

รายการอ้างอิง

1. เสาวรจณี ช่วยจุลจิตรี,รศ. เอกสารประกอบการสอนวิชาเทคโนโลยียาง. ภาควิชาวัสดุศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพมหานคร, 2546.
2. Hill, M. Rubber Engineering. New York : Indian Rubber Institute, 2000.
3. Ciullo, P. A. and Hewitt, N. The Rubber Formulary. New York : Noyes Publications, 1999.
4. Tinker, A. J. and Jones, K. P. Novel Techniques for Blending with Specialty Polymers Blends of Natural Rubber. London : Chapman & Hall, 1998.
5. ธวัชชัย ทิวาวรรณวงศ์, คมสันติ เม่ากลาง. 2544.การศึกษาการสกัดน้ำมัน CNSL จากเปลือกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์. รายงานการวิจัย. ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
6. Pat O'Farrell, Sam Blaikei, Elias Chacko. The New Rural Industries-A Handbook for Farmers and Inventor-Cashew [article online]. Available from : [www.rirde.gov.au /cashew.html](http://www.rirde.gov.au/cashew.html)
7. India Food Exports. Products Available from : <http://www.indiafoodexports.com/10100pro.html>
8. บุญชัย ตระกูลมหาชัย. ปริมาณและความต้องการน้ำมันจากเปลือกมะม่วงหิมพานต์ [สัมภาษณ์]. ผู้จัดการโรงงาน บริษัท 25 อินดัสเทรียสโปรดัก จำกัด 22 กันยายน 2543.
9. Cardolic Corporation, Inc. 2002. Revised test Plan for CNSL. CAS No. 8007-24-7 Available from : <http://www.cardolite.com>
10. Menon, A.R.R., Pillai, C.K.S., Sudha, J.D., and Methew, A.G. Cashew nut shell liquid-its polymeric and other industrial products. Journal of Scientific and Industrial Research 44 (1985) : 324-338.
11. Mwilambo, L. Y., Ansell, M. P. Cure characteristics of alkali catalysed cashew nut shell liquid formaldehyde resins. Journal of Materials Science 36 (2001) : 3693 - 3698.
12. Pillai, C.K.S., Prasad, V.S., Sudha, J.D., Bera, S.C., and Menon, A.R.R. Polymeric resins from renewable resources. II. Synthesis and characterization of flame retardant prepolymers from cardanol. Journal of Applied Polymer Science 41 (1990) : 2487 - 2501.

13. Philip Blazdell. 'The Mighty Cashew', Interdisciplinary Science reviews. 25 (2000) : 220 – 226.
14. Odian, G. Principles of Polymerization. The College of Stitute Islands The University of New York, 1982.
15. Misra, A. K. and Pandey, G. N. Kinetic of alkali-catalyzed cardanol-formaldehyde reaction. II. Mechanism of the reaction. Journal of Applied Polymer Science 30 (1985) : 969- 977.
16. Mahanwar, P. A., Kale, D. D. Effect of Cashew Nut Shell Liquid on Properties of Phenolic Resins. Journal of Applied Polymer Science 61 (1996) : 2107 – 2111.
17. Maria, L. S., Gouvan C. Utilisation of Cashew Nut Shell Liquid from Anacardium occdentale a Stating Material for Organic Synthesis : A novel Route to Lasiodiplodin from Cardols. Journal of Brazillian Chemistry Society 10 (1999) : 13 – 20.
18. Vu, Y. T., Mark, J. E. Blends of Natural Rubber with Cardanol-Formaldehyde Resins Polymer Plastic Tecnology Engineering 38 (1999) : 189 – 200.
19. Ikeda, R., Tanaka, H., Uyama, H. and Kobayashi, S. A new crosslinkable polyphenol from a renewable resource. Macromolecule. 21 (2000) : 496 – 499.
20. Menon, A. R. R., Aigbodion, A. I., Pillai, C. K. S., Mathew, N. M. and Bhagawan, S. Processability characteristics and physico-mechanical properties of natural rubber modified with CNSL and CNSL-Fomaldehyde resin. European polymer Journal 38 (2002) : 163 – 168.
21. นางสาวโอบเอื้อ อิมวิทยา . ผลของขนาดอนุภาคและปริมาณสารตัวเติมต่อสมบัติทางกายภาพและสมบัติเชิงกลของยางธรรมชาติที่ผ่านการวัลคาไนซ์. วิทยานิพนธ์ปริญญา มหาบัณฑิต ภาควิชาวัสดุศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2543.
22. อิทธิพล แจ่มชัด, ผศ.ดร. วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยียาง. ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร, 2545
23. นางสาวลลิตา รอดทองคำ. การดัดแปรยางธรรมชาติด้วยของเหลวสกัดจากเปลือกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์. วิทยานิพนธ์ปริญญา มหาบัณฑิต ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2543.

24. Maffezzoli, C., Calo, E., Zurlo, S. I., Mele, G., Tarzia, A., and Stifani, C. Cardanol based matrix biocomposites reinforced with natural fibers. Composites Science and Technology. Article in press (2003).
25. Bhunia, H. P., Nando, A., Basak, A., Lenka, S., and Nayak, P. L. Syntesis and Characterization of Polymers from CNSL, a renewable resource III. European Polymer Journal 35 (1999) : 1713 – 1722.
26. นายณัฐพงศ์ เจริญวงศา. ผลของชนิดและปริมาณของฟีนอลิกเรซินต่อภาวะการบ่มสมบัติทางความร้อนและพฤติกรรมการติดไฟ ของพอลิเมอร์แอลลอยด์เบนซอกซาซีน/ฟีนอลิก. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ สาขาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2546.
27. Rout, R. K., Jena, S. N., and Das, S. C. Spectral and thermal studies of biomass cured phenolic resin polymers. Biomass & Bioenergy. 25 (2003) : 329 – 334.
28. Timo, H., Leila, A., Jouni R. and Tuula, T. P. IR Spectroscopy as a Quntitative Analysis Method of Phenol-Formaldehyde Resole resins. Journal of Applied Polymer Science 69 (1998) : 2175 – 2185.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาคผนวก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก

การทดสอบยางแท่ง

ก.1 การทดสอบปริมาณสิ่งสกปรก (Determination of Dirt Content) ปริมาณสิ่งสกปรก หมายถึง ปริมาณสารที่ได้จากการกรองด้วยตัวกรอง ที่มีแผ่นตะแกรงกรอง ขนาดรูตะแกรง 325 เมช (mesh) หรือ 44 ไมครอน (micron) ซึ่งสารที่ได้จากการกรองนั้นประกอบด้วยสารที่ไม่ใช่เนื้อยาง (non rubber) และรวมทั้งสารแปลกปลอมอื่น ๆ ได้แก่ เปลือกไม้ ดิน ใบไม้ ปริมาณและชนิดของสิ่งสกปรก มีความสำคัญต่อกระบวนการนำยางไปใช้แปรรูปทำผลิตภัณฑ์ยาง ถ้าหากมีปริมาณสิ่งสกปรกสูงจะมีผลกระทบต่อกระบวนการแปรรูป และคุณภาพของผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป ดังนั้น จึงจำเป็นต้องอย่างยิ่งที่จะต้องควบคุมการผลิตยางให้ปราศจากหรือมีปริมาณผงน้อยที่สุด เช่น ทำการกรองน้ำยางให้สะอาดก่อนที่จะเข้าสู่กระบวนการผลิตยาง

ปริมาณสิ่งสกปรกในชั้นยางทดสอบคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ได้ดังนี้

$$\% \text{ สิ่งสกปรก} = \frac{\text{น้ำหนักสิ่งสกปรก}}{\text{น้ำหนักชั้นยางทดสอบ}} \times 100$$

$$\text{หรือ} = \frac{B - A}{W} \times 100$$

เมื่อ A = น้ำหนักตัวกรองเปล่า (กรัม)

B = น้ำหนักตัวกรองพร้อมสิ่งสกปรก (กรัม)

C = น้ำหนักชั้นยางทดสอบ (กรัม)

ก.2 การทดสอบปริมาณเถ้า (Determination of Ash Content) ปกติเถ้า (Ash) ของยางธรรมชาติ จะประกอบด้วยสารพวกคาร์บอนเนต และฟอสเฟต ของโปแตสเซียม แมกนีเซียม แคลเซียม โซเดียม และแร่ธาตุอื่น ๆ นอกจากนี้ปริมาณเถ้าอาจเป็นพวกซิลิกาหรือซิลิเกต ที่มีอยู่ในยางเองหรืออาจปะปนมาจากข้างนอก ซึ่งขึ้นอยู่กับแหล่งที่มาของยางปริมาณของเถ้าจึงเป็นตัวบ่งชี้ถึงปริมาณของแร่ธาตุที่มีอยู่ในยางดิบ

การทดสอบหาปริมาณเถ้า ก็เพื่อต้องการทราบถึงปริมาณของสารประเภทเกลืออนินทรีย์ (Inorganic salt) ในยาง ถ้าหากปริมาณของเกลืออนินทรีย์ เช่น สารอลูมิเนียม (Alum) สูง จะเป็นสาเหตุทำให้ความชื้นถูกดูดซึมเข้าไปในยางได้มาก เมื่อความชื้นสูงก็จะเป็นสาเหตุทำให้เกิดปัญหาในการผลิตผลิตภัณฑ์ยางสำเร็จรูป อื่นๆ การทราบปริมาณเถ้าในยางจะช่วยบ่งชี้ว่ามีกรใส่สารตัวเติม (filler) ลงไปช่วยเพิ่มน้ำหนักยางหรือไม่

ปริมาณเถ้าในชั้นยางทดสอบคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ได้ดังนี้

$$\% \text{ เถ้า} = \frac{\text{น้ำหนักเถ้า}}{\text{น้ำหนักชั้นยางทดสอบ}} \times 100$$

$$\text{หรือ} = \frac{B - A}{W} \times 100$$

เมื่อ A = น้ำหนัก Crucible (กรัม)

B = น้ำหนัก Crucible พร้อมเถ้า (กรัม)

C = น้ำหนักชั้นยางทดสอบ (กรัม)

ก.3 การทดสอบปริมาณสิ่งระเหย (Determination of Volatile matter) สิ่งระเหยในยางส่วนใหญ่ เป็นความชื้นในยาง การผลิตยางแท่งต้องผ่านกระบวนการผลิตหลายขั้นตอน เช่น การอบยางให้แห้ง ตลอดจนการบรรจุหีบห่อ ทำให้ปริมาณสิ่งระเหยในยางแท่งน้อยกว่าปริมาณสิ่งระเหยในยางดิบทั่ว ๆ ไป ปริมาณสิ่งระเหยที่สูงจะทำให้ยางแท่งนั้นเกิดราได้ง่ายมีกลิ่นเหม็นทำให้เกิดปัญหาต่อผู้นำยางไปใช้ และยังทำให้เกิดปัญหาระหว่างกระบวนการผลิต เช่น การบดผสมยางภายใน (Banbury or Internal Mixer) ปริมาณสิ่งระเหยที่สูงจะทำให้ยางสั่นบดผสมกับสารเคมีอื่นได้ยาก นอกจากนี้การอบยางไม่แห้งยังเป็นการเอาเปรียบผู้ใช้ยางเพราะเท่ากับขายน้ำรวมไปกับยางด้วย ปริมาณสิ่งระเหยในชั้นยางทดสอบคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ได้ดังนี้

$$\% \text{ สิ่งระเหย} = \frac{B - A}{A} \times 100$$

เมื่อ $A =$ น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ (กรัม)

$B =$ น้ำหนักตัวอย่างหลังอบ (กรัม)

ก.4 การทดสอบปริมาณไนโตรเจน (Determination of Nitrogen Content) ปกติไนโตรเจนของยางดิบจะอยู่ในรูปของโปรตีน ดังนั้นปริมาณไนโตรเจนจึงเป็นตัวบ่งชี้ปริมาณของสารโปรตีน การวิเคราะห์เพื่อให้ทราบว่าในยางดิบนั้น ๆ จะมีโปรตีนอยู่ปริมาณมากน้อยเพียงใด และถึงแม้ว่าไนโตรเจนจะมีปริมาณแตกต่างกันไปตามชนิดของโปรตีนก็ตาม โดยทั่วไปมีการยอมรับให้ โปรตีน = $6.25 \times$ ปริมาณของไนโตรเจน แต่ปริมาณของไนโตรเจนที่คำนวณได้ในสูตรนี้ก็ไม่ได้เป็นตัวเลขที่แน่นอนของปริมาณโปรตีนเสมอไป อนึ่งน้ำยางที่แยกเอาเนื้อยางออกเหลือแต่หางน้ำยาง จะมีปริมาณไนโตรเจนสูง

การวิเคราะห์หาไนโตรเจนจากยาง จะใช้วิธี Semi – micro kjeldahl โดยทำให้ยางย่อยสลายด้วยการเผากับสารเร่งปฏิกิริยาและกรดกำมะถันเข้มข้น เพื่อเปลี่ยนสารประกอบไนโตรเจนไปเป็นแอมโมเนียมไฮโดรเจนซัลเฟต (ammonium hydrogen sulphate) แล้วเปลี่ยนสารนั้นให้อยู่ในรูปของต่าง นำไปกลั่นจะได้ก๊าซแอมโมเนีย ใช้กรดบอริกจับก๊าซแอมโมเนียที่กลั่นออกมาได้ แล้วนำสารละลายที่ได้ไปไตเตรตกับสารละลายมาตรฐานกรดกำมะถัน ก็สามารถคำนวณหาปริมาณไนโตรเจนได้

การกำหนดขีดจำกัดไนโตรเจนในยางแท่งมีจุดมุ่งหมายเพื่อป้องกันไม่ให้ผู้ผลิตนำหางน้ำยาง (Skim - latex) มาผลิตยางแท่ง ในหางน้ำยางมีปริมาณไนโตรเจนสูง ซึ่งไนโตรเจนนี้จะอยู่ในรูปของโปรตีนและรวมทั้งสารที่ไม่ใช่เนื้อยาง (non rubber) หากปริมาณโปรตีนและสารที่ไม่ใช่เนื้อยางสูง จะมีผลทำให้เกิดความยุ่งยากเกี่ยวกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาวัลคาไนซ์ คือ ทำให้เกิดปฏิกิริยาวัลคาไนซ์เร็วขึ้น (fast cure) และผลต่อการเพิ่มความแข็งแรงแก่ยาง สิ่งสำคัญที่สุดคือเมื่อนำหางน้ำยางไปผลิตเป็นผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป จะได้ผลิตภัณฑ์ที่มีสมบัติทางพลวัต (Dynamic properties) เช่น สมบัติการกระดอนไม่ดี เป็นต้น

ก.5 การทดสอบค่าดัชนีความอ่อนตัว (Determination of Plastic Retention Index - PRI) ค่าดัชนีความอ่อนตัวของยาง คือ ค่าความต้านทานของยางดิบต่อการแตกหักของโมเลกุลที่อุณหภูมิสูงหรือต่อการออกซิเดชัน การทดสอบประกอบด้วยการหา Plasticity ของยางก่อนอบ (P_0) และหลังอบที่อุณหภูมิ 140 ± 0.2 °C นาน 30 นาที (P_{30})

ค่าดัชนีความอ่อนตัวของยาง ถ้าได้ค่าสูง แสดงว่ายางมีความต้านทานต่อการแตกหักของโมเลกุลสูงนำค่ามัธยฐาน (Median) จากสามค่าของชิ้นทดสอบที่ไม่อบและอบ มาคำนวณหาค่าดัชนีความอ่อนตัวของยางดังนี้

$$PRI = \frac{P_{30}}{P_0} \times 100$$

เมื่อ PRI = ค่าดัชนีความอ่อนตัวของยาง (Plasticity Retention Index)

P_0 = ค่ามัธยฐานของค่า Plasticity ของยางที่ไม่อบ

P_{30} = ค่ามัธยฐานของค่า Plasticity ของยางที่อบแล้ว

ก.6 การทดสอบสี (Determination of Color) สีของตัวยางแท่ง เป็นสมบัติที่สำคัญ สมบัติหนึ่งของยางแท่ง STR 10 เมื่อเปรียบเทียบสีของตัวอย่างยางแท่งกับสีมาตรฐาน Lovibond Comparator Discs “Rubber Latex Color Amber Units” แล้วจะต้องไม่เกินขีดจำกัดที่กำหนดไว้ การที่ต้องกำหนดสีของยางแท่งไว้ ก็เพื่อประโยชน์ในการนำยางชนิดนั้นไปทำผลิตภัณฑ์ที่ต้องการ ความใส หรือมีสีสีนต่าง ๆ



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ข

ข.1 ข้อมูลดิบการทดสอบสมบัติความแข็งของยางที่ผสมสารเสริมแรงตามอัตราส่วนต่าง ๆ

ตารางที่ ข.1.1 ค่าความแข็งของยางธรรมชาติที่ใส่สารตัวเติมเสริมแรงก่อนอบเร่งด้วยความร้อน

สูตร	ค่าความแข็ง (Shore A) ก่อนอบ					ค่ากลาง
	1	2	3	4	5	
C-black (30 phr)	46.2	42.7	45.6	44.5	42.9	44.5
CF-NO (30 phr)	41.7	44.2	40.9	44.7	44.8	44.2
CF-RE (30 phr)	38.9	39.7	39.2	39.0	39.9	39.2
Silica (30 phr)	39.7	40.0	39.4	39.1	39.8	39.7
C-black (45 phr)	48.9	49.0	49.1	49.3	48.7	49.0
CF-NO (45 phr)	47.6	46.9	47.4	47.0	47.1	47.1
CF-RE (45 phr)	42.4	42.5	43.0	42.6	42.1	42.5
Silica (45 phr)	47.1	47.0	46.9	47.2	47.2	47.1
C-black (60 phr)	54.9	55.0	54.6	54.7	54.5	54.7
CF-NO (60 phr)	50.9	51.1	50.0	50.2	50.3	50.3
CF-RE (60 phr)	47.4	47.9	47.0	47.1	47.6	47.4
Silica (60 phr)	51.0	51.1	51.7	51.3	51.9	51.3

ตารางที่ ข.1.2 ค่าความแข็งของยางธรรมชาติที่ใส่สารตัวเติมเสริมแรงหลังอบเร่งด้วยความร้อน

สูตร	ค่าความแข็ง (Shore A) หลังอบ					ค่ากลาง
	1	2	3	4	5	
C-black (30 phr)	46.6	46.9	47.0	46.1	46.4	46.6
CF-NO (30 phr)	44.1	44.5	44.7	44.3	44.8	44.5
CF-RE (30 phr)	40.9	41.0	40.1	39.9	40.7	40.7
Silica (30 phr)	44.9	45.7	45.1	46.0	45.1	45.1
C-black (45 phr)	52.3	51.9	52.0	52.7	53.1	52.3
CF-NO (45 phr)	47.4	48.5	48.1	47.9	47.6	47.9
CF-RE (45 phr)	45.3	46.2	44.9	45.0	45.6	45.3
Silica (45 phr)	49.8	49.5	49.7	49.1	49.4	49.5
C-black (60 phr)	60.0	59.8	61.9	60.1	61.0	60.1
CF-NO (60 phr)	48.7	49.6	49.9	46.4	50.1	49.6
CF-RE (60 phr)	49.6	48.8	48.9	49.1	48.5	48.9
Silica (60 phr)	56.7	55.0	55.6	54.2	55.5	55.5

ข.2 ข้อมูลดิบของการทดสอบสมบัติด้านความทนแรงดึงของยางธรรมชาติ ที่ผสมสารตัวเติมเสริมแรงตามอัตราส่วนต่าง ๆ

ตารางที่ ข.2.1 ค่าความทนแรงดึงของยางธรรมชาติที่ใส่สารตัวเติมเสริมแรงก่อนอบเร่งด้วยความร้อน

สูตร	ค่าความทนแรงดึง (MPa) ก่อนอบ						
	1	2	3	4	5	ค่าเฉลี่ย	ค่า SD
C-black (30 phr)	29.92	31.32	29.15	30.30	31.01	30.34	0.86
CF-NO (30 phr)	29.55	30.8	29.13	28.6	29.33	29.48	0.81
CF-RE (30 phr)	26.98	27.13	28.67	27.49	26.41	27.33	0.84
Silica (30 phr)	26.90	27.88	27.30	26.40	27.01	27.09	0.54
C-black (45 phr)	29.77	28.44	27.50	28.59	28.93	28.65	0.82
CF-NO (45 phr)	26.33	25.02	25.12	26.73	25.88	25.82	0.74
CF-RE (45 phr)	24.36	25.02	23.85	26.10	24.77	24.82	0.84
Silica (45 phr)	25.96	26.08	25.61	24.86	24.26	25.35	0.77
C-black (60 phr)	27.89	26.06	28.13	26.88	28.14	27.42	0.91
CF-NO (60 phr)	25.17	25.07	24.69	25.21	25.36	25.10	0.27
CF-RE (60 phr)	19.52	18.46	18.77	18.24	19.77	18.95	0.66
Silica (60 phr)	23.71	23.00	23.13	22.76	23.66	23.25	0.41

ตารางที่ ข.2.2 ค่าความทนแรงดึงของยางธรรมชาติที่ใส่สารตัวเติมเสริมแรงหลังอบเร่งด้วยความร้อน

สูตร	ค่าความทนแรงดึง (MPa) หลังอบ						
	1	2	3	4	5	ค่าเฉลี่ย	ค่า SD
C-black (30 phr)	31.55	29.75	30.59	31.01	29.98	30.58	0.73
CF-NO (30 phr)	28.29	27.70	27.10	28.80	27.33	27.84	0.69
CF-RE (30 phr)	23.68	24.01	23.96	24.55	23.56	23.95	0.38
Silica (30 phr)	24.76	25.99	26.03	25.14	24.25	25.23	0.77
C-black (45 phr)	27.79	26.14	27.54	26.03	26.7	26.84	0.79
CF-NO (45 phr)	24.22	23.88	23.02	23.40	24.74	23.85	0.67
CF-RE (45 phr)	21.24	23.05	23.11	21.66	21.84	22.18	0.85
Silica (45 phr)	25.00	24.21	23.59	24.06	23.68	24.11	0.56
C-black (60 phr)	26.13	25.07	24.75	25.12	24.64	25.14	0.58
CF-NO (60 phr)	24.66	23.52	24.57	23.41	23.17	23.86	0.69
CF-RE (60 phr)	19.43	17.33	18.30	17.56	18.45	18.21	0.82
Silica (60 phr)	22.38	23.18	22.46	22.03	22.19	22.44	0.44

**ข.3 ข้อมูลดิบของการทดสอบระยะยึดเมื่อขาดของยางธรรมชาติ
ที่ผสมสารตัวเติมเสริมแรงตามอัตราส่วนต่าง ๆ**

ตารางที่ ข.3.1 ระยะยึดเมื่อขาดของยางธรรมชาติที่ใส่สารตัวเติมเสริมแรงก่อนอบเร่งด้วยความร้อน

สูตร	ระยะยึดเมื่อขาด (%) ก่อนอบ						
	1	2	3	4	5	ค่าเฉลี่ย	ค่า SD
C-black (30 phr)	743.5	742.3	746.7	745.8	743.6	744.4	1.81
CF-NO (30 phr)	736.4	739.1	711.5	720.8	718.6	725.2	11.92
CF-RE (30 phr)	779.2	778.5	780.3	782.4	791.9	782.4	5.47
Silica (30 phr)	765.8	742.3	755.8	738.5	748.1	750.1	10.93
C-black (45 phr)	680.9	659.4	668.2	675.5	686.3	674.0	10.58
CF-NO (45 phr)	806.5	748.1	782.2	824.6	800.9	792.4	29.04
CF-RE (45 phr)	890.4	869.6	884.7	854.2	855.9	871.0	16.40
Silica (45 phr)	710.4	645.3	665.7	672.5	688.6	676.5	24.50
C-black (60 phr)	502.3	489.5	527.8	496.7	464.9	496.2	22.69
CF-NO (60 phr)	890.1	865.8	884.7	854.6	870.2	873.0	14.38
CF-RE (60 phr)	950.4	902.8	946.7	922.4	932.5	931.0	19.32
Silica (60 phr)	643.8	603.4	689.1	620.7	665.3	644.4	34.19

ตารางที่ ข.3.2 ระยะยึดเมื่อขาดของยางธรรมชาติที่ใส่สารตัวเติมเสริมแรงหลังอบเร่งด้วยความร้อน

สูตร	ระยะยึดเมื่อขาด (%) หลังอบ						
	1	2	3	4	5	ค่าเฉลี่ย	ค่า SD
C-black (30 phr)	721.6	750.9	699.7	735.2	687.3	718.9	25.80
CF-NO (30 phr)	587.2	670.3	633.1	648.2	676.4	643.0	35.70
CF-RE (30 phr)	690.7	688.3	645.2	627.7	669.1	664.2	27.38
Silica (30 phr)	697.8	736.1	712.8	688.2	705.9	708.1	18.11
C-black (45 phr)	629.3	562.1	597.8	610.4	609.5	601.8	24.90
CF-NO (45 phr)	752.6	722.8	698.4	700.3	721.3	719.0	21.92
CF-RE (45 phr)	801.3	739.4	789.4	729.5	729.6	757.0	33.85
Silica (45 phr)	601.8	542.5	584.6	626.9	527.7	567.7	41.17
C-black (60 phr)	491.5	451.2	416.3	455.8	489.7	460.9	31.12
CF-NO (60 phr)	872.6	765.9	748.8	701.2	786.5	775.0	62.99
CF-RE (60 phr)	812.8	790.5	788.6	802.1	831.2	805.0	17.57
Silica (60 phr)	598.4	489.6	512.5	542.9	577.2	544.1	47.76

**ข.4 ข้อมูลดิบของการทดสอบมอดุลัสที่ระยะยืด 100% ของยางธรรมชาติ
ที่ผสมสารตัวเติมเสริมแรงตามอัตราส่วนต่าง ๆ**

ตารางที่ ข.4.1 มอดุลัสที่ระยะยืด 100% ของยางธรรมชาติที่ใส่สารเสริมแรงก่อนอบแรงด้วยความร้อน

สูตร	มอดุลัสที่ระยะยืด 100% (MPa) ก่อนอบ						
	1	2	3	4	5	ค่าเฉลี่ย	ค่า SD
C-black (30 phr)	1.589	1.601	1.422	1.512	1.493	1.523	0.07
CF-NO (30 phr)	1.389	1.078	1.205	1.247	1.420	1.267	0.13
CF-RE (30 phr)	1.112	1.007	1.071	1.188	1.204	1.116	0.08
Silica (30 phr)	1.890	1.566	1.782	1.408	1.748	1.679	0.19
C-black (45 phr)	2.089	1.976	1.901	1.897	1.944	1.961	0.07
CF-NO (45 phr)	1.699	1.512	1.322	1.371	1.404	1.462	0.14
CF-RE (45 phr)	1.452	1.354	1.369	1.687	1.663	1.505	0.15
Silica (45 phr)	1.968	1.784	1.849	1.698	1.885	1.840	0.10
C-black (60 phr)	4.120	4.401	4.355	3.889	3.768	4.106	0.27
CF-NO (60 phr)	1.886	1.872	1.684	1.716	1.810	1.794	0.09
CF-RE (60 phr)	1.716	1.516	1.685	1.573	1.618	1.621	0.08
Silica (60 phr)	2.018	1.986	2.149	1.889	1.967	2.001	0.09

ตารางที่ ข.4.2 มอดุลัสที่ระยะยืด 100% ของยางธรรมชาติที่ใส่สารเสริมแรงหลังอบแรงด้วยความร้อน

สูตร	มอดุลัสที่ระยะยืด 100% (MPa) หลังอบ						
	1	2	3	4	5	ค่าเฉลี่ย	ค่า SD
C-black (30 phr)	2.697	2.489	2.147	2.358	2.356	2.410	0.20
CF-NO (30 phr)	1.532	1.675	1.402	1.399	1.420	1.485	0.11
CF-RE (30 phr)	1.097	1.108	1.118	1.146	1.241	1.142	0.05
Silica (30 phr)	2.438	2.169	2.259	2.544	2.268	2.335	0.15
C-black (45 phr)	3.945	3.846	3.915	3.801	3.786	3.859	0.06
CF-NO (45 phr)	1.726	1.593	1.749	1.563	1.697	1.666	0.08
CF-RE (45 phr)	1.803	1.633	1.716	1.839	1.703	1.738	0.08
Silica (45 phr)	3.613	3.243	3.507	3.332	3.445	3.428	0.14
C-black (60 phr)	5.367	5.236	5.402	5.029	5.120	5.236	0.15
CF-NO (60 phr)	2.018	1.766	1.891	1.912	2.159	1.949	0.14
CF-RE (60 phr)	1.957	2.014	1.897	1.796	1.869	1.906	0.08
Silica (60 phr)	5.103	4.102	5.223	4.320	4.681	4.686	0.48

**ข.5 ข้อมูลดิบของการทดสอบมอดุลัสที่ระยะยืด 300% ของยางธรรมชาติ
ที่ผสมสารตัวเติมเสริมแรงตามอัตราส่วนต่าง ๆ**

ตารางที่ ข.5.1 มอดุลัสที่ระยะยืด 300% ของยางธรรมชาติที่ใส่สารเสริมแรงก่อนอบแรงด้วยความร้อน

สูตร	มอดุลัสที่ระยะยืด 300% (MPa) ก่อนอบ						
	1	2	3	4	5	ค่าเฉลี่ย	ค่า SD
C-black (30 phr)	5.822	6.159	5.193	5.663	5.489	5.665	0.36
CF-NO (30 phr)	4.689	4.251	3.746	3.996	4.025	4.141	0.35
CF-RE (30 phr)	4.223	3.807	4.436	3.992	4.038	4.011	0.23
Silica (30 phr)	3.921	3.476	3.771	3.696	3.825	3.738	0.16
C-black (45 phr)	7.893	6.998	7.549	7.023	7.920	7.484	0.45
CF-NO (45 phr)	4.31	4.106	4.029	4.440	4.193	4.216	0.16
CF-RE (45 phr)	4.146	4.069	3.625	3.771	4.020	3.926	0.21
Silica (45 phr)	4.908	4.810	4.591	43.61	4.759	4.686	0.21
C-black (60 phr)	14.99	13.153	11.278	10.854	11.657	12.390	1.69
CF-NO (60 phr)	5.453	5.201	5.103	5.299	5.007	5.213	0.17
CF-RE (60 phr)	4.698	3.914	4.506	4.358	4.036	4.302	2.34
Silica (60 phr)	5.684	5.228	5.108	5.249	5.423	5.338	1.46

ตารางที่ ข.5.2 มอดุลัสที่ระยะยืด 300% ของยางธรรมชาติที่ใส่สารเสริมแรงหลังอบแรงด้วยความร้อน

สูตร	มอดุลัสที่ระยะยืด 300% (MPa) หลังอบ						
	1	2	3	4	5	ค่าเฉลี่ย	ค่า SD
C-black (30 phr)	9.573	9.24	10.245	10.047	9.028	9.628	0.51
CF-NO (30 phr)	4.129	5.123	4.368	4.521	4.516	4.531	0.36
CF-RE (30 phr)	4.553	3.986	4.015	3.997	3.852	4.080	0.27
Silica (30 phr)	6.710	6.248	5.986	6.047	6.549	6.308	0.31
C-black (45 phr)	10.489	12.14	10.003	11.351	11.098	11.01	0.81
CF-NO (45 phr)	5.693	5.204	4.973	5.307	5.503	5.336	0.27
CF-RE (45 phr)	4.897	4.593	4.003	4.398	4.135	4.405	0.35
Silica (45 phr)	9.796	9.015	8.976	8.664	9.004	9.091	0.42
C-black (60 phr)	16.89	15.014	13.859	12.359	13.69	14.36	1.69
CF-NO (60 phr)	8.226	7.359	7.664	7.449	7.265	7.592	0.38
CF-RE (60 phr)	6.569	6.014	5.985	5.659	6.201	6.086	0.33
Silica (60 phr)	15.987	11.159	10.478	13.650	11.447	12.54	2.26

ข.6 ข้อมูลดิบการทดสอบสมบัติความต้านทานการสึกหรอของยางธรรมชาติ
ที่ผสมสารเสริมแรงตามอัตราส่วนต่าง ๆ

ตารางที่ ข.6 ค่าความต้านทานการสึกหรอของยางธรรมชาติที่ผสมสารเสริมแรงตามอัตราส่วนต่าง ๆ

สูตร	ความต้านทานการสึกหรอ [Vol. Loss (cm ³ /1000)]			
	1	2	ค่าเฉลี่ย	SD
C-black (30 phr)	0.33	0.31	0.32	0.01
CF-NO (30 phr)	0.48	0.46	0.47	0.01
CF-RE (30 phr)	0.47	0.49	0.48	0.01
Silica (30 phr)	0.42	0.42	0.42	0
C-black (45 phr)	0.28	0.28	0.28	0
CF-NO (45 phr)	0.40	0.38	0.39	0.01
CF-RE (45 phr)	0.40	0.42	0.41	0.01
Silica (45 phr)	0.34	0.34	0.34	0
C-black (60 phr)	0.21	0.19	0.20	0.01
CF-NO (60 phr)	0.32	0.34	0.33	0.01
CF-RE (60 phr)	0.36	0.36	0.36	0
Silica (60 phr)	0.29	0.29	0.29	0

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ข.7 ข้อมูลดิบการทดสอบ compression set ของยางธรรมชาติ
ที่ผสมสารเสริมแรงตามอัตราส่วนต่าง ๆ

ตารางที่ ข.7 ค่า compression set ของยางธรรมชาติที่ผสมสารเสริมแรงตามอัตราส่วนต่าง ๆ

สูตร	Compression set (%)				
	1	2	3	ค่าเฉลี่ย	SD
C-black (30 phr)	36.80	36.56	37.01	36.79	0.22
CF-NO (30 phr)	36.11	36.24	36.05	36.13	0.09
CF-RE (30 phr)	32.14	33.04	32.18	32.45	0.50
Silica (30 phr)	50.94	49.58	50.44	50.32	0.68
C-black (45 phr)	43.00	41.07	42.27	42.11	0.97
CF-NO (45 phr)	32.26	31.54	32.11	31.97	0.37
CF-RE (45 phr)	32.99	30.24	31.2	31.48	1.39
Silica (45 phr)	56.78	55.71	55.12	55.87	0.84
C-black (60 phr)	44.63	46.05	44.19	44.95	0.97
CF-NO (60 phr)	30.65	29.14	29.06	29.62	0.89
CF-RE (60 phr)	28.95	27.51	28.03	28.16	0.72
Silica (60 phr)	61.17	63.21	62.01	62.13	1.02

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายพิชณัฐ รัตนเมธางกูร เกิดเมื่อวันที่ 21 มิถุนายน พ.ศ.2523 สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี วิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์พอลิเมอร์ และสิ่งทอ ภาควิชาวัสดุศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2544

เข้าศึกษาต่อในหลักสูตร วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์พอลิเมอร์ประยุกต์ และเทคโนโลยีสิ่งทอ ภาควิชาวัสดุศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อปี พ.ศ.2545 และสำเร็จการศึกษาในเดือนตุลาคม ปีการศึกษา 2547



ศูนย์วิทยพัชการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย