

บทที่ 4

ผลการทดลองและอภิปรายผล

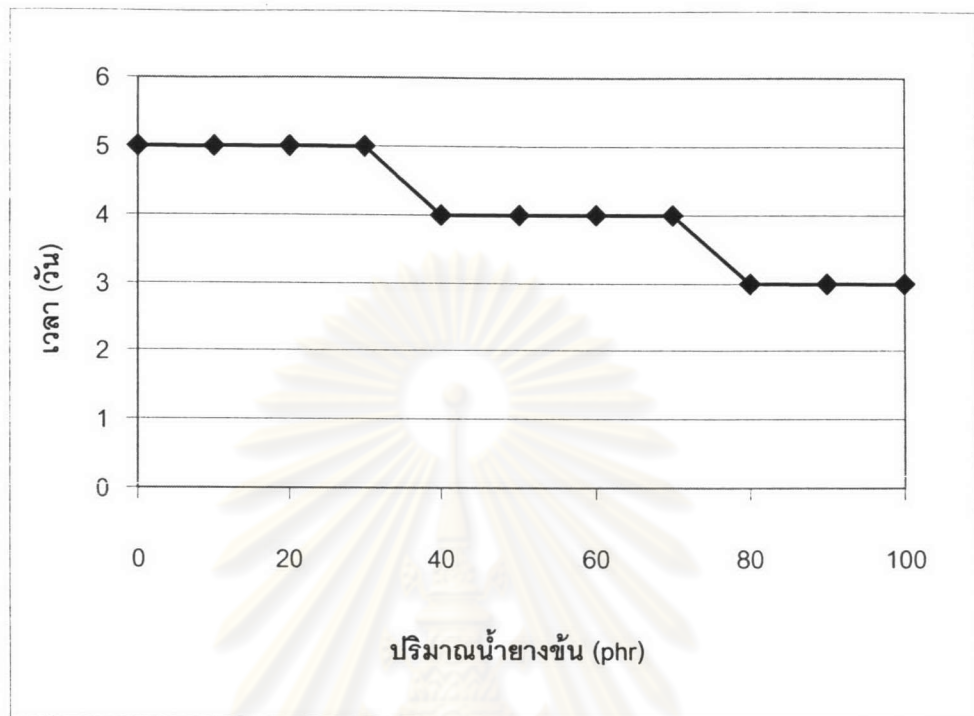
งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาหาสูตรผลิตยางแผ่นชนิดใหม่ที่มีคุณภาพ โดยนำน้ำยางชั้นผสมกับน้ำยางสดที่อัตราส่วนต่างๆ ทิ้งให้เนื้อยางแห้งตามธรรมชาติโดยไม่เติมกรดหรือสารเร่งการจับตัวใดๆ การศึกษาผลของปริมาณน้ำยางชั้น สารควบคุมความหนืด ต่อสมบัติของยางแผ่นดิบที่ได้มีดังนี้ สมบัติทางกายภาพ (สิ่งสกปรก ปริมาณขี้เถ้า ปริมาณไนโตรเจน ปริมาณสิ่งระเหย ความอ่อนตัวเริ่มต้นและดัชนีความอ่อนตัวของยาง สียาง ความหนืดมูนิ) อัตราการเพิ่มความหนืดมูนิต่อเดือน ความต้านทานแรงดึงและความยืดเมื่อขาด การกระจายตัวของมวลโมเลกุลและมวลโมเลกุลเฉลี่ย

4.1 เวลาการผลิตยางแผ่น

สำหรับกระบวนการผลิตยางแผ่น ตัวแปรด้านเวลาเป็นสิ่งสำคัญ การศึกษาเวลาการจับตัวของยางหลังจากเทน้ำยางใส่ถาดผลิตแผ่นยาง ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง สังเกตการจับตัวจนเป็นแผ่นยางและสามารถลอกออกจากถาดได้ เปรียบเทียบเวลาการจับตัวที่อัตราส่วนน้ำยางชั้นต่างๆ ผลการทดลองแสดงดังรูปที่ 4.1

เมื่อพิจารณาผลของปริมาณน้ำยางชั้นต่อเวลาการผลิตยางแผ่น พบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณน้ำยางชั้นจะลดเวลาการผลิตยางแผ่นได้ ที่อัตราส่วนน้ำยางชั้น 80 ถึง-100 phr ใช้เวลาจับตัวเป็นแผ่นต่ำที่สุดคือ 3 วัน เนื่องจากน้ำยางชั้นมีปริมาณน้ำน้อยกว่าน้ำยางสด เมื่อทิ้งให้แห้งในสภาวะเดียวกันอัตราการระเหยน้ำเท่ากันจะทำให้โมเลกุลยางใกล้กันและจับตัวกันได้เร็วกว่า ในขณะที่เดียวกันอนุภาคยางที่มีขนาดใหญ่จะทำตัวคล้ายนิวเคลียสเป็นศูนย์กลางการจับตัว การเติมน้ำยางชั้นซึ่งมีจำนวนอนุภาคยางขนาดใหญ่มากกว่าน้ำยางสดจะทำให้เกิดการจับตัวรวดเร็วขึ้น เพราะมีอนุภาคยางขนาดใหญ่ที่ทำตัวเป็นนิวเคลียสเพิ่มมากขึ้น

เมื่อพิจารณาผลของสารควบคุมความหนืดต่อเวลาการผลิตยางแผ่น พบว่าสารควบคุมความหนืดไม่มีผลต่อการจับตัวของยาง เนื่องจากใช้เวลาการจับตัวเท่ากับตัวอย่างควบคุมทั้งหมด (แสดงในตารางที่ ข2 ภาคผนวก ข)



รูปที่ 4.1 เวลาโดยประมาณที่ยางจับตัวเป็นแผ่นและสามารถลอกตากได้ (วัน) ที่อัตราสวนน้ำยางชั้นต่างๆ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.2 สมบัติทางกายภาพของยางแผ่นดิบ

4.2.1 ผลของปริมาณน้ำยางชั้นต่อสมบัติทางกายภาพของยางแผ่นดิบ

รูปที่ 4.2 แสดงสมบัติทางกายภาพของยางแผ่นดิบ NR ที่อัตราส่วนน้ำยางชั้นต่างๆ เปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม (NR0) รูปที่ 4.2 (ก) แสดงปริมาณไนโตรเจนของยางแผ่นดิบ พบว่าปริมาณไนโตรเจนมีแนวโน้มลดลงเล็กน้อยเมื่อเพิ่มอัตราส่วนน้ำยางชั้น ตัวอย่างควบคุมมีปริมาณไนโตรเจน 0.455 เปอร์เซ็นต์ ขณะที่ยาง NR100 มีปริมาณไนโตรเจน 0.429 เปอร์เซ็นต์ ทั้งนี้เนื่องจากน้ำยางชั้นเป็นน้ำยางที่ผ่านกระบวนการปั่นแยกน้ำและยางสกิมออก ขณะเดียวกันโปรตีนซึ่งบ่งบอกปริมาณไนโตรเจนก็จะหลุดออกไปด้วย[1] ทั้งนี้หากมีปริมาณไนโตรเจนในยางสูงจะทำให้สารเคมีในยางเกิดปฏิกิริยาเร็ว ปริมาณไนโตรเจนที่ทุกอัตราส่วนน้ำยางชั้นมีค่าต่ำกว่าข้อกำหนดมาตรฐานยางแห่งประเทศไทย เกรด STR10CV (ไม่เกิน 0.6 เปอร์เซ็นต์)

รูปที่ 4.2 (ข) แสดงยางที่มีส่วนผสมของน้ำยางชั้นมีค่าปริมาณสิ่งสกปรกสูงกว่าตัวอย่างควบคุม ตัวอย่าง NR20 ถึง NR60 มีปริมาณสิ่งสกปรกน้อยกว่ามาตรฐาน (ไม่เกิน 0.08 เปอร์เซ็นต์) ตรงข้ามกับตัวอย่าง NR80 และ NR100 สิ่งสกปรกคือสิ่งที่สามารถกรองได้ด้วยตะแกรงขนาด 44 ไมครอน สารที่กรองได้จะเป็นเศษดิน เปลือกไม้เป็นต้น ซึ่งขึ้นกับกระบวนการผลิต ค่าที่ได้บ่งบอกถึงปริมาณสิ่งสกปรกในน้ำยางชั้นที่นำมาทำการทดลองมีค่าสูงกว่าในน้ำยางสดที่นำมาทดลอง

รูปที่ 4.2 (ค) แสดงปริมาณเถ้า พบว่าตัวอย่างยางที่มีน้ำยางชั้นเป็นส่วนผสมมีปริมาณเถ้าสูงกว่าตัวอย่างควบคุมอย่างเห็นได้ชัดและมีค่าสูงกว่ามาตรฐานด้วย (ไม่เกิน 0.6 เปอร์เซ็นต์) เถ้าเป็นตัวบ่งชี้ปริมาณแร่ธาตุที่มีอยู่ในยาง เป็นสารจำพวกเกลืออนินทรีย์และซิลิกาในยางสดและสารเติมแต่งอื่นๆ ในกระบวนการแปรรูป สำหรับน้ำยางชั้นปริมาณแอมโมเนียต่ำใช้สารรักษาสภาพน้ำยาง ได้แก่ แอมโมเนียใช้ร่วมกับสารเคมีอื่น ได้แก่ ซิงค์ออกไซด์ กรดบอริก โซเดียมเพนตะคลอโรฟิเนต เป็นต้น[25] ซึ่งจะทำให้ปริมาณเถ้าในน้ำยางชั้นมีค่าสูง ปริมาณเถ้ามีส่วนสำคัญต่อการดูดซับความชื้นของยางธรรมชาติโดยปริมาณเถ้าต่ำจะช่วยลดอัตราการดูดซับความชื้นได้ [26]

รูปที่ 4.2 (ง) แสดงปริมาณสิ่งระเหยของยางแห้ง หมายถึง ความชื้นที่มีอยู่ในยางและสารอื่นที่ระเหยได้ในช่วง 100 องศาเซลเซียส จากรูปพบว่าปริมาณสิ่งระเหยของยางแห้งทั้งตัวอย่างควบคุมและยางที่มีน้ำยางชั้นเป็นส่วนผสมมีค่าใกล้เคียงกันและมีค่อนข้างแนวโน้มคงที่ประมาณ 0.75 ถึง 0.82 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งค่าใกล้เคียงกับยางมาตรฐาน (ไม่เกิน 0.8 เปอร์เซ็นต์) การที่ยางมีปริมาณสิ่งระเหยอยู่ในเกณฑ์นั้นเนื่องจากกระบวนการผลิตมีการผึ่งแห้งในที่ร่มเป็นเวลา

4 สัปดาห์ทำให้ยางแห้งดี อีกเหตุผลหนึ่งคือการที่น้ำยางชั้นมีปริมาณโปรตีนต่ำทำให้โอกาสการดูดซับน้ำของโปรตีนซึ่งเป็นโมเลกุลมีขั้ว(ชอบน้ำ)มีน้อย ถ้าปริมาณความชื้นในยางสูงยางจะขึ้นราได้ง่าย มีกลิ่นเหม็น และเกิดปัญหาระหว่างกระบวนการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ ในกระบวนการผลิตจึงมีการเติมสาร irgazan DP300 0.1 phr เพื่อเป็นการป้องกันเชื้อราอีกทาง

รูปที่ 4.2 (จ)-(ฉ) แสดงค่าความอ่อนตัวเริ่มต้นของยาง (Po) และค่าดัชนีความอ่อนตัวของยาง (PRI) ตามลำดับ ค่า Po เป็นค่าที่ใช้ประมาณขนาดโมเลกุลของยาง ยางที่มีค่าความอ่อนตัวเริ่มต้นสูง แสดงว่ายางมีขนาดโมเลกุลของยางสูง จากรูปค่า Po ของยางแห้งมีค่าสูงกว่ามาตรฐาน (ไม่ต่ำกว่า 30 หน่วย) ทุกตัวอย่างนอกจากตัวอย่างควบคุมที่มีค่าต่ำกว่าเล็กน้อย ค่า Po มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มปริมาณน้ำยางชั้นในส่วนผสม โดยมีอัตราการเพิ่ม 0.9 หน่วยต่อ 10 phr ของน้ำยางชั้นที่เติม ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานที่ว่า การเพิ่มปริมาณน้ำยางชั้นในส่วนผสม จะช่วยเพิ่มค่ามวลโมเลกุลเฉลี่ยของแผ่นยางได้ ส่วนค่า PRI เป็นค่าที่แสดงว่ายางที่ทดสอบนั้นมีความต้านทานต่อการออกซิเดชันที่อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที กรณียางมีค่าดัชนีความอ่อนตัวสูง โมเลกุลของยางจะทนการถูกออกซิไดส์หรือการเสื่อมได้ดี จากรูปค่า PRI ของทุกตัวอย่างมีค่าน้อยกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้ (ไม่เกิน 60) และค่ามีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเมื่อเพิ่มปริมาณน้ำยางชั้นในส่วนผสม โดยมีอัตราการเพิ่ม 0.7 หน่วยต่อ 10 phr ของน้ำยางชั้นที่เติม โดยทั่วไป สารที่ไม่ใช่ยางที่อยู่ในน้ำยางนั้นเป็นตัวช่วยป้องกันการเสื่อมของยาง ปัจจัยที่มีผลต่อค่า PRI คือ พันธุ์ยาง สารเคมี สิ่งเจือปนและกระบวนการผลิตยางดิบ[27] อุณหภูมิขณะตากแห้งมีผลกระทบต่อค่า Po และ PRI การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิขณะตากแห้งมีส่วนทำให้ค่า Po และ PRI ต่ำลง[28] มีสองปัจจัยในน้ำยางชั้นที่มีผลต่อค่า PRI ปัจจัยแรกคือสารเคมีในน้ำยางชั้นมีผลทำให้ค่า PRI สูงขึ้นเมื่อเพิ่มปริมาณน้ำยางชั้นในส่วนผสม ปัจจัยที่สองคือกระบวนการปั่นเพื่อผลิตยางชั้นทำให้โปรตีนหลุดไปทำให้ค่า PRI ลดลง แต่ปัจจัยแรกมีอิทธิพลสูงกว่าปัจจัยที่สองทำให้ค่า PRI เพิ่มขึ้น

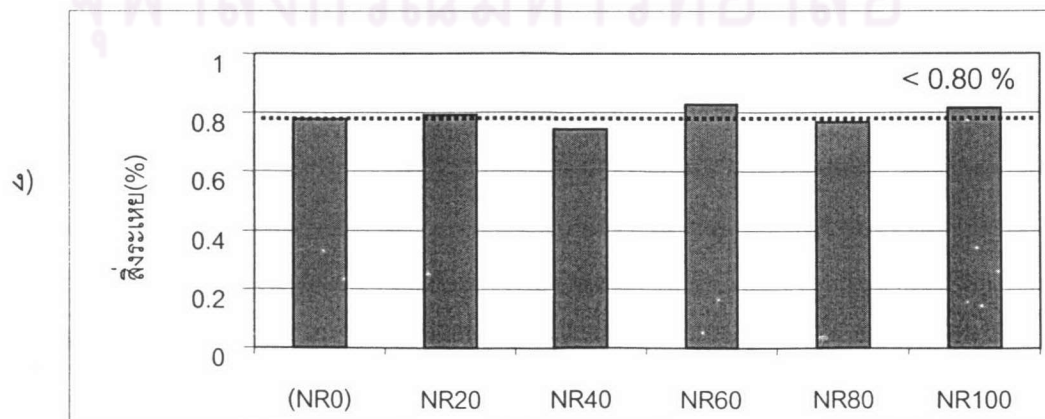
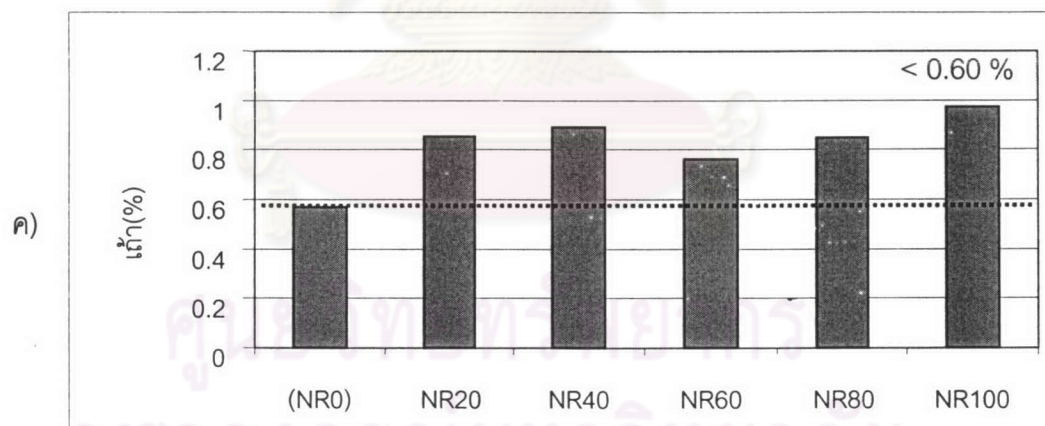
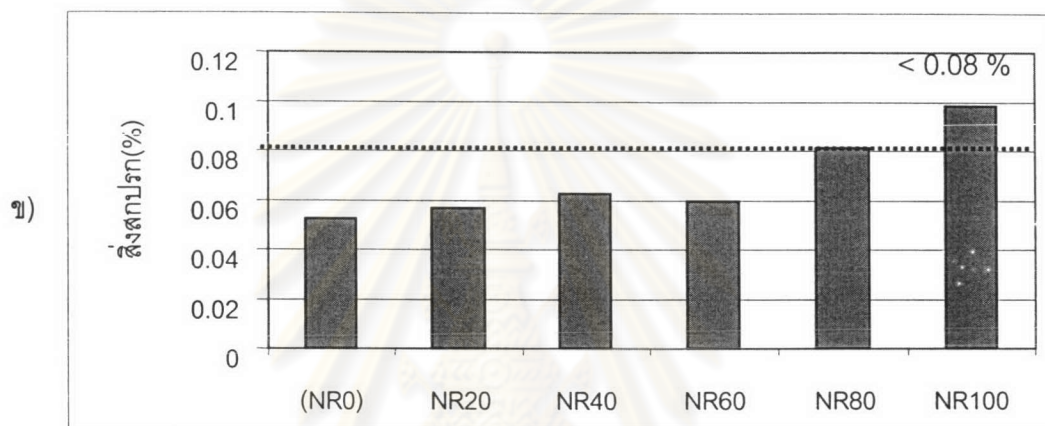
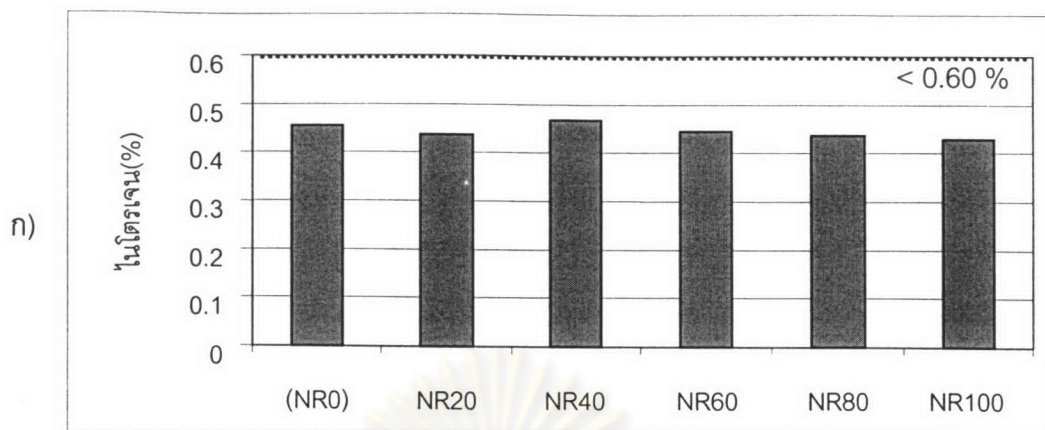
ความหนืดมูนิเริ่มต้นของตัวอย่างยางที่มีการเติมน้ำยางชั้นจะมีค่าสูงกว่าตัวอย่างควบคุม และมีค่าสูงกว่ามาตรฐานยางแห่งประเทศไทย เกรด STR5CV (ช่วง 65 ถึง 77 หน่วย) แสดงดังรูปที่ 4.2 (ข) ซึ่งจะเห็นว่าเมื่อเพิ่มอัตราส่วนน้ำยางชั้น ค่าความหนืดมูนิจะสูงขึ้นด้วย รูปที่ 4.3 และตารางที่ 4.1 แสดงค่าความหนืดเริ่มต้นของตัวอย่างยางที่อัตราส่วนน้ำยางชั้นต่างๆและสมการเชิงเส้นแสดงการเพิ่มขึ้นของค่าความหนืดเริ่มต้น พบว่ายาง NR มีอัตราการเพิ่มความหนืดมูนิ 0.071 หน่วยมูนิต่อ 1 phr ของน้ำยางชั้นที่เติม ทั้งนี้เนื่องจากความหนืดมูนิเป็นตัวแปรซึ่งขึ้นกับลักษณะเฉพาะทางพันธุ์ยาง ได้แก่ มวลโมเลกุลของยางโพลีไอโซพรีน การกระจายตัวของมวล

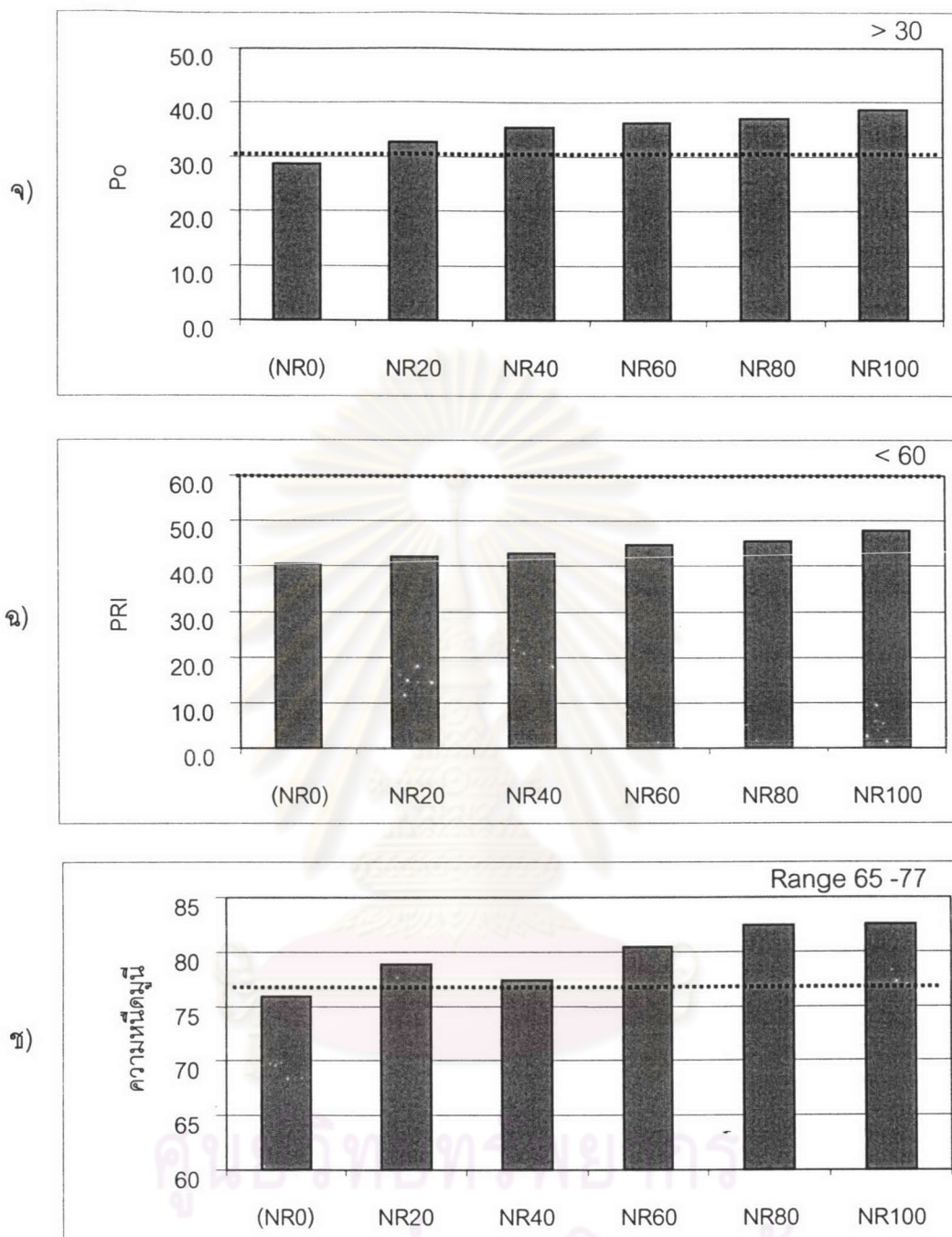
โมเลกุล และสายโซ่พอลิเมอร์ที่ผ่านกระบวนการเชื่อมข้ามจากโมเลกุลที่ไม่ใช่ยาง[29] มีการศึกษาที่แน่นอนว่ายางที่มีมวลโมเลกุลสูงจะมีค่าความหนืดมูนิสูงด้วย[30]

สารธรรมชาติประเภทสารประกอบฟีนอลิกและโพลีฟีนอลเป็นสารให้สีของยางธรรมชาติ หากสารนี้ถูกทำลายจะทำให้สียางซีดลง[31] สีของมาตรฐานโลวิบอนด์ (Lovibond) ของตัวอย่างยาง NR0 NR20 NR40 NR60 NR80 NR100 เปรียบเทียบได้เบอร์ 9 10 10 11 9 12 ตามลำดับ(แสดงในภาคผนวก ง) ซึ่งทุกตัวอย่างยางมีความเข้มของสียางสูงกว่ามาตรฐาน ยางแท่งชั้น STR 5L (มากกว่าเบอร์ 6) การที่ความเข้มสีของแต่ละตัวอย่างมีค่าใกล้เคียงกัน แสดงว่าปริมาณน้ำยางชั้นไม่มีผลอย่างเด่นชัดต่อการเปลี่ยนสีของยาง แม้บางงานวิจัยจะแสดงให้เห็นว่า สารที่ไม่ใช่ยางบางชนิดในน้ำยางมีส่วนช่วยให้มีการเปลี่ยนสีของสารสีในยางก็ตาม



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย





รูปที่ 4.2 สมบัติทางกายภาพของยางดิบ NR และตัวอย่างควบคุม (ในวงเล็บ) เตรียมที่อัตราส่วนผสมต่างๆ เก็บที่อุณหภูมิห้อง

(ก) ปริมาณไนโตรเจน (%)

(ค) ปริมาณเถ้า (%)

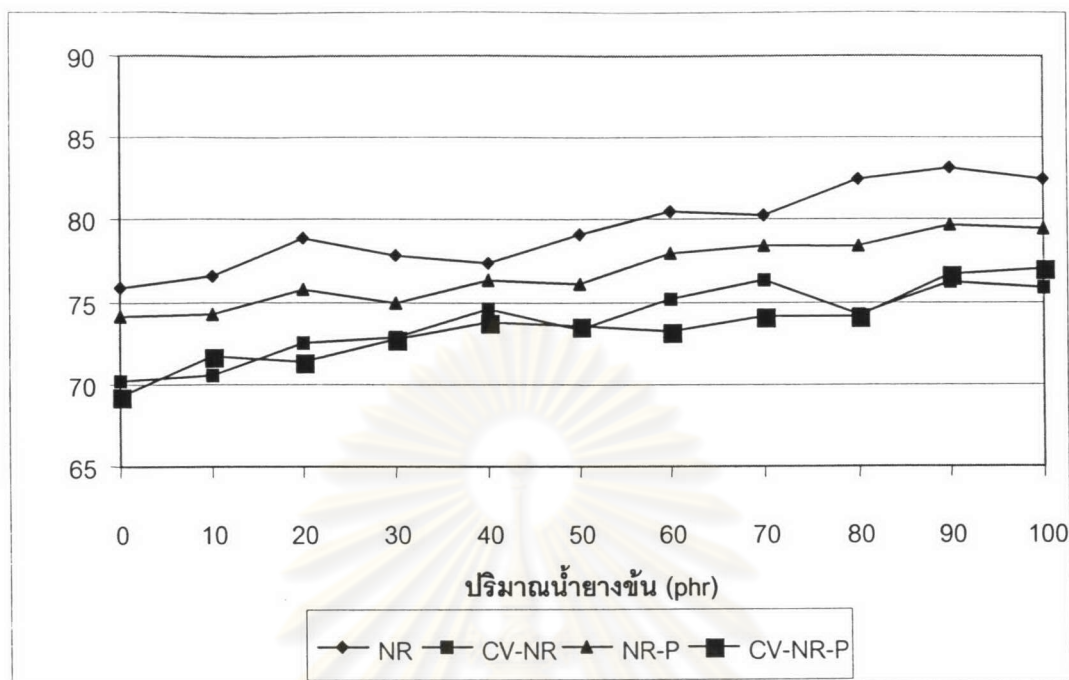
(จ) ค่า Po

(ข) ความชื้นในดิน

(ช) ปริมาณสิ่งสกปรก (%)

(ง) ปริมาณสิ่งระเหย (%)

(ฉ) ค่า PRI



รูปที่ 4.3 ค่าความชื้นตมูเริ่มต้นของตัวอย่างยาง NR, CV-NR, NR-P, CV-NR-P เตรียมที่อัตราส่วนผสมต่างๆ เก็บที่อุณหภูมิห้อง

ตารางที่ 4.1 สมการเชิงเส้นแสดงการเพิ่มขึ้นของค่าความชื้นเริ่มต้นของยาง NR, CV-NR, NR-P, CV-NR-P ที่อัตราส่วนผสมต่างๆ

สมการเชิงเส้น			
NR	CV-NR	NR-P	CV-NR-P
$y = 0.0716x + 75.91$	$y = 0.0682x + 70.21$	$y = 0.0553x + 74.18$	$y = 0.0773x + 69.28$

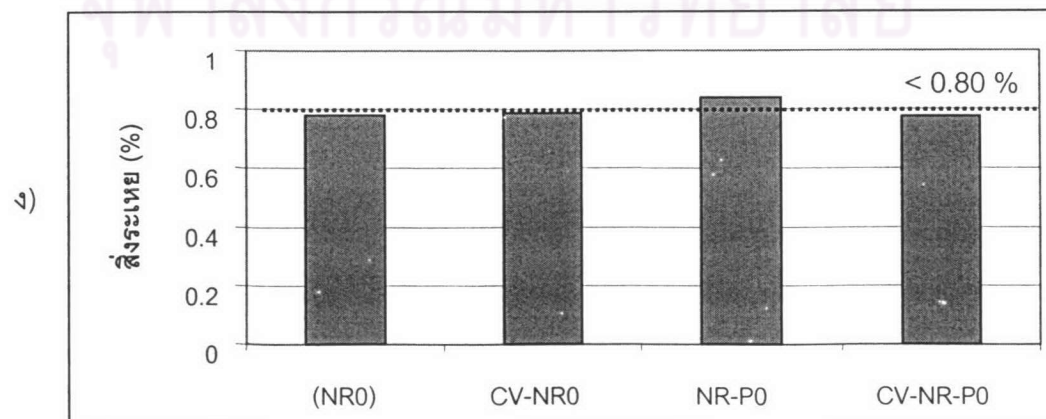
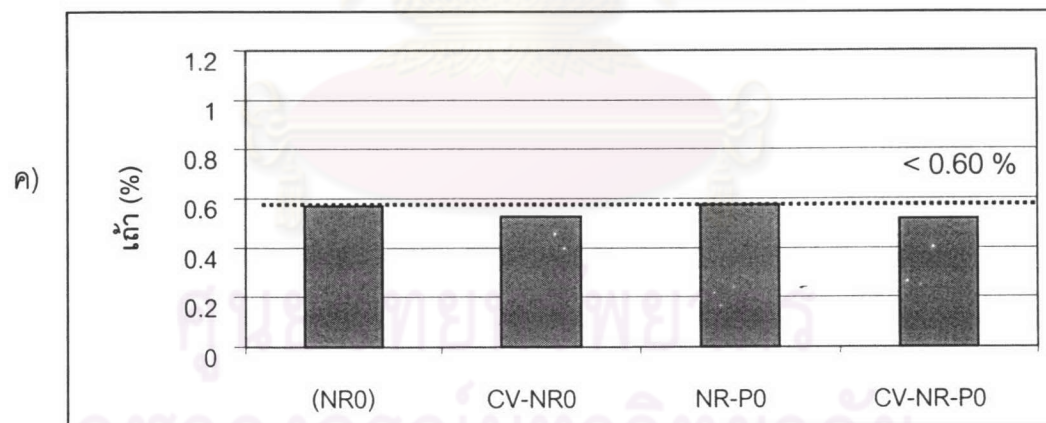
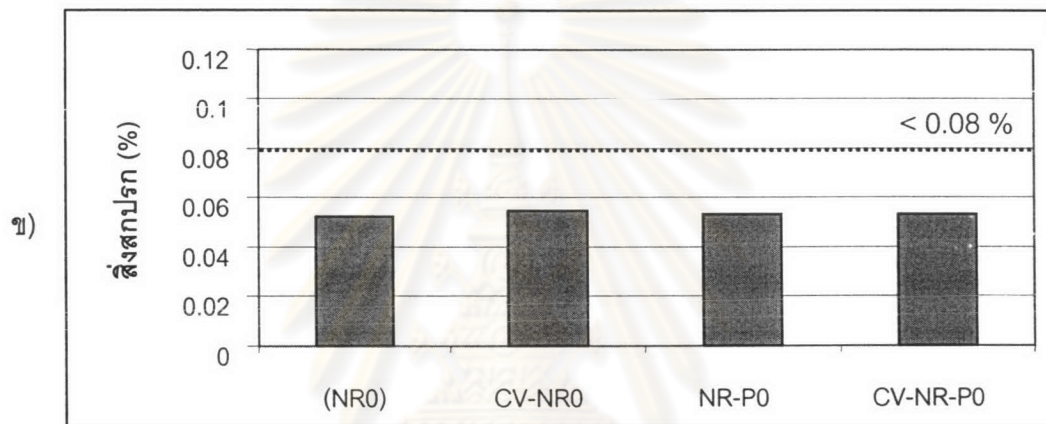
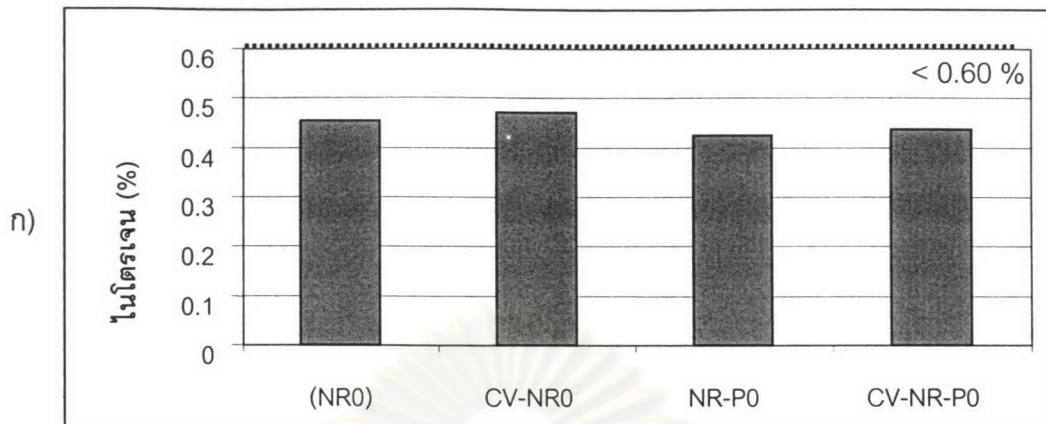
กำหนดให้ : y = ความชื้นตมู
 x = ปริมาณน้ำยางชั้น phr
 ความชัน = อัตราการเพิ่มความชื้นตมูในหน่วยตมูต่อ phr
 ค่าตัดแกน y = ค่าความชื้นตมูเริ่มต้นที่อัตราส่วนผสมน้ำยางชั้น 0 phr

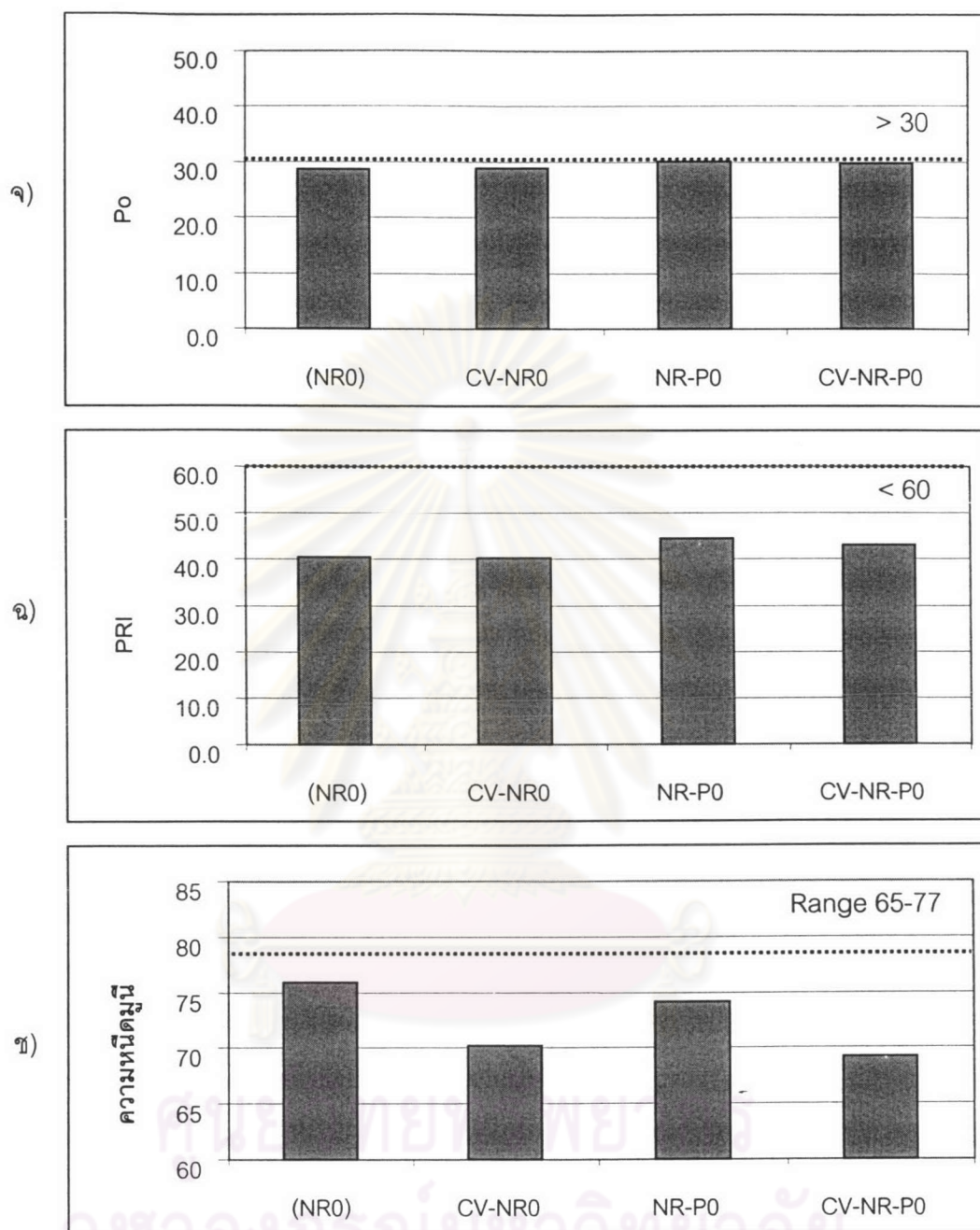
4.2.2 ผลสารควบคุมความหนืดต่อสมบัติทางกายภาพของยางแผ่นดิบ

รูปที่ 4.4 แสดงการเปรียบเทียบผลของสารควบคุมความหนืดต่อสมบัติทางกายภาพของยางแผ่นดิบ NR CV-NR NR-P และ CV-NR-P พบว่า สิ่งสกปรก ปริมาณเถ้า ปริมาณไนโตรเจน ปริมาณสิ่งระเหย ความอ่อนตัวเริ่มต้นและดัชนีความอ่อนตัวของยาง สียาง(แสดงในภาคผนวกง) ของยางแต่ละชนิดมีค่าต่างกันน้อยมาก สารควบคุมความหนืดไม่มีผลต่อค่าดังกล่าว ค่าความหนืดเริ่มต้นของยางที่เติมสารควบคุมความหนืดมีค่าต่ำกว่าตัวอย่างควบคุม โดยตัวอย่าง CV-NR ซึ่งเติมไฮดรอกซิลเอมีน ไฮโดรคลอไรด์ มีค่าความหนืดต่ำกว่าตัวอย่างควบคุม 5.7 หน่วย ตัวอย่าง NR-P ซึ่งเติม โพรพิลีน ไกลคอล มีค่าความหนืดต่ำกว่าตัวอย่างควบคุม 1.7 หน่วย และตัวอย่าง CV-NR-P ซึ่งเติมสารเคมีทั้งสองชนิดมีค่าความหนืดต่ำกว่าตัวอย่างควบคุม 6.6 หน่วย แสดงว่าผลของไฮดรอกซิลเอมีน ไฮโดรคลอไรด์ต่อค่าความหนืดเริ่มต้นมีมากกว่าผลของโพรพิลีน ไกลคอล เมื่อเติมสารทั้งสองชนิดจะช่วยลดค่าความหนืดได้มากขึ้น

จากการศึกษาสมบัติทางกายภาพของยางแผ่นดิบ เมื่อเพิ่มปริมาณน้ำยางชั้นจะทำให้แนวโน้มค่าปริมาณสิ่งสกปรก ปริมาณเถ้า และความหนืด ต่ำลง ในขณะที่แนวโน้มค่า Po และ PRI ดีขึ้น และไม่มีผลต่อค่าปริมาณไนโตรเจน ปริมาณสิ่งระเหย สียาง จากการทดลอง ปริมาณน้ำยางชั้น 20 และ 40 phr มีค่าสมบัติทางกายภาพอยู่ในมาตรฐานยางแห่งประเทศไทย เกรด STR10CV (ยกเว้นปริมาณเถ้า) แต่ปริมาณน้ำยางชั้น 40 phr มีค่า Po และ PRI สูงกว่า ส่วนปริมาณน้ำยางชั้นมากกว่า 60 phr มีค่าไม่ผ่านมาตรฐานมากกว่า 3 ค่า เมื่อเติมสารควบคุมความหนืดค่าสมบัติทางกายภาพของยางเปลี่ยนแปลงน้อยมาก ยกเว้นค่าความหนืดเริ่มต้น การเติมสารควบคุมความหนืดทำให้ความหนืดมีค่าต่ำลง โดยผลของไฮดรอกซิลเอมีน ไฮโดรคลอไรด์มีมากกว่าผลของโพรพิลีน ไกลคอล

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย





รูปที่ 4.4 สมบัติทางกายภาพของยางดิบชนิดต่างๆ และตัวอย่างควบคุม (ในวงเล็บ) เก็บที่ อุณหภูมิห้อง

(ก) ปริมาณไนโตรเจน (%)

(ค) ปริมาณเถ้า (%)

(จ) ค่า Po

(ช) ความชื้นดินมูนิ

(ข) ปริมาณสิ่งสกปรก (%)

(ง) ปริมาณสิ่งระเหย (%)

(ฉ) ค่า PRI

4.3 อัตราเพิ่มขึ้นของค่าความเหนียวของยางดิบ (Storage hardening phenomenon)

4.3.1 ผลของปริมาณน้ำยางชั้นต่ออัตราการเพิ่มความเหนียว

มีปัจจัยสองสิ่งที่เกี่ยวข้องกับค่าความเหนียวของยางธรรมชาติ ปัจจัยแรกคือยางธรรมชาติจะมีค่าความเหนียวเพิ่มขึ้นในระหว่างกระบวนการผลิต กระบวนการเก็บ และกระบวนการขนส่ง อีกหนึ่งปัจจัยคือ พันธุ์ยางที่ต่างกันจะมีค่าความเหนียวที่ต่างกัน [31]

การศึกษาผลของปริมาณน้ำยางชั้นต่ออัตราการเกิดปรากฏการณ์ storage hardening หรืออัตราการเพิ่มขึ้นของค่าความเหนียวของตัวอย่างยางแห้งที่ไม่ได้เติมสารควบคุมความเหนียวและสาร plasticizer หรือ ยาง NR ตัวอย่างยางแห้งเตรียมที่อัตราส่วนน้ำยางชั้นต่างๆ ตั้งแต่ 0 ถึง 100 phr จะถูกเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้องและทดสอบค่าความเหนียวเดือนละ 1 ครั้งเป็นเวลา 5 เดือน ซึ่งจะเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุมคือยางแห้งเตรียมจากน้ำยางสดล้วน ที่เตรียมโดยกระบวนการเดียวกัน ค่าความเหนียวในแต่ละเดือนของยาง แสดงในรูปที่ 4.5(ก) และตารางที่ 4.2 การเพิ่มค่าความเหนียวต่อเดือนของตัวอย่างควบคุมเท่ากับ 3.02 หน่วยมูนีต่อเดือนเมื่อเติมน้ำยางชั้นลงไปในส่วนผสม จะทำให้อัตราการเพิ่มความเหนียวต่อเดือนลดลง ที่ปริมาณน้ำยางชั้น 20, 40, 60, 80, 100 phr การเพิ่มค่าความเหนียวต่อเดือนเท่ากับ 3.74, 3.99, 2.84, 1.63, 0.92 หน่วยมูนีต่อเดือน

ในการศึกษาผลของปริมาณน้ำยางชั้นต่ออัตราการเกิดปรากฏการณ์ storage hardening หรืออัตราการเพิ่มขึ้นของค่าความเหนียวของตัวอย่างยางแห้ง CV-NR ตัวอย่างยางแห้งเตรียมที่อัตราส่วนน้ำยางชั้นต่างๆ ตั้งแต่ 0 ถึง 100 phr จากนั้นเติมสารควบคุมความเหนียวไฮดรอกซิลเอมีน ไฮโดรคลอไรด์ ปริมาณ 0.1 phr ยางแห้งจะถูกเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้องและทดสอบค่าความเหนียวเดือนละ 1 ครั้งเป็นเวลา 5 เดือน ซึ่งจะเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุมคือยางแห้งเตรียมจากน้ำยางสดล้วน ที่เตรียมโดยกระบวนการเดียวกัน ดังแสดงในรูปที่ 4.5(ข) หลังจากเติมสารควบคุมความเหนียว การเพิ่มค่าความเหนียวต่อเดือนของตัวอย่างควบคุมเท่ากับ 2.72 หน่วยมูนีต่อเดือนเมื่อเติมน้ำยางชั้นลงไปในส่วนผสม จะทำให้อัตราการเพิ่มความเหนียวต่อเดือนลดลง ที่ปริมาณน้ำยางชั้น 20, 40, 60, 80, 100 phr การเพิ่มค่าความเหนียวต่อเดือนเท่ากับ 2.04, 1.87, 1.68, 1.09, 0.51 หน่วยมูนีต่อเดือน

ในการศึกษาผลของปริมาณน้ำยางชั้นต่ออัตราการเกิดปรากฏการณ์ storage hardening หรืออัตราการเพิ่มขึ้นของค่าความเหนียวของตัวอย่างยางแห้ง NR-P ตัวอย่างยางแห้งเตรียมที่อัตราส่วนน้ำยางชั้นต่างๆ ตั้งแต่ 0 ถึง 100 phr จากนั้นเติมสาร plasticizer โพรพิลีนไกลคอล ปริมาณ 0.1 phr ยางแห้งจะถูกเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้องและทดสอบค่าความเหนียวเดือน

ละ 1 ครั้งเป็นเวลา 5 เดือน ซึ่งจะเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุมคือยางแห้งเตรียมจากน้ำยางสดล้วน ที่เตรียมโดยกระบวนการเดียวกัน ค่าความหนืดมูนิในแต่ละเดือนของยาง แสดงในรูปที่ 4.5(ค) หลังจากเติมสารควบคุมความหนืด โพรพิลีน ไกลคอล การเพิ่มค่าความหนืดมูนิต่อเดือนของตัวอย่างควบคุมเท่ากับ 2.80 หน่วยมูนิต่อเดือนเมื่อเติมน้ำยางชั้นลงไปในส่วนผสม จะทำให้อัตราการเพิ่มความหนืดต่อเดือนลดลง ที่ปริมาณน้ำยางชั้น 20, 40, 60, 80, 100 phr การเพิ่มค่าความหนืดมูนิต่อเดือนเท่ากับ 2.98, 2.92, 2.21, 1.41, 0.85 หน่วยมูนิต่อเดือน

ในการศึกษาผลของปริมาณน้ำยางชั้นต่ออัตราการเกิดปรากฏการณ์ storage hardening หรืออัตราการเพิ่มขึ้นของค่าความหนืดของตัวอย่างยางแห้ง CV-NR-P ตัวอย่างยางแห้งที่อัตราส่วนน้ำยางชั้นต่างๆ ตั้งแต่ 0 ถึง 100 phr จากนั้นเติมสาร นั้นเติมสารควบคุมความหนืด ไฮดรอกซิลเอมีน ไฮโดรคลอไรด์ ปริมาณ 0.1 phr และ สารโพรพิลีน ไกลคอล ปริมาณ 0.1 phr ยางแห้งจะถูกเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้องและทดสอบค่าความหนืดมูนิเดือนละ 1 ครั้งเป็นเวลา 5 เดือน ซึ่งจะเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุมคือยางแห้งเตรียมจากน้ำยางสดล้วน ที่เตรียมโดยกระบวนการเดียวกัน ค่าความหนืดมูนิในแต่ละเดือนของยาง แสดงในรูปที่ 4.5(ง) การเพิ่มค่าความหนืดมูนิต่อเดือนของตัวอย่างควบคุมเท่ากับ 3.24 หน่วยมูนิต่อเดือนเมื่อเติมน้ำยางชั้นลงไปในส่วนผสม จะทำให้อัตราการเพิ่มความหนืดต่อเดือนลดลง ที่ปริมาณน้ำยางชั้น 20, 40, 60, 80, 100 phr การเพิ่มค่าความหนืดมูนิต่อเดือนเท่ากับ 2.17, 1.85, 2.02, 1.00, 0.17 หน่วยมูนิต่อเดือน

ตารางที่ 4.2 แสดงให้เห็นว่าเมื่อเพิ่มปริมาณน้ำยางชั้นในส่วนผสมจะทำให้ค่าความหนืดเริ่มต้นมีค่าสูงขึ้นแต่อัตราการเพิ่มความหนืดต่อเดือนมีค่าต่ำลง

4.3.2 ผลของสารควบคุมความหนืดต่ออัตราการเพิ่มความหนืดมูนิ

จากตารางที่ 4.2 ที่ปริมาณน้ำยางชั้นที่เลือกคือ 40 phr ยาง NR มีอัตราการเพิ่มความหนืดต่อเดือนเท่ากับ 3.99 หน่วยต่อเดือน ขณะที่ยางที่เติมสารควบคุมความหนืดมีอัตราการเพิ่มความหนืดต่อเดือนต่ำกว่า โดยผลของไฮดรอกซิลเอมีน ไฮโดรคลอไรด์ที่มีต่อการชะลอการเพิ่มความหนืดมีสูงกว่าสารโพรพิลีน ไกลคอล เห็นได้จาก ตัวอย่างยาง CV-NR มีอัตราการเพิ่มความหนืด ประมาณ 2 หน่วยต่อเดือนขณะที่ ยาง NR-P มีอัตราการเพิ่มความหนืด ประมาณ 3 หน่วยต่อเดือน

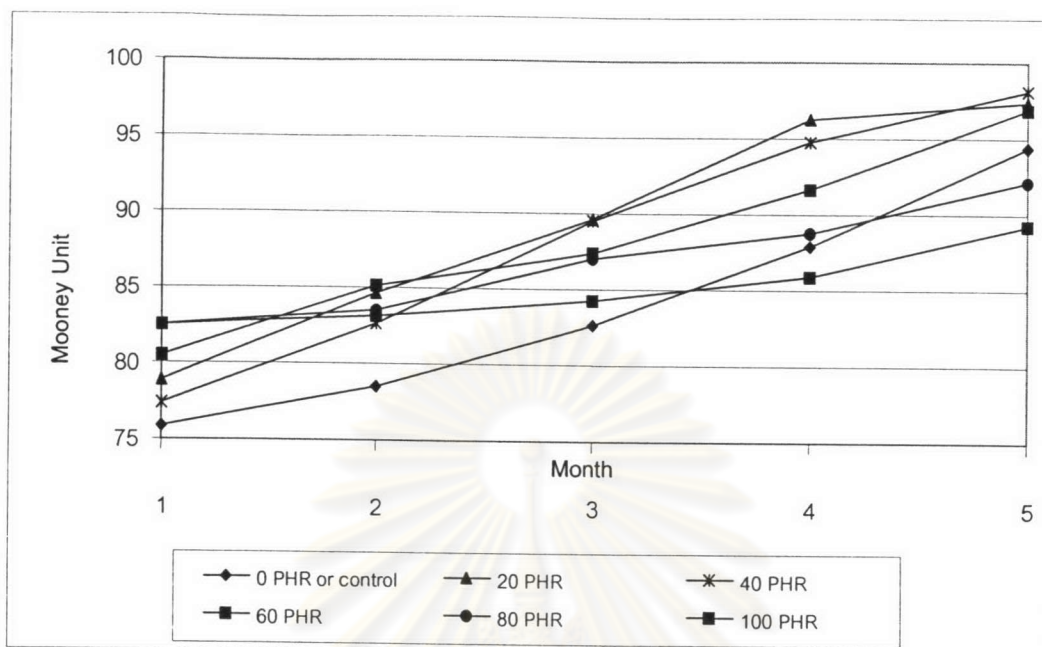
จากการศึกษาอัตราการเพิ่มความหนืดมูนิ พบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณน้ำยางชั้นจะทำให้อัตราการเพิ่มความหนืดมูนิต่อเดือนลดลง เนื่องจากโมเลกุลยางขนาดเล็กในน้ำยางสดมีมากกว่า

ในน้ำยางชั้น ปริมาณอนุมูล (radical) ที่อยู่ที่ปลายของสายโมเลกุลมีมากกว่า เป็นไปได้ว่าเกิดการเชื่อมข้ามของอนุมูลเหล่านี้ระหว่างการเก็บมากกว่ายางที่มีส่วนผสมของน้ำยางชั้น นอกจากนี้ น้ำยางชั้นยังมีสารเคมีอื่นๆ ซึ่งอาจช่วยขัดขวางการเชื่อมพันธะไฮโดรเจนของอนุมูลอัลดีไฮด์ซึ่งเป็นสาเหตุของการเพิ่มความหนืดได้

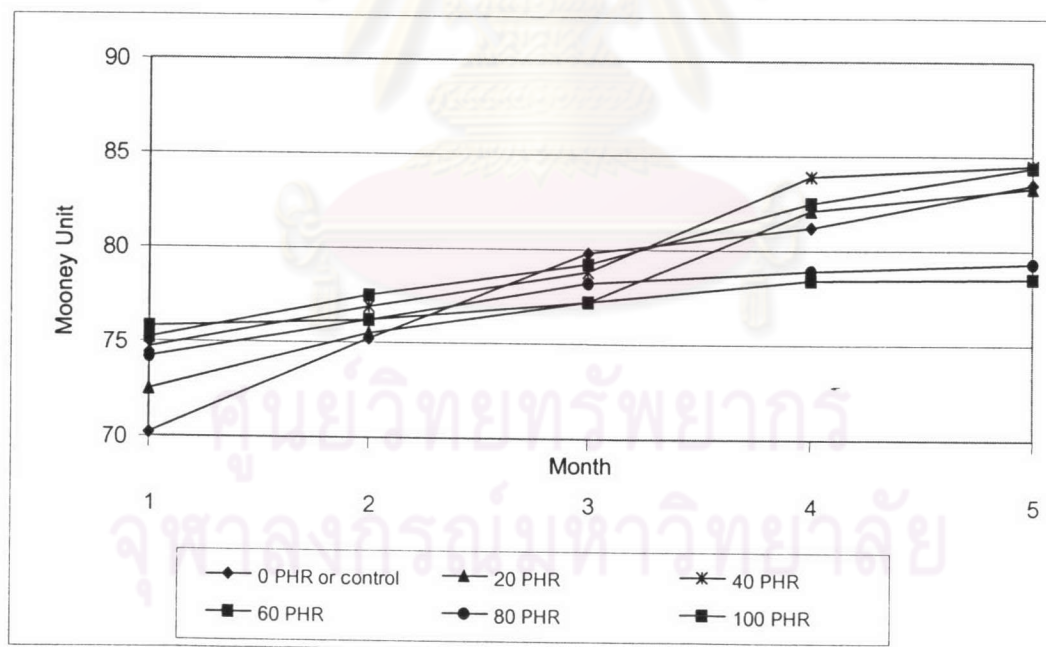
การเติมสารควบคุมความหนืด ไฮดรอกซิลเอมีน ไฮโดรคลอไรด์ ไม่สามารถป้องกันการเพิ่มค่าความหนืดแต่สามารถชะลอการเพิ่มค่าความหนืดมูนิของยางได้ ขณะที่การเติมสาร โพรพิลีน ไกลคอล เพียงอย่างเดียวมีผลเพียงเล็กน้อยต่อการชะลอการเพิ่มค่าความหนืดมูนิของยางแต่จะช่วยลดค่าความหนืดเริ่มต้นของยางได้ ดังนั้นการเติมสารควบคุมความหนืด 2 ชนิดจะช่วยลดอัตราการเพิ่มความหนืดได้อย่างดี



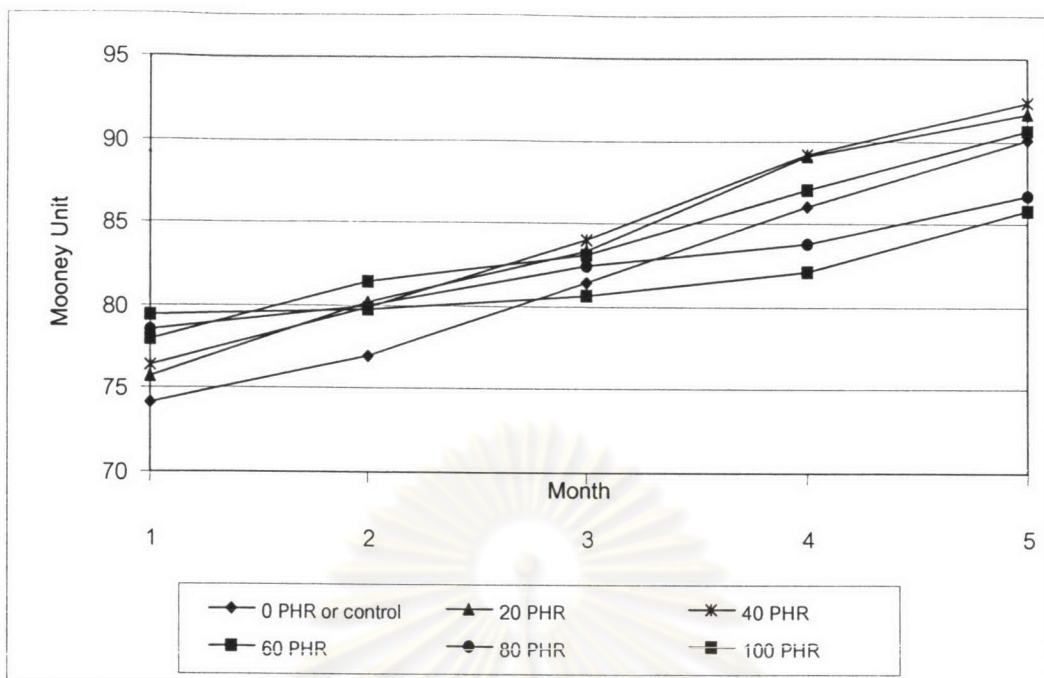
ศูนย์วิทยพัทยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



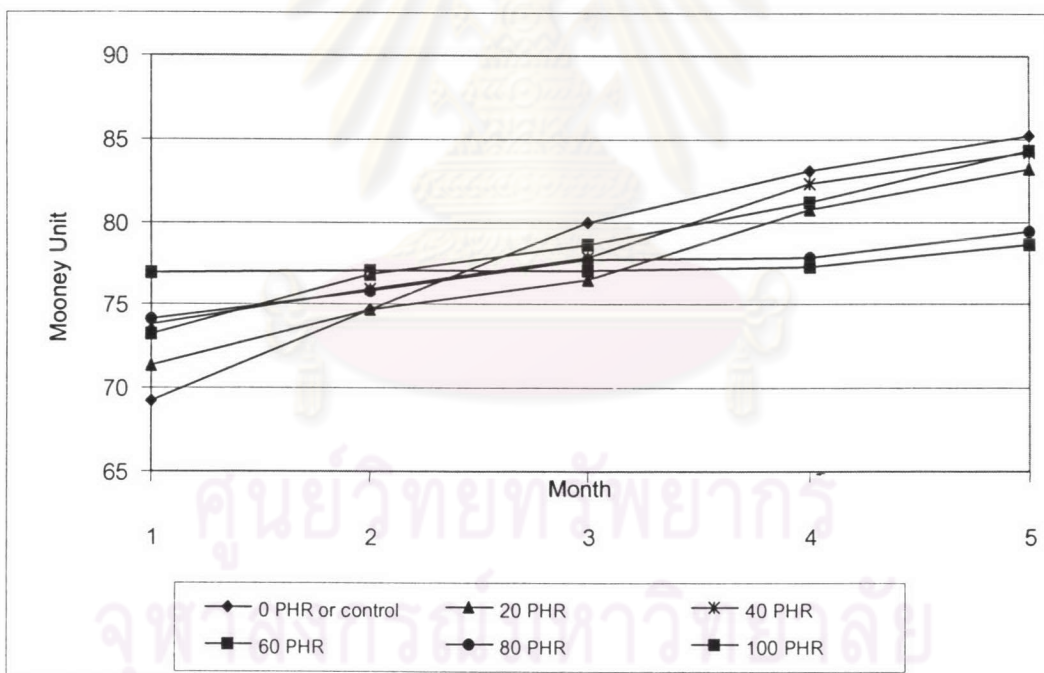
(ก)



(ข)



(ค)



(ง)

รูปที่ 4.5 ค่าความเหนียวของยาง NR, CV-NR, NR-P, CV-NR-P และตัวอย่างควบคุม เตรียมที่อัตราส่วนผสมต่างๆ เก็บที่อุณหภูมิห้อง

(ก) ตัวอย่างยาง NR

(ข) ตัวอย่างยาง CV-NR

(ค) ตัวอย่างยาง NR-P

(ง) ตัวอย่างยาง CV-NR-P

ตารางที่ 4.2 สมการเชิงเส้นแสดงการเพิ่มขึ้นของค่าความหนีของยาง NR, CV-NR, NR-P, CV-NR-P ที่อัตราส่วนผสมต่างๆ

ปริมาณน้ำยางชั้น (PHR)	สมการเชิงเส้น			
	NR	CV-NR	NR-P	CV-NR-P
0	$y = 3.02x + 75.9$	$y = 2.72x + 70.2$	$y = 2.80x + 74.2$	$y = 3.24x + 69.3$
20	$y = 3.74x + 78.8$	$y = 2.04x + 72.5$	$y = 2.98x + 75.8$	$y = 2.17x + 71.3$
40	$y = 3.99x + 77.4$	$y = 1.87x + 74.6$	$y = 2.92x + 76.4$	$y = 1.85x + 73.9$
60	$y = 2.84x + 80.5$	$y = 1.68x + 75.1$	$y = 2.21x + 78.0$	$y = 2.02x + 73.2$
80	$y = 1.63x + 82.4$	$y = 1.09x + 74.2$	$y = 1.41x + 78.5$	$y = 1.00x + 74.1$
100	$y = 0.97x + 82.5$	$y = 0.51x + 75.8$	$y = 0.85x + 79.5$	$y = 0.17x + 77$

กำหนดให้ : y = ความหนีมูนิ
 x = เวลาเป็นเดือน
 ความชัน = อัตราการเพิ่มความหนีมูนิในหน่วยมูนิต่อเดือน
 ค่าตัดแกน y = ค่าความหนีเริ่มต้นที่อัตราส่วนผสมนั้น

ศูนย์วิทยทรัพยากร
 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.4 สมบัติทางกายภาพของยางที่ผ่านกระบวนการคงรูป

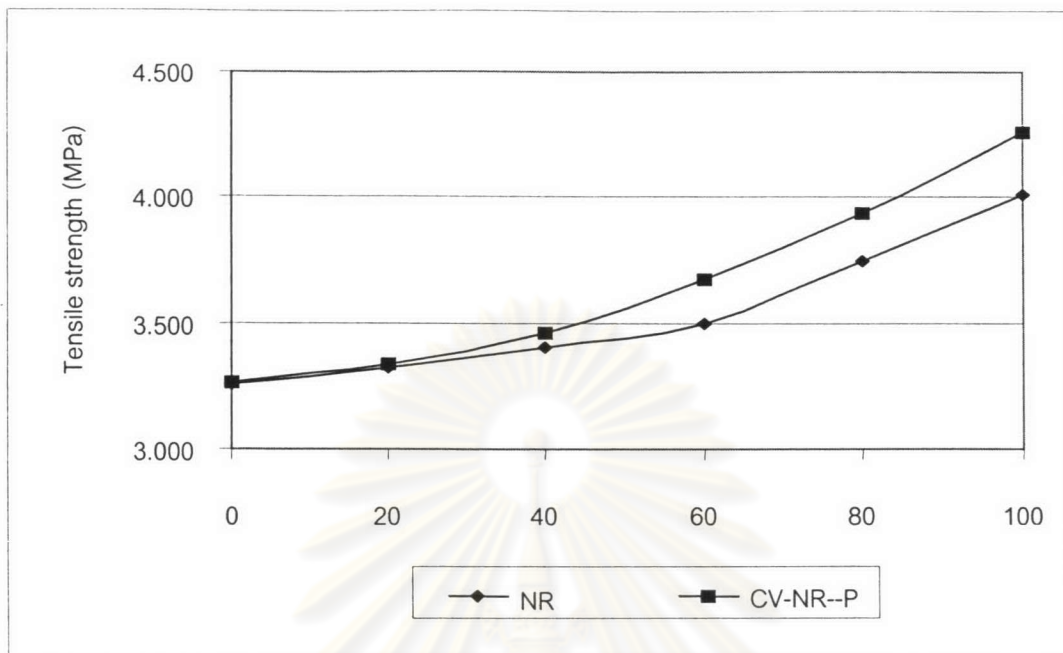
ตัวอย่างยางถูกผสมกับสารตามสูตรที่แสดงไว้ในบทที่ 3 เพื่อทดสอบหาสมบัติทางกายภาพของยาง ได้แก่ ความต้านทานแรงดึง และความยืดเมื่อขาด

4.2.1 ผลของปริมาณน้ำยางชั้นต่อสมบัติทางกายภาพของยางที่ผ่านกระบวนการคงรูป

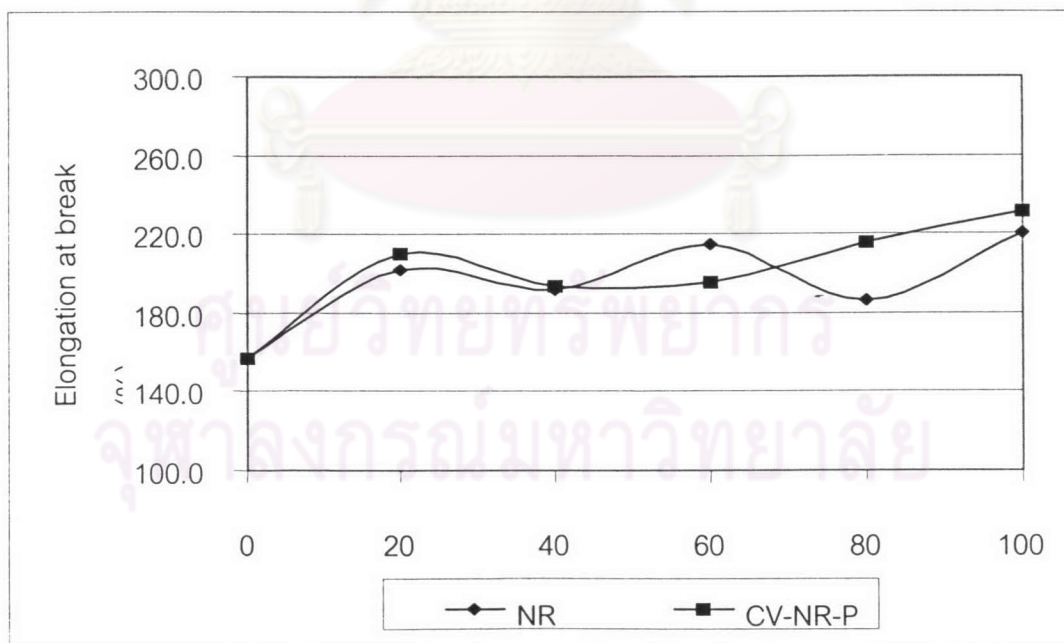
เปรียบเทียบสมบัติทางกายภาพระหว่างตัวอย่างยาง NR และตัวอย่างยาง CV-NR ที่ผ่านกระบวนการคงรูปที่อัตราส่วนผสมต่างๆ กับตัวอย่างยางควบคุม (NR0) ที่ผ่านกระบวนการคงรูป รูปที่ 4.6 แสดงตัวอย่างยาง NR และตัวอย่างยาง CV-NR-P ที่อัตราส่วนผสมต่างๆ มีค่าความต้านทานแรงดึงสูงกว่าตัวอย่างควบคุม ค่าความต้านทานแรงดึงของตัวอย่าง NR100 และ CV-NR-P มีค่าสูงสุดอยู่ที่ 4.01 และ 4.25 เมกะพาสคาลตามลำดับ โดยความสัมพันธ์ระหว่างค่าความต้านทานแรงดึงกับปริมาณน้ำยางชั้นเป็นลักษณะสมการโพลีโนเมียล ดังแสดงในตารางที่ 4.3

รูปที่ 4.7 แสดงตัวอย่างยาง NR และตัวอย่างยาง CV-NR-P ที่อัตราส่วนผสมต่างๆ สำหรับยาง NR มีค่าความยืดเมื่อขาดสูงกว่าตัวอย่างควบคุม ซึ่งมีค่า 156.7 เปอร์เซ็นต์ โดยยาง NR ที่มีการเติมน้ำยางชั้นเป็นส่วนผสมมีค่าอยู่ในช่วง 185 ถึง 220 เปอร์เซ็นต์ ขณะที่ยาง CV-NR-P มีค่าอยู่ในช่วง 193 ถึง 231 เปอร์เซ็นต์

จากผลการทดลองจะเห็นว่าปริมาณน้ำยางชั้นมีผลต่อค่าความต้านทานแรงดึงและค่าความยืดเมื่อขาดในแนวโน้มที่จะเพิ่มค่าทั้งสองนี้ เมื่อพิจารณาเหตุผลที่ว่ากรรมวิธีของสารขบ น้ำจำพวกโปรตีนและเกลืออนินทรีย์ช่วยเพิ่มการดูดซับน้ำของยางซึ่งเป็นผลเสียต่อสมบัติของยางคงรูป ค่าความต้านทานแรงดึงจะลดลงเมื่อมีปริมาณความชื้นในยางแห้งสูง[32] และค่าความต้านทานแรงดึงขึ้นอยู่กับกระบวนการผลิต การที่ค่าความต้านทานแรงดึงและค่าความยืดเมื่อขาดของตัวอย่างยางที่เตรียมนั้นมีค่าต่ำกว่ายางแผ่นรมควันทั่วไปซึ่งมีค่าประมาณ 12-20 หน่วยนั้นอาจเป็นผลมาจากกระบวนการเตรียมแผ่นยาง ที่ใช้วิธีการปล่อยให้ยางจับก้อนตามธรรมชาติ ซึ่งเป็นผลให้โมเลกุลยางจับตัวแบบอิสระโดยยังมีช่องว่างระหว่างโมเลกุลทำให้การเชื่อมข้ามระหว่างโมเลกุลยางมีน้อย นอกจากนี้อาจเป็นผลมาจากโมเลกุลของน้ำบางส่วนยังคงเหลืออยู่ในช่องว่างของโมเลกุลยาง



รูปที่ 4.6 ค่าความต้านทานแรงดึงของยาง NR, CV-NR-P และตัวอย่างควบคุม เตรียมที่อัตราส่วนผสมต่างๆ เก็บที่อุณหภูมิห้อง



รูปที่ 4.7 ค่าความยืดเมื่อขาดของยาง NR, CV-NR-P และตัวอย่างควบคุม เตรียมที่อัตราส่วนผสมต่างๆ เก็บที่อุณหภูมิห้อง

ตารางที่ 4.3 สมการโพลีโนเมียลแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความต้านทานแรงดึงกับปริมาณน้ำยางชั้นของยาง NR, CV-NR-P

ตัวอย่างยาง	สมการโพลีโนเมียล	ค่า R-square
NR	$y = 8E-05x^2 + 0.0019x + 3.2634$	0.9997
CV-NR-P	$y = 7E-05x^2 - 0.0001x + 3.2719$	0.9995

กำหนดให้ : y = ค่าความต้านทานแรงดึง (Mpa)
x = กับปริมาณน้ำยางชั้น (phr)



คุรุฑยวศทยทรพยกร
คุพาลงกรณมทหาวศทยาลย

4.4 มวลโมเลกุลและการกระจายตัวของมวลโมเลกุล

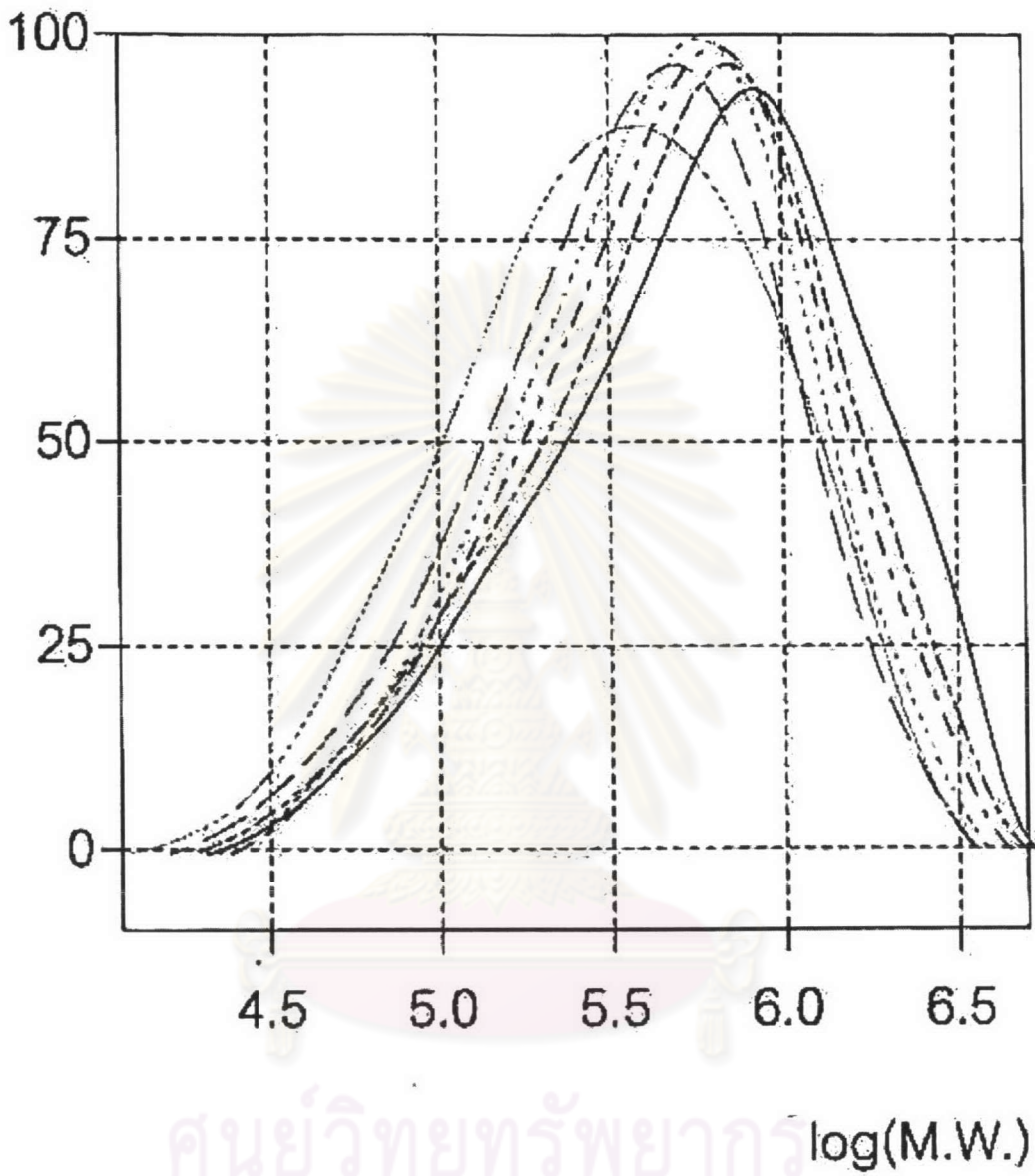
ศึกษามวลโมเลกุลและการกระจายตัวของมวลโมเลกุลยางของตัวอย่างยาง NR และ CV-NR-P โดยทุกตัวอย่างยางถูกเตรียมด้วยกระบวนการเดียวกัน

4.2.1 ผลของปริมาณน้ำยางชั้นต่อมวลโมเลกุลและการกระจายตัวของมวลโมเลกุล

รูปที่ 4.8 แสดงการเปรียบเทียบการกระจายตัวของมวลโมเลกุลยางของตัวอย่างยาง NR เตรียมที่ปริมาณน้ำยางชั้นต่างๆ เปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม(NR0) พบว่าเป็นการกระจายตัวแบบพีคเดียว น้ำยางสดที่นำมาทดลองมีมวลโมเลกุลเฉลี่ยตามจำนวน(Mn) เท่ากับ 1.81×10^5 มวลโมเลกุลเฉลี่ยตามน้ำหนัก(Mw) เท่ากับ 4.97×10^5 การกระจายตัวของมวลโมเลกุลของยาง เท่ากับ 2.75 น้ำยางชั้นที่นำมาทดลองมีมวลโมเลกุลเฉลี่ยตามจำนวน(Mn) เท่ากับ 3.00×10^5 มวลโมเลกุลเฉลี่ยตามน้ำหนัก(Mw) เท่ากับ 8.51×10^5 การกระจายตัวของมวลโมเลกุลของยาง เท่ากับ 2.84 โดยตารางที่ 4.4 แสดงให้เห็นว่าเมื่อเพิ่มปริมาณน้ำยางชั้นจะทำให้มวลโมเลกุลเฉลี่ยของตัวอย่างยางสูงขึ้น โดยมีอัตราการเพิ่มมวลโมเลกุลเฉลี่ยเท่ากับ 3,040 ต่อ 1 phr ในขณะที่ตัวอย่างยาง CV-NR-P ให้ผลในแนวโน้มเดียวกัน โดยมีอัตราการเพิ่มมวลโมเลกุลเฉลี่ยเท่ากับ 4,730 ต่อ 1 phr การเพิ่มขึ้นของมวลโมเลกุลเฉลี่ยส่งผลให้ยางมีความแข็งแรงสูงขึ้น

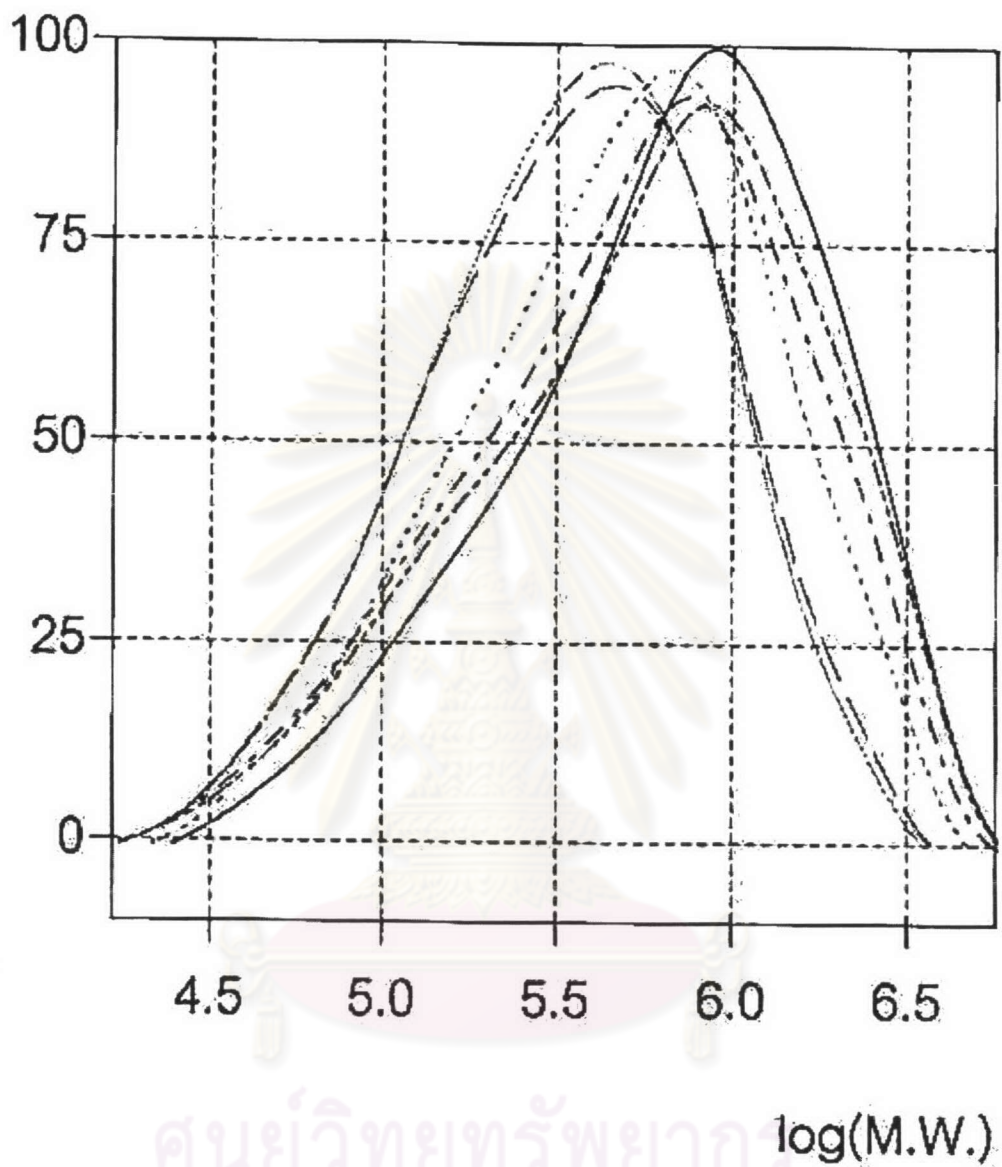
การที่ตัวอย่างยางมีมวลโมเลกุลเฉลี่ยต่ำกว่ายางโดยทั่วไปซึ่งอยู่ในช่วง ประมาณ 1.0 – 1.3 ล้านอาจเป็นได้จากหลายสาเหตุเช่น พันธุ์ยาง พื้นที่ใช้ปลูกยาง และช่วงเวลาเก็บเกี่ยวยาง น้ำยางสดและน้ำยางชั้นที่นำมาทดลอง มาจากจังหวัดระยองและมีช่วงเวลาเก็บเกี่ยวในช่วงเดือน พฤษภาคมถึงมิถุนายน อาจเป็นไปได้ว่าน้ำยางที่ได้ในช่วงเวลาและพื้นที่ปลูกนี้มีมวลโมเลกุลเฉลี่ยต่ำและส่งผลถึงสมบัติทางกายภาพของยางมีค่าต่ำด้วย

ศูนย์วิทยพัชกร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.8 การกระจายตัวของมวลโมเลกุลยางของยาง NR ที่อัตราส่วนน้ำยางชั้นต่างๆ

กำหนดให้	.....	ปริมาณน้ำยางชั้น 0 phr
	-----	ปริมาณน้ำยางชั้น 20 phr
	.....	ปริมาณน้ำยางชั้น 40 phr
	-----	ปริมาณน้ำยางชั้น 60 phr
	.....	ปริมาณน้ำยางชั้น 80 phr
	-----	ปริมาณน้ำยางชั้น 100 phr

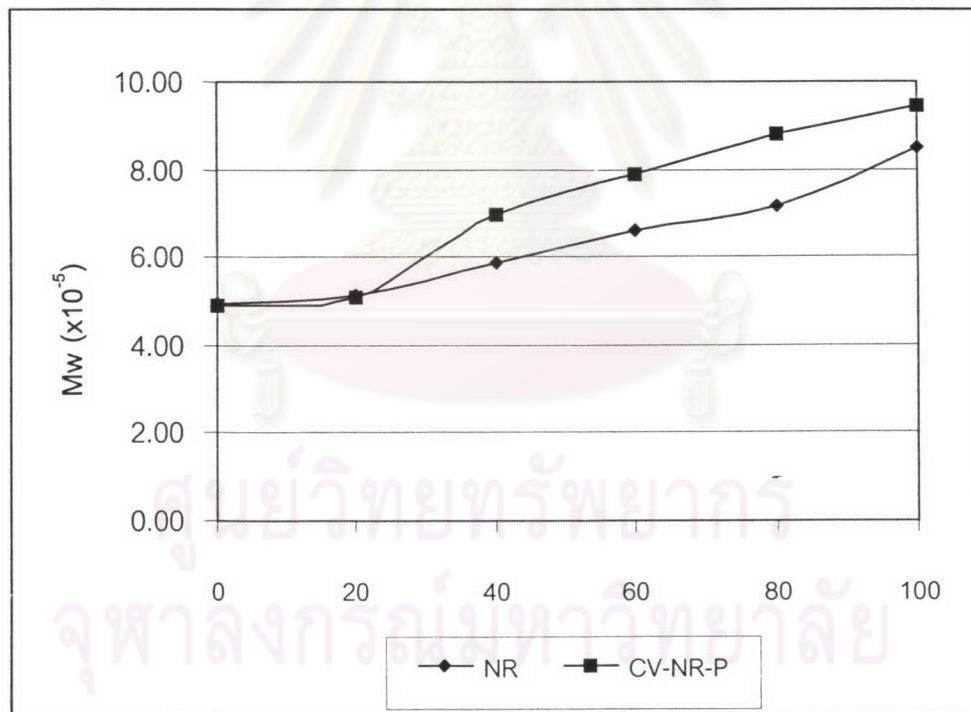


รูปที่ 4.9 การกระจายตัวของมวลโมเลกุลของยาง CV-NR-P ที่อัตราส่วนน้ำยางชั้นต่างๆ

กำหนดให้	.....	ปริมาณน้ำยางชั้น 0 phr
	-----	ปริมาณน้ำยางชั้น 20 phr
	.....	ปริมาณน้ำยางชั้น 40 phr
	-----	ปริมาณน้ำยางชั้น 60 phr
	.....	ปริมาณน้ำยางชั้น 80 phr
	-----	ปริมาณน้ำยางชั้น 100 phr

ตารางที่ 4.4 มวลโมเลกุลเฉลี่ยตามจำนวน(Mn) มวลโมเลกุลเฉลี่ยตามน้ำหนัก(Mw) การกระจายตัวของมวลโมเลกุลของยาง NR และ CV-NR-P ที่ปริมาณน้ำยางชั้นต่างๆ

อัตราส่วน น้ำยางชั้น phr	NR			CV-NR-P		
	Mw x 10 ⁻⁵	Mn x 10 ⁻⁵	Mw/Mn	Mw x 10 ⁻⁵	Mn x 10 ⁻⁵	Mw/Mn
0	4.97	1.81	2.75	4.89	2.04	2.40
20	5.13	2.10	2.44	5.10	2.04	2.49
40	5.88	2.52	2.33	6.96	2.62	2.66
60	6.63	2.74	2.42	7.90	2.57	3.07
80	7.17	2.63	2.72	8.82	2.74	3.21
100	8.51	3.00	2.84	9.47	3.38	2.80



รูปที่ 4.10 อัตราการเพิ่มของมวลโมเลกุลยางของยาง NR และ CV-NR-P ต่อหนึ่งหน่วย phr ที่อัตราส่วนน้ำยางชั้นต่างๆ

4.5 การประมาณต้นทุนการผลิตยาง

ต้นทุนการผลิตยางแผ่นคิดจากต้นทุนในระดับห้องทดลองแสดงดังตารางที่ 4.5 ต้นทุนของยางแผ่น CV-NR-P 40 เท่ากับ 44.19 บาทต่อกิโลกรัม ต้นทุนจะแปรตามปริมาณน้ำยางชั้นที่ใช้เป็นส่วนผสม ที่อัตราส่วนน้ำยางชั้นที่เหมาะสม (40 phr) ยางแผ่นจะมีราคา บาทต่อกิโลกรัม น้ำยางสดเป็นวัตถุดิบตามฤดูกาล ต้นทุนการผลิตและราคาขายแห่งในตลาดมีความแปรผันได้ สำหรับน้ำยางชั้นนั้นสามารถเก็บได้นาน ราคาค่อนข้างคงที่ซึ่งเป็นผลดีต่อการวางแผนการผลิต

ตารางที่ 4.5 ต้นทุนการผลิตยาง CV-NR-P ในระดับห้องทดลองที่ปริมาณน้ำยางชั้นต่างๆ

	ราคาต่อหน่วย	ปริมาณการใช้	ปริมาณน้ำยางชั้น					
	บาท	กิโลกรัม	0	20	40	60	80	100
น้ำยางสด (มค. 47)	35.60 / กก.		35.6	28.48	21.36	14.24	7.12	0
น้ำยางชั้น (มค. 47)	40.15 / กก.		0	8.03	16.06	24.09	32.12	40.15
เออกาซาน DP300	3000 / กก.	0.001 กก	3	3	3	3	3	3
ไฮดรอกซิลเอมีน ไฮโดรคลอไรด์	3240 / กก.	0.001 กก	3.24	3.24	3.24	3.24	3.24	3.24
โพรพิลีน ไกลคอล	528 / กก.	0.001 กก	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53
		ต้นทุน (บาท)	42.37	43.28	44.19	45.10	46.01	46.92

4.6 สูตรที่เหมาะสมในการผลิตยางแผ่น

เมื่อพิจารณาสมบัติทางกายภาพของยางดิบ ปริมาณน้ำยางชั้น 20 และ 40 phr มีค่าสมบัติทางกายภาพอยู่ในมาตรฐานยางแห่งประเทศไทย เกรด STR10CV (ยกเว้นปริมาณถ้ำ) แต่ปริมาณน้ำยางชั้น 40 phr มีค่า Po และ PRI สูงกว่า ส่วนปริมาณน้ำยางชั้นมากกว่า 60 phr มีค่าไม่ผ่านมาตรฐานมากกว่า 3 ค่า

การศึกษาอัตราการเพิ่มของความหนืดมูนิ พบว่ายิ่งค่าปริมาณน้ำยางชั้นสูงจะยิ่งทำให้อัตราการเพิ่มความหนืดมูนิต่อเดือนลดลง การเติมสารไฮดรอกซิลเอมีน ไฮโดรคลอไรด์ ไม่สามารถป้องกันการเพิ่มค่าความหนืดแต่สามารถชะลอการเพิ่มค่าความหนืดมูนิของยางได้ ขณะที่การเติมสาร โพรพิลีน ไกลคอล เพียงอย่างเดียวช่วยลดค่าความหนืดเริ่มต้นของยางได้ ดังนั้นการเติมสารควบคุมความหนืด 2 ชนิดจะช่วยลดอัตราการเพิ่มความหนืดได้อย่างดี ที่ปริมาณน้ำยางชั้น 20 ถึง 60 phr มีอัตราการเพิ่มความหนืดค่อนข้างคงที่

ต้นทุนการผลิตยางแผ่นดิบมีค่าแปรผันตามปริมาณน้ำยางชั้น ดังนั้นการใช้น้ำยางชั้น น้อยที่สุด แต่ทำให้แผ่นยางมีสมบัติที่ดีที่สุดจึงถูกพิจารณา พบว่าการใช้ปริมาณน้ำยางชั้น 40 phr มีความเหมาะสม เนื่องจากสมบัติทางกายภาพผ่านมาตรฐาน อัตราการเพิ่มความหนืดต่ำ ความแข็งแรงสูง และต้นทุนถูก สำหรับปริมาณน้ำยางชั้น 20 phr นั้น หากต้องการยางที่มีความ แข็งแรงไม่มากนัก สามารถนำมาพิจารณาได้

ตัวอย่างยาง CV-NR-P ปริมาณน้ำยางชั้น 40 phr มีสมบัติดังนี้

ปริมาณไนโตรเจน	0.425	เปอร์เซ็นต์
สิ่งสกปรก	0.0712	เปอร์เซ็นต์
ปริมาณเถ้า	0.745	เปอร์เซ็นต์
ปริมาณสิ่งระเหย	0.743	เปอร์เซ็นต์
ความอ่อนตัวเริ่มต้น	34.6	
ดัชนีความอ่อนตัวของยาง	39.1	
สียางเบอร์	10	
ความหนืดมูนิเริ่มต้น	73.85	หน่วยมูนิ
อัตราการเพิ่มความหนืดต่อเดือน	1.85	หน่วยต่อเดือน
ความต้านทานแรงดึง	3.458	เมกะปาสคาล
ความยืดเมื่อขาด	193.9	เปอร์เซ็นต์
มวลโมเลกุลเฉลี่ยตามน้ำหนัก	5.88×10^5	
ต้นทุนการผลิต	44.19	บาทต่อกิโลกรัม

ศูนย์วิทยพัชกร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย