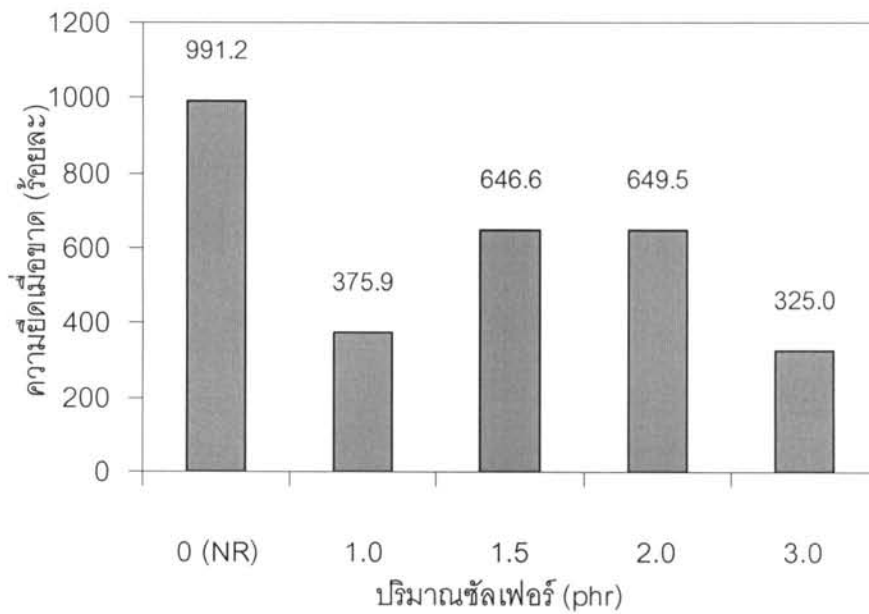


## ภาคผนวก ค

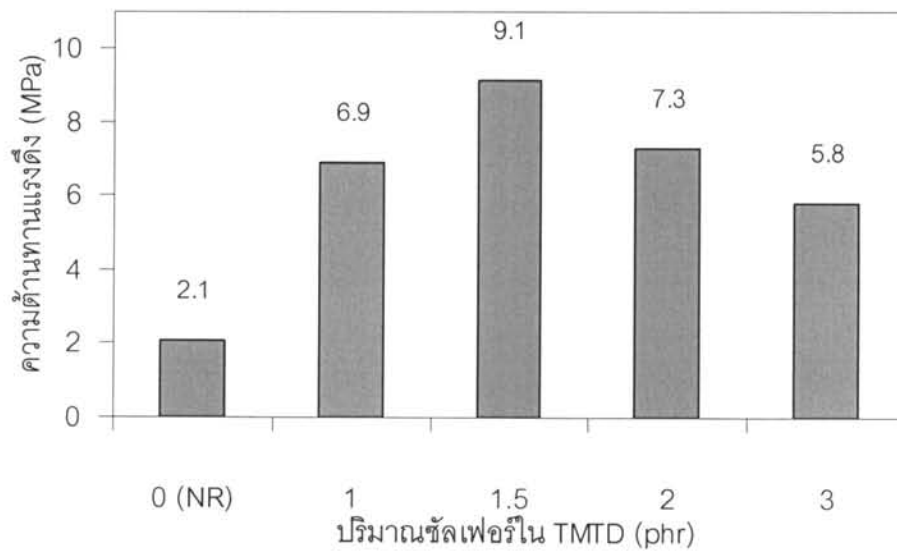
## สมบัติทางกายภาพของยางพรีวัลคาไนซ์



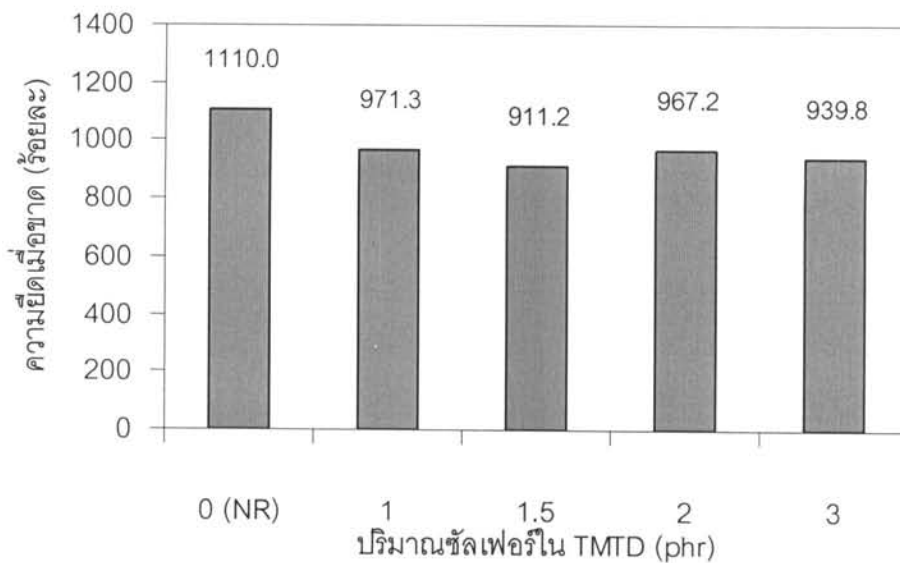
รูปที่ ค.1 สมบัติความต้านทานแรงดึงของฟิล์มยางพรีวัลคาไนซ์ ที่ปริมาณซัลเฟอร์ต่างๆ ของระบบการเชื่อมขวางโมเลกุลโดยใช้ซัลเฟอร์



รูปที่ ค.2 สมบัติด้านความยืดเมื่อขาดของฟิล์มยางพรีวัลคาไนซ์ ที่ปริมาณซัลเฟอร์ต่างๆ ของระบบการเชื่อมขวางโมเลกุลโดยใช้ซัลเฟอร์



รูปที่ ค.3 สมบัติความต้านทานแรงดึงของฟิล์มยางพรีวัลคาไนซ์ ที่ปริมาณซัลเฟอร์ต่างๆ ของระบบการเชื่อมขวางโมเลกุลโดยใช้ TMTD ดิสเพอร์ชัน



รูปที่ ค.4 สมบัติด้านความยืดเมื่อขาดของฟิล์มยางพรีวัลคาไนซ์ ที่ปริมาณซัลเฟอร์ต่างๆ ของระบบการเชื่อมขวางโมเลกุลโดยใช้ TMTD ดิสเพอร์ชัน

## ภาคผนวก ง

## ข้อมูลการทดลอง

ตารางที่ ง.1 สมบัติด้านความต้านทานแรงดึงและค่าความยืดเมื่อขาดของฟิล์มยางวัลคาไนซ์อิสระที่ใช้ซัลเฟอร์ ที่อุณหภูมิการวัลคาไนซ์ที่ 30 °C และเวลาในการทำปฏิกิริยา 1 ชั่วโมง

ปริมาณซัลเฟอร์ (phr)	ความต้านทานแรงดึง (MPa)	ความยืดเมื่อขาด (ร้อยละ)
1.0	1.476	895.09
1.5	2.563	781.18
2.0	2.754	779.18
3.0	1.420	671.87

ตารางที่ ง.2 สมบัติด้านความต้านทานแรงดึงและค่าความยืดเมื่อขาดของฟิล์มยางวัลคาไนซ์อิสระที่ใช้ซัลเฟอร์ ที่อุณหภูมิการวัลคาไนซ์ที่ 30 °C และเวลาในการทำปฏิกิริยา 3 ชั่วโมง

ปริมาณซัลเฟอร์ (phr)	ความต้านทานแรงดึง (MPa)	ความยืดเมื่อขาด (ร้อยละ)
1.0	4.485	754.29
1.5	4.992	798.54
2.0	5.024	692.78
3.0	4.497	684.66

ตารางที่ ง.3 สมบัติ ด้านความต้านทานแรงดึงและค่าความยืดเมื่อขาดของฟิล์มยางวัลคาไนซ์อิสระที่ใช้ซัลเฟอร์ ที่อุณหภูมิการวัลคาไนซ์ที่ 30 °C และเวลาในการทำปฏิกิริยา 5 ชั่วโมง

ปริมาณซัลเฟอร์ (phr)	ความต้านทานแรงดึง (MPa)	ความยืดเมื่อขาด (ร้อยละ)
1.0	4.646	626.72
1.5	5.189	715.04
2.0	4.107	646.24
3.0	4.035	682.49

ตารางที่ ง.4 สมบัติด้านความต้านทานแรงดึงและค่าความยืดเมื่อขาดของฟิล์มยางวัลคาไนซ์อิสระที่ใช้ซัลเฟอร์ ที่อุณหภูมิการวัลคาไนซ์ที่ 40 °C และเวลาในการทำปฏิกิริยา 1 ชั่วโมง

ปริมาณซัลเฟอร์ (phr)	ความต้านทานแรงดึง (MPa)	ความยืดเมื่อขาด (ร้อยละ)
1.0	2.761	608.25
1.5	3.182	660.50
2.0	3.787	644.19
3.0	2.857	659.81

ตารางที่ ง.5 สมบัติด้านความต้านทานแรงดึงและค่าความยืดเมื่อขาดของฟิล์มยางวัลคาไนซ์อิสระที่ใช้ซัลเฟอร์ ที่อุณหภูมิการวัลคาไนซ์ที่ 40 °C และเวลาในการทำปฏิกิริยา 3 ชั่วโมง

ปริมาณซัลเฟอร์ (phr)	ความต้านทานแรงดึง (MPa)	ความยืดเมื่อขาด (ร้อยละ)
1.0	3.274	681.15
1.5	4.622	624.91
2.0	4.922	547.31
3.0	4.786	618.50

ตารางที่ ง.6 สมบัติด้านความต้านทานแรงดึงและค่าความยืดเมื่อขาดของฟิล์มยางวัลคาไนซ์อิสระที่ใช้ซัลเฟอร์ ที่อุณหภูมิการวัลคาไนซ์ที่ 40 °C และเวลาในการทำปฏิกิริยา 5 ชั่วโมง

ปริมาณซัลเฟอร์ (phr)	ความต้านทานแรงดึง (MPa)	ความยืดเมื่อขาด (ร้อยละ)
1.0	3.571	605.88
1.5	5.171	614.40
2.0	4.602	694.33
3.0	2.681	494.77

ตารางที่ ง.7 สมบัติด้านความต้านทานแรงดึงและค่าความยืดเมื่อขาดของฟิล์มยางวัลคาไนซึอสรระที่ใส่ซัลเฟอร์ ที่อุณหภูมิการวัลคาไนซ์ที่ 50 °C และเวลาในการทำปฏิกิริยา 1 ชั่วโมง

ปริมาณซัลเฟอร์ (phr)	ความต้านทานแรงดึง (MPa)	ความยืดเมื่อขาด (ร้อยละ)
1.0	1.670	504.07
1.5	1.783	621.07
2.0	1.855	626.97
3.0	2.181	582.23

ตารางที่ ง.8 สมบัติด้านความต้านทานแรงดึงและค่าความยืดเมื่อขาดของฟิล์มยางวัลคาไนซึอสรระที่ใส่ซัลเฟอร์ ที่อุณหภูมิการวัลคาไนซ์ที่ 50 °C และเวลาในการทำปฏิกิริยา 3 ชั่วโมง

ปริมาณซัลเฟอร์ (phr)	ความต้านทานแรงดึง (MPa)	ความยืดเมื่อขาด (ร้อยละ)
1.0	1.953	602.74
1.5	2.067	359.14
2.0	1.755	302.52
3.0	2.141	563.74

ตารางที่ ง.9 สมบัติด้านความต้านทานแรงดึงและค่าความยืดเมื่อขาดของฟิล์มยางวัลคาไนซึอสรระที่ใส่ซัลเฟอร์ ที่อุณหภูมิการวัลคาไนซ์ที่ 50 °C และเวลาในการทำปฏิกิริยา 5 ชั่วโมง

ปริมาณซัลเฟอร์ (phr)	ความต้านทานแรงดึง (MPa)	ความยืดเมื่อขาด (ร้อยละ)
1.0	2.210	620.11
1.5	2.989	643.57
2.0	2.071	623.27
3.0	2.182	606.13

ตารางที่ ง.10 สมบัติด้านความต้านทานแรงดึงและค่าความยืดเมื่อขาดของฟิล์มยางวัลคาไนซ์ อีสาระที่ใช้ซัลเฟอร์ ที่อุณหภูมิการวัลคาไนซ์ที่ 60 °C และเวลาในการทำปฏิกิริยา 1 ชั่วโมง

ปริมาณซัลเฟอร์ (phr)	ความต้านทานแรงดึง (MPa)	ความยืดเมื่อขาด (ร้อยละ)
1.0	1.686	524.22
1.5	1.854	538.92
2.0	2.045	557.69
3.0	1.532	511.59

ตารางที่ ง.11 สมบัติด้านความต้านทานแรงดึงและค่าความยืดเมื่อขาดของฟิล์มยางวัลคาไนซ์ อีสาระที่ใช้ซัลเฟอร์ ที่อุณหภูมิการวัลคาไนซ์ที่ 60 °C และเวลาในการทำปฏิกิริยา 3 ชั่วโมง

ปริมาณซัลเฟอร์ (phr)	ความต้านทานแรงดึง (MPa)	ความยืดเมื่อขาด (ร้อยละ)
1.0	1.826	609.57
1.5	1.991	625.61
2.0	2.243	654.78
3.0	1.864	609.51

ตารางที่ ง.12 สมบัติด้านความต้านทานแรงดึงและค่าความยืดเมื่อขาดของฟิล์มยางวัลคาไนซ์ อีสาระที่ใช้ซัลเฟอร์ ที่อุณหภูมิการวัลคาไนซ์ที่ 60 °C และเวลาในการทำปฏิกิริยา 5 ชั่วโมง

ปริมาณซัลเฟอร์ (phr)	ความต้านทานแรงดึง (MPa)	ความยืดเมื่อขาด (ร้อยละ)
1.0	1.979	634.13
1.5	2.538	687.25
2.0	2.004	631.57
3.0	1.852	597.68

ตารางที่ ง.13 สมบัติด้านความต้านทานแรงดึงและค่าความยืดเมื่อขาดของฟิล์มยางวัลคาไนซ์ อีสาระที่ใช้ซัลเฟอร์ ที่อุณหภูมิการวัลคาไนซ์ที่ 70 °C และเวลาในการทำปฏิกิริยา 1 ชั่วโมง

ปริมาณซัลเฟอร์ (phr)	ความต้านทานแรงดึง (MPa)	ความยืดเมื่อขาด (ร้อยละ)
1.0	0.651	91.50
1.5	0.677	84.78
2.0	0.659	57.26
3.0	0.633	36.50

ตารางที่ ง.14 สมบัติด้านความต้านทานแรงดึงและค่าความยืดเมื่อขาดของฟิล์มยางวัลคาไนซ์ อีสาระที่ใช้ซัลเฟอร์ ที่อุณหภูมิการวัลคาไนซ์ที่ 70 °C และเวลาในการทำปฏิกิริยา 3 ชั่วโมง

ปริมาณซัลเฟอร์ (phr)	ความต้านทานแรงดึง (MPa)	ความยืดเมื่อขาด (ร้อยละ)
1.0	0.625	38.56
1.5	0.662	38.23
2.0	0.654	36.36
3.0	0.604	36.13

ตารางที่ ง.15 สมบัติด้านความต้านทานแรงดึงและค่าความยืดเมื่อขาดของฟิล์มยางวัลคาไนซ์ อีสาระที่ใช้ซัลเฟอร์ ที่อุณหภูมิการวัลคาไนซ์ที่ 70 °C และเวลาในการทำปฏิกิริยา 5 ชั่วโมง

ปริมาณซัลเฟอร์ (phr)	ความต้านทานแรงดึง (MPa)	ความยืดเมื่อขาด (ร้อยละ)
1.0	0.513	32.89
1.5	0.625	32.54
2.0	0.524	29.85
3.0	0.486	28.20

ตารางที่ ง.16 สมบัติด้านความต้านทานแรงดึงและค่าความยืดเมื่อขาดของฟิล์มยางวัลคาไนซ์อิสระที่ใช้ TMTD ที่อุณหภูมิการวัลคาไนซ์ที่ 30 °C และเวลาในการทำปฏิกิริยา 1 ชั่วโมง

ปริมาณซัลเฟอร์ (phr)	ความต้านทานแรงดึง (MPa)	ความยืดเมื่อขาด (ร้อยละ)
1.0	6.872	946.57
1.5	7.674	862.90
2.0	9.299	960.59
3.0	8.873	884.22

ตารางที่ ง.17 สมบัติด้านความต้านทานแรงดึงและค่าความยืดเมื่อขาดของฟิล์มยางวัลคาไนซ์อิสระที่ใช้ TMTD ที่อุณหภูมิการวัลคาไนซ์ที่ 40 °C และเวลาในการทำปฏิกิริยา 1 ชั่วโมง

ปริมาณซัลเฟอร์ (phr)	ความต้านทานแรงดึง (MPa)	ความยืดเมื่อขาด (ร้อยละ)
1.0	7.925	792.14
1.5	10.038	775.88
2.0	10.848	804.85
3.0	8.829	835.78

ตารางที่ ง.18 สมบัติด้านความต้านทานแรงดึงและค่าความยืดเมื่อขาดของฟิล์มยางวัลคาไนซ์อิสระที่ใช้ TMTD ที่อุณหภูมิการวัลคาไนซ์ที่ 50 °C และเวลาในการทำปฏิกิริยา 1 ชั่วโมง

ปริมาณซัลเฟอร์ (phr)	ความต้านทานแรงดึง (MPa)	ความยืดเมื่อขาด (ร้อยละ)
1.0	8.312	881.23
1.5	11.425	837.23
2.0	9.642	855.17
3.0	9.252	951.14



ตารางที่ ง.19 สมบัติด้านความต้านทานแรงดึงและค่าความยืดเมื่อขาดของฟิล์มยางวัลคาไนซ์อิสระที่ใช้ TMTD ที่อุณหภูมิการวัลคาไนซ์ที่ 60 °C และเวลาในการทำปฏิกิริยา 1 ชั่วโมง

ปริมาณซัลเฟอร์ (phr)	ความต้านทานแรงดึง (MPa)	ความยืดเมื่อขาด (ร้อยละ)
1.0	7.951	882.65
1.5	8.667	868.24
2.0	8.466	959.52
3.0	8.557	802.22

ตารางที่ ง.20 สมบัติด้านความต้านทานแรงดึงและค่าความยืดเมื่อขาดของฟิล์มยางวัลคาไนซ์อิสระที่ใช้ TMTD ที่อุณหภูมิการวัลคาไนซ์ที่ 70 °C และเวลาในการทำปฏิกิริยา 1 ชั่วโมง

ปริมาณซัลเฟอร์ (phr)	ความต้านทานแรงดึง (MPa)	ความยืดเมื่อขาด (ร้อยละ)
1.0	5.587	627.21
1.5	5.861	622.22
2.0	5.591	690.62
3.0	5.785	666.75

ตารางที่ ง.21 ค่าร้อยละการบวมของฟิล์มยางวัลคาไนซ์อิสระที่ใช้ TMTD ที่อุณหภูมิการวัลคาไนซ์ต่างๆ และเวลาในการทำปฏิกิริยา 1 ชั่วโมง

ปริมาณซัลเฟอร์ (phr)	ร้อยละการบวม (Swelling)				
	อุณหภูมิในการวัลคาไนซ์ (องศาเซลเซียส)				
	30	40	50	60	70
1.0	94.2	94.2	94.2	90.4	98.1
1.5	90.4	88.5	90.4	92.3	96.2
2.0	90.4	90.4	90.4	92.3	96.2
3.0	92.3	92.3	90.4	90.4	96.2

ตารางที่ ง.22 อัตราการซึมผ่านได้ของน้ำผ่านฟิล์มยางวัลคาไนซ์อิสระที่ใช้ TMTD ที่อุณหภูมิ การวัลคาไนซ์ต่างๆ และเวลาในการทำปฏิกิริยา 1 ชั่วโมง

ปริมาณซัลเฟอร์ (phr)	อัตราการซึมผ่านได้ของน้ำ $\times 10^{-2}$ กิโลกรัม/(ตารางเมตร-ชั่วโมง-มิลลิเมตร)				
	อุณหภูมิในการวัลคาไนซ์ (องศาเซลเซียส)				
	30	40	50	60	70
1.0	0.07	0.07	0.07	0.13	0.15
1.5	0.10	0.12	0.12	0.19	0.21
2.0	0.22	0.25	0.25	0.17	0.24
3.0	0.13	0.11	0.11	0.16	0.27

ตารางที่ ง.23 สมบัติด้านความต้านทานแรงดึงและค่าความยืดเมื่อขาดของฟิล์มยางวัลคาไนซ์ อิสระ ที่ปริมาณไซเลนต่างๆ ปริมาณซัลเฟอร์ใน TMTD 1.5 phr อุณหภูมิในการวัลคาไนซ์ 50 °C และเวลาในการทำปฏิกิริยา 1 ชั่วโมง

ไซเลน (phr)	ไซเดียมซัลไฟด์ (phr)	ความต้านทานแรงดึง (MPa)	ความยืดเมื่อขาด (ร้อยละ)
0	0	4.310	1003.2
0	5	4.264	1000.9
1	5	5.294	858.56
2	5	5.135	855.02
3	5	5.493	835.12
4	5	5.531	836.52
5	5	5.501	833.96

ตารางที่ ง.24 สมบัติด้านความต้านทานแรงดึงและค่าความยืดเมื่อขาดของฟิล์มยางวัลคาไนซ์ อีสาระ ที่ปริมาณไซเตียมซิลิเกตต่างๆ ปริมาณซัลเฟอร์ใน TMTD 1.5 phr อุณหภูมิในการวัลคาไนซ์ 50 °C และเวลาในการทำปฏิกิริยา 1 ชั่วโมง

ไซเลน (phr)	ไซเตียมซิลิเกต (phr)	ความต้านทานแรงดึง (MPa)	ความยืดเมื่อขาด (ร้อยละ)
0	0	4.310	1003.2
1	0	11.425	837.23
1	5	5.294	858.56
1	10	2.970	851.39
1	15	2.282	789.1
1	20	1.699	755.23

ตารางที่ ง.25 สมบัติด้านความแข็งของยางวัลคาไนซ์อีสาระ ที่ปริมาณไซเลนต่างๆ ปริมาณซัลเฟอร์ใน TMTD 1.5 phr อุณหภูมิในการวัลคาไนซ์ 50 °C และเวลาในการทำปฏิกิริยา 1 ชั่วโมง

ไซเลน (phr)	ไซเตียมซิลิเกต (phr)	ความแข็ง (IRHD)
0	0	31
0	5	35
1	5	35.5
2	5	33.5
3	5	33
4	5	33
5	5	33.5

ตารางที่ ง.26 สมบัติด้านความแข็งของยางวัลคาไนซ์อิสระ ที่ปริมาณโซเดียมซัลไฟด์ต่างๆ ปริมาณซัลเฟอร์ใน TMTD 1.5 phr อุณหภูมิในการวัลคาไนซ์ 50 °C และเวลาในการทำปฏิกิริยา 1 ชั่วโมง

โซเลน (phr)	โซเดียมซัลไฟด์ (phr)	ความแข็ง (IRHD)
0	0	31
1	0	32.5
1	5	35.5
1	10	37
1	15	39
1	20	43

ตารางที่ ง.27 ผลของปริมาณโซเลนต่อค่าการยึดติดระหว่างยางกับพื้นผิวต่างๆ ที่ปริมาณซัลเฟอร์ใน TMTD 1.5 phr อุณหภูมิในการวัลคาไนซ์ 50 °C และเวลาในการทำปฏิกิริยา 1 ชั่วโมง

โซเลน (phr)	โซเดียมซัลไฟด์ (phr)	การยึดติดระหว่างยางกับพื้นผิวต่างๆ (MPa)				
		ยางมะตอย	อิฐบล็อก	อิฐมอญ	ปูนซีเมนต์	ไม้อัด
0	0	1	2	2	2	2
0	5	1	3	2	2.5	3
1	5	1	4	2	3	3
2	5	1	4.5	2.5	3	2.5
3	5	1.75	8.5	3	4	3.5
4	5	2	10	4	8	7
5	5	2	10	4.5	8	7

ตารางที่ ง.28 ผลของปริมาณโซเดียมซิลิเกตต่อค่าการยึดติดระหว่างยางกับพื้นผิวต่างๆ ที่ปริมาณซิลเฟอร์ใน TMTD 1.5 phr อุณหภูมิในการวัลคาไนซ์ 50 °C และเวลาในการทำปฏิกิริยา 1 ชั่วโมง

ไซเลน (phr)	โซเดียมซิลิเกต (phr)	การยึดติดระหว่างยางกับพื้นผิวต่างๆ (MPa)				
		ยางมะตอย	อิฐบล็อก	อิฐมอญ	ปูนซีเมนต์	ไม้อัด
0	0	1	2	2	2	2
1	0	1	4	2	3	3
1	5	1	4	2	3	3
1	10	2	14.5	6	10	10
1	15	1	10	5	8	5
1	20	1	3	3	3.5	3

## ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวกรรณิการ์ วิริยะขันติโชค เกิดเมื่อวันที่ 28 สิงหาคม 2524 ที่กรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาเคมีวิศวกรรม ภาควิชาเคมีเทคนิค คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2546 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเคมีเทคนิค จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ปีการศึกษา 2547