



รายงานฉบับสมบูรณ์

โครงการ”การพัฒนายาธรรมชาติให้มีความหนืดมุนีต่ำและคงที่ ปริมาณไนโตรเจน
และ ปริมาณเจลต่ำในระดับอุตสาหกรรม (ระยะที่ ๒)”

สัญญาเลขที่ RDG5650124

โดย

ผศ. ดร. อรสา ภัทรไพบุลย์ชัย และคณะ

สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์และทรัพยากร

มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์

วันที่ ๑๓ มีนาคม ๒๕๕๗ ถึงวันที่ ๑๓ มีนาคม ๒๕๕๘

สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)

แบบสรุปย่อรายงานสำหรับผู้บริหาร (Executive Summary)

ชื่อโครงการ การพัฒนายางธรรมชาติให้มีความหนืดมนี่ต่ำและคงที่ ปริมาณไนโตรเจน และ ปริมาณเจลต่ำใน ระดับอุตสาหกรรม (ระยะที่ 2) ”สัญญาเลขที่ RDG5650124”

Development of Natural Rubber Properties for low and Constant Mooney Viscosity,
Low Nitrogen Content and Low Gel Content Requirement at Industrial Scale (phasell)

ชื่อหัวหน้าโครงการ ผศ. ดร. อรสาภัทรไพบูลย์ชัย

หน่วยงานสังกัด สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์และทรัพยากรมหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์

ที่อยู่ 222 ตำบลไทยบุรี อำเภอท่าศาลา จังหวัดนครศรีธรรมราช

โทรศัพท์/ โทรสาร 075772331/ 075672339

E-mail address: orasa.pa@wu.ac.th

ผู้ร่วมวิจัย นางสาว นริศรา สนธิกุล และ นายนิรุจน์สร้าง

งบประมาณทั้งโครงการ 1,388,500บาท (หนึ่งล้านสามแสนแปดหมื่นแปดพันห้าร้อยบาท)

ระยะเวลาดำเนินการ 21.5 เดือน วันที่ 15 กันยายน 2556 ถึงวันที่ 30 มิถุนายน 2558

เดิม 1 ปี (15 กันยายน 2556 ถึงวันที่ 14 กันยายน 2557) ขอบัฒแผนและขยายเวลา 24 กรกฎาคม 2557

ได้รับอนุมัติ สิงหาคม 2557

ปัญหาที่ำวิจัยและความสำคัญ

โครงการนี้เป็นการต่อยอดงานจากโครงการ การวิจัยเพื่อผลิตยางธรรมชาติคุณภาพพิเศษ ในส่วนของโครงการย่อยที่ 2 ในเรื่อง “การพัฒนายางธรรมชาติให้มีความหนืดมนี่ต่ำและคงที่ ปริมาณไนโตรเจน และปริมาณเจลต่ำ” ซึ่งได้รับทุนสำนักกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) ตามสัญญาเลขที่ RDG 5550108 ระยะเวลาย 12 เดือน โดยโครงการเดิมได้วิจัยในระดับห้องปฏิบัติการ ขณะที่โครงการใหม่เป็นการนำผลจากที่ได้จากโครงการเดิม มาพัฒนาเพื่อขยายการผลิตให้ได้ในระดับอุตสาหกรรม เมื่อได้ยางคุณภาพพิเศษแล้ว ทำการผสมยางที่ได้กับสารเคมี เพื่อทดสอบสมบัติทางกลของยางคอมเพานด์ ดังนั้นโครงการนี้จึงทำการปรับขยายให้มีขนาดใหญ่ในระดับอุตสาหกรรม เพื่อเป็นการรองรับยางชั้นใหม่ (LoV) ของมาตรฐาน ISO ที่คาดว่าจะประกาศใช้ในอนาคต และเพื่อการแข่งขันใน อนาคต จึงควรทำการวิจัยเพื่อหาแนวทางในการเตรียมยางชนิดใหม่ในระดับอุตสาหกรรม โดยมีสมบัติตามมาตรฐาน ISO และสามารถแปรรูปได้โดยมีสมบัติที่ไม่น้อยกว่ายางธรรมชาติปกติเช่นยาง STR 5L เป็นต้น ประกอบกับได้ทราบ ว่ามีบริษัทผลิตยางรถยนต์ของญี่ปุ่นที่ความต้องการใช้ยางชั้นพิเศษนี้ และยางชั้นพิเศษนี้ได้มีการผลิตขึ้นแล้วใน อินโดนีเซีย ส่งขายให้บริษัทผู้ผลิตยางรถยนต์ และคาดว่าจะมีแนวโน้มในการใช้ยางนี้เพิ่มขึ้นในอนาคตอันใกล้นี้ ทั้งนี้ สันนิษฐานได้ว่า ยางที่มีสมบัติข้างต้น มีจุดเด่นในการ แปรรูปง่าย เกิดความร้อนสะสม (heat build up) ที่ต่ำ, ลด rolling resistance และปริมาณเจล มีผลทำให้การตกผลึกของยางลดลง และมีผลต่อความแข็งกระด้าง (Stiffening) กระทั่งต่อ โมดูลัส อัตราการผ่อนคลายการต้านต่อแรงดึงลดลง

นอกจากนั้นประเทศไทยได้มีมาตรฐานยางแท่ง STR อยู่แล้วแต่ยังมีข้อด้อยบางประการกล่าวคือ มี ปริมาณเจลที่สูง และความหนืดมนี่ที่ไม่คงที่ โดยมีค่าเพิ่มขึ้นขณะที่ตั้งเก็บไว้ อีกทั้งมีปริมาณไนโตรเจนที่ค่อนข้างสูง

ดังนั้นเพื่อเป็นการรองรับยางชนิดใหม่ของมาตรฐาน ISO และการแข่งขันทางการค้าในอนาคต โดยเฉพาะในปี 2558 จะเข้าสู่ AEC ด้วยเหตุนี้นักวิจัยจึงคิดว่าควรจกต้องรับทำการวิจัยเพื่อหาแนวทางในการเตรียมยางชนิดใหม่ในระดับอุตสาหกรรม โดยมีสมบัติตามมาตรฐาน ISO เพื่อการรองรับความต้องการของผู้บริโภคและสามารถแข่งขันทางการค้าในอนาคตได้ อีกทั้งได้เป็นมาตรฐานยางแท่งเกรดใหม่

วัตถุประสงค์

ศึกษาหาวิธีทำยางธรรมชาติให้ได้สมบัติตามข้อกำหนดของยางแท่งชั้นใหม่ในมาตรฐานยางแท่งไอเอสโอ (ISO 2000) ในระดับอุตสาหกรรม

ผลการดำเนินการ

ทำการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณเจล ความหนืดมูนี และปริมาณไนโตรเจนในระดับห้องปฏิบัติการ โดยการแปรตัวแปรต่างๆ ได้แก่ ผลของระยะเวลาในเกิดปฏิกิริยา (ทั้งการกวน และการบ่ม), ผลของสารโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์, ผลของสาร Protease, ผลของสาร Hydroperser, ผลของสารสเตบิลไลเซอร์ (SDS), ฤดูกาล และสารจับตัว เป็นต้น เมื่อได้ผลลัพธ์ที่ต้องการ จึงทำการขยายผลผลิตในระดับสหกรณ์ในรูปยางแผ่น โดยทำในระดับน้ำยาง 60-100 kg และทดสอบสมบัติยางดิบ จากนั้นจึงนำผลที่ได้ไปทำต่อในสเกลอุตสาหกรรม ในรูปยางแท่ง โดยนำผลที่ได้จากการทดลองที่สหกรณ์ มาทดลองขยายผลต่อ ซึ่งทำในระดับน้ำยางประมาณ 600-1000 kg ท้องค์การสวนยาง แล้วทดสอบสมบัติยางดิบ จากนั้นนำยางดังกล่าวมาทดสอบสมบัติยางวัลคาไนซ์ในห้องปฏิบัติการ อีกทั้งส่งยางไปทดลองทำผลิตภัณฑ์ สองชนิด ยางปูพื้นรถและอุปกรณ์การแพทย์ (บริษัทสยามยูไนเท็ด รีบเบอร์จำกัดและบริษัท ที.ที. อินเตอร์รีบเบอร์ จำกัด ตามลำดับ)

สรุปผลการวิจัย

ปัจจัยที่มีผลต่อการเตรียมยางธรรมชาติให้มีความหนืดมูนีต่ำและคงที่ ปริมาณไนโตรเจน และ ปริมาณเจลต่ำในระดับอุตสาหกรรมมีดังต่อไปนี้ พบว่าระยะเวลาในเกิดปฏิกิริยามีผลต่อสมบัติยางดิบทั้งความหนืดมูนี ปริมาณไนโตรเจน และ ปริมาณเจล โดยระยะเวลาในการเกิดปฏิกิริยาที่สภาวะการกวนให้ประสิทธิภาพสูงกว่าที่สภาวะการบ่ม สำหรับชนิดสารจับตัวมีผลต่อสมบัติทั้งความหนืดมูนี ปริมาณไนโตรเจน และ ปริมาณเจล โดยพบว่าการใช้เกลือแคลเซียมไนเตรทให้ปริมาณไนโตรเจน และ ปริมาณเจลสูงกว่าการใช้แอลกอฮอล์จับตัวแต่ให้ความหนืดมูนีที่ต่ำ นอกจากนั้นพบว่าอุณหภูมิในการอบยางให้แห้ง มีผลต่อปริมาณเจล และความหนืดมูนี แต่ไม่มีผลต่อปริมาณไนโตรเจน ยิ่งอบที่อุณหภูมิสูง ปริมาณเจลยิ่งเพิ่มขึ้น และความหนืดมูนียิ่งต่ำ นอกจากนี้พบว่าปริมาณสาร โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์เพิ่มขึ้น ทำให้ ความหนืดมูนี ปริมาณไนโตรเจน และ ปริมาณเจลเพิ่มมากขึ้นตาม แต่เพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย ส่วนผลของเอนไซม์ Protease พบว่าเมื่อปริมาณ Protease เพิ่มขึ้นทำให้ความหนืดมูนี ปริมาณไนโตรเจน และ ปริมาณเจลต่ำลงในทุกสารจับตัว โดยที่จับตัวด้วยเกลือแคลเซียมไนเตรทให้ความหนืดมูนี ต่ำกว่าจับตัวด้วยแอลกอฮอล์ แต่ให้ปริมาณไนโตรเจน และ ปริมาณเจลสูงกว่า แต่อย่างไรก็ตามผลที่ได้ยังผ่านเกณฑ์ที่กำหนด นอกจากนั้นเมื่อใช้ปริมาณ Hydroperser เพิ่มขึ้นทำให้ ความหนืดมูนี ปริมาณไนโตรเจน และ ปริมาณเจล ลดลงแต่ไม่สามารถควบคุมการเพิ่มของปริมาณเจลได้ ส่วนปริมาณสาร SDS ที่เพิ่มขึ้นทำให้ ความหนืดมูนี ปริมาณไนโตรเจน และ ปริมาณเจล ลดลงในทุกสารจับตัว แต่เกลือแคลเซียมแสดงปริมาณไนโตรเจนและปริมาณเจล สูงกว่า สำหรับผลของฤดูกาลนั้น พบว่าในช่วงฤดูใกล้ปิดกรีตมีผลต่อปริมาณเจลมากทำให้ปริมาณเจลสูงถึงแม้ว่าจะทำการลดน้ำหนักโมเลกุลไม่สามารถลดเจลได้ เมื่อทำการศึกษาผลของปริมาณเจลต่อการแปรสภาพและสมบัติของยางพบว่า ปริมาณเจลมีผลต่อการแปรรูปและต่อสมบัติยาง กล่าวคือเมื่อปริมาณเจลเพิ่ม ส่งผลต่อสมบัติต่างๆดังเช่นทำให้พลังงานในการผสมยางคอมเพานด์เพิ่มมากขึ้น, อัตราการวัลคาไนซ์ช้าลง, % Elongation at break ลดต่ำลง, heat build up, % Compression set, storage modulus, Loss modulus และ rolling resistance เพิ่มขึ้น แต่ wet grip ลด

ต่ำลง และความต้านทานต่อการขยายรอยแตกลดต่ำลงเช่นกันเมื่อเปรียบเทียบกับยางแท่ง STR50CV กับยาง LoV ที่เป็นยางมีความหนืดมูนนี้คงที่เช่นกัน ทั้งที่ใช้เข้ามาดำและซึลิกาเป็นสารตัวเติม พบว่าสมบัติด้าน mechanical ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยกเว้น % Elongation at break ที่ยาง LoV สูงกว่า, อัตราการวัลคาไนซ์เร็วกว่า และพลังงานที่ใช้ในการผสมยาง LoV ต่ำกว่า

นอกจากนี้ยาง LoV ที่ผลิตได้นอกจากมีสมบัติความหนืดมูนนี้ต่ำและคงที่ ปริมาณไนโตรเจน และ ปริมาณเจลต่ำ แล้ว ยัง มีสมบัติที่ไร้กลิ่น และไม่พบโปรตีนภูมิแพ้เพิ่มอีก จึงทำให้สามารถนำยางที่ผลิตได้ไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆได้หลายชนิด ได้แก่ อุปกรณ์ด้านการแพทย์, ผลิตภัณฑ์ที่ต้องการหลีกเลี่ยงการแพ้โปรตีน, อุปกรณ์การกีฬา, ผลิตภัณฑ์ที่ต้องการสีส่นและยางล้อยยนต์ เป็นต้น สำหรับการทดลองกับการผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ของบริษัททั้งสองผลิตภัณฑ์ ให้การตอบรับที่ดีมีความพึงพอใจ สามารถแก้ปัญหาเรื่องกลิ่นของผลิตภัณฑ์ได้ นอกจากนี้ยังสามารถนำไปขยายผลต่อยอดได้ เช่น นำไปทำในรูปน้ำยางเพื่อใช้ในการทำผลิตภัณฑ์ด้วยกระบวนการจุ่ม อีกทั้งผลิตภัณฑ์อื่นๆที่ใช้น้ำยาง เมื่อคำนึงถึงสมบัติเรื่องกลิ่นที่ไม่พึงประสงค์ และการแพ้โปรตีน

ข้อเสนอแนะที่คาดว่าควรวิจัยเพิ่มเติมและวิธีการที่ควรพัฒนาต่อยอดสู่ภาคปฏิบัติจริง ควรมีการประชาสัมพันธ์และเผยแพร่ผลการวิจัยสู่อุตสาหกรรมต่างๆโดยตรงเช่นจัดถ่ายทอดผลงานไปยังกลุ่มอุตสาหกรรมเฉพาะด้าน

ผลงานทางวิชาการที่คาดว่าจะเกิดขึ้น

- 1) ได้อนุสิทธิบัตร เลขที่ 10613 ออกให้ ณ. วันที่ 20 ตุลาคม 2558
ชื่อ ยางธรรมชาติไร้กลิ่น ไร้สี และกระบวนการผลิต
- 2) ได้คัดเลือกเป็น 1 ใน 50 ผลงานต้นแบบผลิตภัณฑ์พร้อมใช้และต่อยอดเพื่อเพิ่มโอกาสในโลกธุรกิจ
แสดงในงานวิจัยกึ่งสำเร็จรูป (Talent Mobility) 6 ตุลาคม 2558- 14 ธันวาคม 2558

บทคัดย่อ

ปัจจัยที่มีผลต่อการเตรียมยางธรรมชาติให้มีความหนืดมนี่ต่ำและคงที่ ปริมาณไนโตรเจน และ ปริมาณเจลต่ำในระดับอุตสาหกรรม มีดังต่อไปนี้ ระยะเวลาในเกิดปฏิกิริยา, ชนิดสารจับตัว, ปริมาณโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์, ปริมาณเอ็นไซม์ Protease ปริมาณ Hydroperse, และ ปริมาณ SDS เป็นต้น ส่วนอุณหภูมิในการอบแห้งให้แห้ง มีผลต่อปริมาณเจล และความหนืดมนี่ แต่ไม่มีผลต่อปริมาณไนโตรเจน โดยการเกิดปฏิกิริยาที่สภาวะการกวนให้ประสิทธิภาพสูงกว่าที่สภาวะการบ่ม การใช้เกลือแคลเซียมไนเตรทให้ปริมาณไนโตรเจน และ ปริมาณเจลสูงกว่าการใช้แอลกอฮอล์ในการจับตัว แต่ให้ความหนืดมนี่ที่ต่ำ และยังพบว่า ยิ่งอบที่อุณหภูมิสูง ปริมาณเจลยิ่งเพิ่มขึ้น แต่ความหนืดมนี่ยิ่งต่ำ นอกจากนี้พบว่าปริมาณสาร โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์เพิ่มขึ้น ทำให้ ความหนืดมนี่ ปริมาณไนโตรเจน และ ปริมาณเจลเพิ่มมากขึ้นตาม แต่เพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย แต่ปริมาณ Protease, ปริมาณ Hydroperse และ ปริมาณ SDS เพิ่มขึ้นทำให้ความหนืดมนี่ ปริมาณไนโตรเจน และ ปริมาณเจลต่ำลง

เมื่อทำการศึกษาอิทธิพลของปริมาณเจล ต่อการแปรรูปและสมบัติของยางพบว่า ปริมาณเจลมีผลต่อการแปรรูปและต่อสมบัติยาง กล่าวคือเมื่อปริมาณเจลเพิ่ม ส่งผลต่อสมบัติต่างๆดังเช่น ทำให้พลังงานในการผสมยางคอมเพานด์เพิ่มมากขึ้น, อัตราการวัลคาไนซ์ช้าลง, Elongation at break (%) ลดต่ำลง, heat buildup, Compression set (%), storage modulus, Loss modulus และ rolling resistance เพิ่มมากขึ้น แต่ wet grip ลดต่ำลง และความต้านทานต่อการขยายรอยแตกลดต่ำลงเช่นกัน เมื่อเปรียบเทียบกับยางแบ่ง STR50CV กับ ยาง LoV ที่เป็นยางมีความหนืดมนี่คงที่เช่นกัน ทั้งที่ใช้เขม่าดำและซิลิกาเป็นสารตัวเติม พบว่าสมบัติด้าน mechanical ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยกเว้น% Elongation at break ที่ยาง LoV สูงกว่า, อัตราการวัลคาไนซ์เร็วกว่า และพลังงานที่ใช้ในการผสมยาง LoV ต่ำกว่า

Abstract

Factors of natural rubber preparation with low and constant Mooney viscosity, low level of Nitrogen and gel content properties in the industry scale are the following: reaction time, coagulant types, the amount of sodium meta bisulfite, protease enzymes, hydroperse, and the SDS, etc. For drying temperature, it affects only gel content and Mooney viscosity not affect the amount of nitrogen. The reaction time in the conditions of agitation show more efficiency than the maturation state. Using calcium nitrate as a coagulant provides higher nitrogen content and gel content than alcohol. In addition, the more drying temperature applies, the higher gel content will be obtained but the lower Mooney viscosity will be obtained. Moreover, the more sodium meta bisulfite loading, the higher Mooney viscosity, Nitrogen and gel content will be obtained but just a little bit. Finally, the higher protease enzymes and also SDS loading, the lower Mooney viscosity, Nitrogen and gel content will be obtained.

The effect of gel content on rubber processing and their properties was studied. It was found that gel content has effected on rubber processing and their properties. That is, the gel contents is inversely proportional to the elongation at break (%), vulcanization rate, wet grip and resistance to crack growth but is related directly proportional to other properties such as mixing energy of rubber compounds, heat buildup, compression set (%), Abrasion Index (%), rolling resistance. When the properties of both rubbers between block rubber (STR 50CV) and premium grade rubber (LoV) which both are constant Mooney viscosity are compared, it was found that the mechanical properties are not different significantly in both silica and carbon black fillers loaded except LoV show higher %elongation at break , faster vulcanization rate and lower mixing energy of rubber compounds than STR 50 CV.

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณหน่วยงานต่าง ๆ ที่ทำให้การดำเนินงานวิจัยสำเร็จลุล่วงไปได้ดังต่อไปนี้

สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) สัญญาเลขที่ RDG 5601024 ที่ให้ทุนอุดหนุนการทำวิจัย มุ่งเป้าปี 2556 ในระดับอุตสาหกรรม

สาขาวิศวกรรมวัสดุ สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์และทรัพยากร มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์ ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้สถานที่และเครื่องมือในการวิจัย

คงคาการยาง อำเภอนบพิตำ นครศรีธรรมราช และ องค์การสวนยางนาบอน และทีมงาน กระทรงเกษตร และสหกรณ์ ที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่ในการทำยางแผ่นและยางแท่งตามลำดับ

เจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการของ องค์การสวนยางนาบอน ที่ช่วยทดสอบเทียบสมบัติยางดิบ

นักศึกษาสาขาวิศวกรรมวัสดุ สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์และทรัพยากร มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์ ทุกๆคนที่อุทิศ และตั้งใจทำงานนี้ให้สำเร็จลุล่วง

สารบัญ

รายละเอียด	หน้า
ปกหน้า	
แบบสรุปย่อรายงานสำหรับผู้บริหาร (Executive Summary)	i
บทคัดย่อ	iv
Abstract	v
กิตติกรรมประกาศ	vi
สารบัญ	vii
สารบัญตาราง	ix
สารบัญภาพ	x
รายงานเนื้อหา	
1 ปัจจัยในกระบวนการผลิตที่มีผลต่อ สมบัติพื้นฐานยางดิบ	1
1.1 การผลิตยางธรรมชาติให้มีความหนืดมูนนี้ต่ำและคงที่ ปริมาณ ไนโตรเจน และ ปริมาณ เจลต่ำ (LoV) ในระดับห้องปฏิบัติการ	1
1.1.1 ศึกษาผลของระยะเวลาในเกิดปฏิกิริยาต่อสมบัติพื้นฐานยางดิบ	1
1.1.2 ศึกษาสารโซเดียมเมตาไบซัลไฟด์ที่ปริมาณต่างๆต่อสมบัติพื้นฐานยางดิบ เมื่อจับตัว น้ำยางด้วยแอลกอฮอล์ และเกลือแคลเซียมไนเตรท	6
1.1.3 ศึกษาสาร Protease ที่ปริมาณต่างๆ เมื่อจับตัวน้ำยางด้วย แอลกอฮอล์ และเกลือ แคลเซียมไนเตรท ต่อสมบัติพื้นฐานยางดิบ	9
1.1.4 ศึกษาสาร Hydroperse ที่ปริมาณต่างๆ ต่อ สมบัติพื้นฐานยางดิบ	12
1.1.5 ศึกษาสาร Sodium Dodecyl Sulfate (SDS) ที่ปริมาณต่างๆ ต่อสมบัติพื้นฐาน ยางดิบ	14
1.1.6 ศึกษาผลของฤดูกาลต่อสมบัติพื้นฐานยางดิบ	18
1.1.7 ปัญหาการเพิ่มของปริมาณเจลเมื่อตั้งทิ้งไว้	21
1.2 การผลิตยางธรรมชาติยางธรรมชาติให้มีความหนืดมูนนี้ต่ำและคงที่ ปริมาณ ไนโตรเจน และปริมาณเจลต่ำ (LoV) ในระดับสหกรณ์	21
1.2.1 ศึกษาส่วนผสมที่ได้จากห้องปฏิบัติการ ต่อสมบัติยางดิบ	22
1.2.2 เปรียบเทียบสมบัติของการจับตัวน้ำยางในระดับสหกรณ์และห้องปฏิบัติการ	23

สารบัญ

รายละเอียด	หน้า
1.3 การผลิตยางธรรมชาติยางธรรมชาติให้มีความหนืดมูนนี้ต่ำและคงที่ ปริมาณ ไนโตรเจน และปริมาณเจลต่ำ (LoV) ในระดับอุตสาหกรรม	24
1.3.1 ศึกษาอุณหภูมิต่างๆ ในการอบ ด้วยตู้อบความร้อน ต่อ สมบัติพื้นฐานยางดิบ	24
1.3.2 ศึกษาอุณหภูมิต่างๆ ในการอบ ด้วยเครื่อง Microwave ต่อ สมบัติพื้นฐานยางดิบ	29
1.3.3 สมบัติของน้ำยางในระดับอุตสาหกรรมในรูปร่างแท่ง	32
2. ศึกษาการแปรรูปยาง LoV	33
2.1 เปรียบเทียบสมบัติทางกลของยางที่ผลิตในต่างรูปแบบ	33
2.2 ศึกษาระยะเวลาในการตั้งทิ้งไว้ของยางธรรมชาติต่อสมบัติยางดิบ	34
2.2.1. ผลของระยะเวลาดังทิ้งไว้ต่อปริมาณ เจล	34
2.2.2.ผลของระยะเวลาดังทิ้งไว้ต่อความหนืดมูนนี้ (Mooney Viscosity)	35
2.3 ศึกษาอิทธิพลของปริมาณเจล (Gel content) ต่อการแปรรูป และ	36
ต่อคุณสมบัติเชิงกลของยาง	
2.3.1. ผลของปริมาณเจลต่อพลังงานในการผสมยางคอมเพานด์	36
2.3.2. ผลของปริมาณเจลต่อคุณสมบัติยางคอมเพานด์	37
ก. ผลของปริมาณเจลต่อความหนืดมูนนี้	38
ข. ผลของปริมาณเจลต่ออัตราการวัลคาไนซ์	39
ค. ผลของปริมาณเจลต่อคุณสมบัติเชิงกลและคุณสมบัติเชิงกลพลวัต	40
3. การใช้ประโยชน์จากผลงานนี้	51
4. การนำผลวิจัยไปต่อยอดและการใช้ประโยชน์	53
5. สรุปผลการทดลอง	54
5.1 ปัจจัยที่มีผลต่อการเตรียมยางธรรมชาติให้มีความหนืดมูนนี้ต่ำและคงที่ ปริมาณไนโตรเจน และปริมาณเจลต่ำ	54
5.2 ผลของปริมาณเจลต่อการแปรรูปและสมบัติยาง	55
5.3 ประโยชน์จากผลการวิจัย	55
6. บรรณานุกรม	56
สรุปกิจกรรมแผนการดำเนินงาน	57
ความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิในการรายงานความก้าวหน้ารอบ 6 เดือน	58
ความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิในการประเมินจากการประชุมรายงานความก้าวหน้า 8 เดือน	61
ความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิในการประเมินร่างรายงานฉบับสมบูรณ์	63
ภาคผนวก	
ก. ศึกษาชนิดสารจับตัวต่อเวลาในการจับตัวและสีของยาง	68
ข. ผลของน้ำเซรัมที่ผ่านการจับต่อการจับตัวของยาง	69
ค. ผลของชนิดสารจับตัวต่อปริมาณเจล	69

ง. ผลของชนิดสารจับตัวต่อความหนืดมูนี้	70
จ. การคำนวณหาพลังงานที่ใช้ในการแปรรูป	72
ฉ. การทดสอบปริมาณเจล (Gel contents)	72
ช. ต้นทุนในการผลิตยางระดับอุตสาหกรรม	74

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1 ระยะเวลาในการเกิดปฏิกิริยาขณะกวนน้ำยาง ต่อ Nitrogen contents, Gel contents และ Mooney Viscosity	2
1.2 ระยะเวลาในการเกิดปฏิกิริยาเมื่อบ่มน้ำยาง ต่อ Nitrogen contents, Gel contents และ Mooney Viscosity	3
1.3 ผลของสารโซเดียมเมตาไบซัลไฟด์ ที่ปริมาณต่างๆต่อ Nitrogen contents, Gel contents และ Mooney Viscosity เมื่อจับตัวน้ำยางด้วย แอลกอฮอล์ และเกลือแคลเซียมไนเตรท	6
1.4 ผลปริมาณของสาร Protease ที่จับตัวน้ำยางด้วย แอลกอฮอล์ และเกลือแคลเซียมไนเตรทต่อ Nitrogen contents, Gel contents และ Mooney Viscosity	9
1.5 ผลของปริมาณสาร Hydroperse ต่อปริมาณ Nitrogen contents, Gel contents และ Mooney Viscosity	12
1.6 ผลของปริมาณสาร Sodium Dodecyl Sulfate (SDS) ต่อ Nitrogen contents, Gel contents และ Mooney Viscosity	15
1.7 ผลของปริมาณสาร Sodium Dodecyl Sulfate (SDS) on DRC ต่อ สมบัติพื้นฐานยางดิบ	17
1.8 ผลของแหล่งน้ำยาง ต่อ Nitrogen contents, Gel contents และ Mooney viscosity	18
1.9 ผลของการบดยางต่อปริมาณเจล	21
1.10 ส่วนผสมที่ใช้ในการเตรียมยาง LoV ระดับสหกรณ์	22
1.11 สมบัติของยาง LoV ระดับสหกรณ์	23
1.12 เปรียบเทียบสมบัติของยางที่เตรียมในขนาดที่ต่างกัน	23
1.13 ผลของอุณหภูมิในการอบ ด้วยตู้อบความร้อน เมื่อใช้น้ำยางสด 700 กิโลกรัม ต่อสมบัติพื้นฐานยางดิบ	24
1.14 ผลของอุณหภูมิในการอบด้วยเครื่อง Microwave ต่อ Nitrogen contents, Gel contents และ Mooney Viscosity	29
1.15 สมบัติยาง LoV ที่ผลิตระดับอุตสาหกรรมในรูปยางแท่ง	32
1.16 ผลของอุณหภูมิในการอบต่อปริมาณเจลของยางที่ผลิตในระดับอุตสาหกรรม	32
2.1 สูตรการเตรียมยางคอมเพานด์	33
3.1 การทดสอบโปรตีนภูมิแพ้	51
3.2 ผลการทดสอบปริมาณจุลินทรีย์ในน้ำยาง	51
3.3 เปรียบเทียบสีของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากยางต่างชนิด	52

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1.1 ผลของระยะเวลาในเกิดปฏิกิริยา (ซ้าย) การกวน (ขวา) การบ่ม ต่อ ปริมาณไนโตรเจน (%N2)	4
1.2 ผลของระยะเวลาในเกิดปฏิกิริยา (ซ้าย) การกวน (ขวา) การบ่ม ต่อ ปริมาณเจล (%Gel)	5
1.3 ผลของระยะเวลาในเกิดปฏิกิริยา (ซ้าย) การกวน (ขวา) การบ่ม ต่อ Mooney Viscosity	5
1.4 ผลของสารโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ที่ปริมาณต่างๆ เมื่อจับตัวน้ำยางด้วยแอลกอฮอล์ และ เกลือแคลเซียมไนเตรท ต่อปริมาณไนโตรเจน (%N2)	7
1.5 ผลของสารโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ ที่ปริมาณต่างๆ เมื่อจับตัวน้ำยางด้วยแอลกอฮอล์ และ เกลือแคลเซียมไนเตรท ต่อปริมาณเจล (%Gel)	8
1.6 ผลของสารโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ที่ปริมาณต่างๆ เมื่อจับตัวน้ำยางด้วยแอลกอฮอล์ และ เกลือแคลเซียมไนเตรท ต่อ Mooney Viscosity	8
1.7 ผลของปริมาณสาร Protease ที่จับตัวน้ำยางด้วยแอลกอฮอล์ และเกลือแคลเซียมไนเตรท ต่อ ปริมาณไนโตรเจน (%N2)	10
1.8 ผลของปริมาณสาร Protease ที่จับตัวน้ำยางด้วย แอลกอฮอล์ และ เกลือแคลเซียมไนเตรท ต่อ ปริมาณเจล (%Gel)	11
1.9 ผลของปริมาณสาร Protease ที่จับตัวน้ำยางด้วย แอลกอฮอล์ และ เกลือแคลเซียมไนเตรท ต่อ Mooney Viscosity	11
1.10 ผลของปริมาณสารHydroperseต่อปริมาณไนโตรเจน (%N2)	13
1.11 ผลของปริมาณสารHydroperseต่อ ปริมาณเจล (%Gel)	13
1.12 ผลของปริมาณสารHydroperseต่อ Mooney Viscosity	14
1.13 ผลของปริมาณสาร Sodium Dodecyl Sulfate (SDS) ต่อปริมาณไนโตรเจน (%N2)	16
1.14 ผลของปริมาณสาร Sodium Dodecyl Sulfate (SDS) ต่อปริมาณเจล (%Gel)	16
1.15 ผลของปริมาณสาร Sodium Dodecyl Sulfate (SDS) ต่อMooney Viscosity	18
1.16 ผลของแหล่งน้ำยาง ต่อ ปริมาณไนโตรเจน (%N2)	19
1.17 ผลของแหล่งน้ำยาง ต่อ ปริมาณเจล (%Gel)	20
1.18 ผลของแหล่งน้ำยาง ต่อความหนืดมูนนี่ (Mooney Viscosity)	20
1.19 ผลของการบดยางต่อปริมาณเจล	21
1.20 วิธีการเตรียมยาง LoV ในระดับสหกรณ์	22

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1.21 ผลของอุณหภูมิในการอบ ด้วยตู้อบความร้อน เมื่อใช้น้ำยางสด 700 กิโลกรัมและจับตัวน้ำยาง ด้วยเกลือแคลเซียมไนเตรท ต่อ %N ₂	25
1.22 ผลของอุณหภูมิในการอบ ด้วยตู้อบความร้อน เมื่อใช้น้ำยางสด 700 กิโลกรัมและจับตัวน้ำยาง ด้วยเกลือแคลเซียมไนเตรท ต่อ ปริมาณเจล (%Gel)	26
1.23 ผลของอุณหภูมิในการอบด้วยตู้อบความร้อน เมื่อใช้น้ำยางสด 700 กิโลกรัมและจับตัวน้ำยาง ด้วยเกลือแคลเซียมไนเตรท ต่อ ความหนืดมูนนี่ (Mooney Viscosity)	27
1.24 ผลของ อุณหภูมิในการอบ ด้วยตู้อบความร้อน เมื่อใช้น้ำยางสด 700 กิโลกรัมและจับตัวน้ำยาง ด้วยเกลือแคลเซียมไนเตรท ต่อ ปริมาณสิ่งระเหยได้ (%VM)	27
1.25 ผลของอุณหภูมิในการอบ ด้วยตู้อบความร้อน เมื่อใช้น้ำยางสด 700 กิโลกรัมและจับตัวน้ำยาง ด้วยเกลือแคลเซียมไนเตรท ต่อ ปริมาณเถ้า (%Ash)	28
1.26 ผลของ อุณหภูมิในการอบ ด้วยตู้อบความร้อน เมื่อใช้น้ำยางสด 700 กิโลกรัมและจับตัวน้ำยาง ด้วยเกลือแคลเซียมไนเตรท ต่อ ปริมาณสิ่งสกปรก (%Dirt)	28
1.27 ผลของ อุณหภูมิในการอบ ด้วยตู้อบความร้อน เมื่อใช้น้ำยางสด 700 กิโลกรัม และจับตัวน้ำยาง ด้วยเกลือแคลเซียมไนเตรท ต่อ PO และ %PRI	29
1.28 ผลของอุณหภูมิในการอบ ด้วยเครื่อง Microwave ต่อ ปริมาณไนโตรเจน (%N ₂)	30
1.29 ผลของอุณหภูมิในการอบ ด้วยเครื่อง Microwave ต่อปริมาณเจล (%Gel)	31
1.30 ผลของอุณหภูมิในการอบ ด้วยเครื่อง Microwave ต่อ ความหนืดมูนนี่ (Mooney Viscosity)	32
2.1 สมบัติทางกลของยาง LoV ที่ผลิตในต่างรูปแบบ	34
2.2 ผลของระยะเวลาตั้งทิ้งไว้ ต่อปริมาณ เจล	35
2.3 ผลของระยะเวลาตั้งทิ้งไว้ ต่อ ความหนืดมูนนี่ (Mooney Viscosity)	35
2.4 ผลของปริมาณเจล ต่อพลังงานในการผสมยางคอมเพานด์	37
2.5 ผลของปริมาณเจล ต่อ ความหนืดมูนนี่ (Mooney Viscosity)	38
2.6 ผลของปริมาณเจล ต่ออัตราการวัลคาไนซ์	39
2.7 ผลของปริมาณเจล ต่อ 300% Modulus	40
2.8 ผลของปริมาณเจล ต่อ % Elongation at break	41
2.9 ผลของปริมาณเจล ต่อ Tensile strength (MPa)	42

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.10 ผลของปริมาณเจล ต่อ Tear resistance	43
2.11 ผลของปริมาณเจล ต่อ Heat buildup	44
2.12 ผลของปริมาณเจล ต่อ %Compression set	45
2.13 ผลของปริมาณเจล ต่อ Abrasion Loss (%)	45
2.14 ผลของปริมาณเจล ต่อความต้านทานการขยายตัวต่อรอยแตก	46
2.15 ผลของปริมาณเจล ต่อ Storage modulus E' (MPa)	47
2.16 ผลของปริมาณเจล ต่อ Loss modulus E" (MPa)	48
2.17 ผลของปริมาณเจล ต่อ Tan δ	49
3.1 เปรียบเทียบสมบัติทางกลของยางยางธรรมชาติ LoV และยาง STR 5 L	52
4.1 ผลิตรั้วทางด้านการแพทย์จากยาง LoV	53
4.2 ผลิตรั้วยางปูพื้นรถจากยาง LoV	53

รายงานเนื้อหา

เนื่องจากในการปฏิบัติจริงไม่ได้ทำตามแผนที่กำหนด ทั้งนี้มีปัญหามากมายที่เกิดขึ้นตามมาจากใน phase I ทำให้ผู้ทรงคุณวุฒิเสนอแนะให้ทำตามคำชี้แจงอีกทั้งมีการขอขยายเวลาและเปลี่ยนแปลงแผนงาน (ตามเอกสารที่ได้นำเสนอในรายงานความก้าวหน้า) โดยศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณเจล และการเพิ่มของปริมาณเจลเมื่อตั้งทิ้งไว้และวิธีแก้ไขอีกทั้งปัจจัยที่มีผลต่อความหนืดมูนนี้และปริมาณไนโตรเจนซึ่งปัจจัยที่ศึกษาได้แก่ ผลของปริมาณ HydroparseP50วิธีการจับตัว อุณหภูมิในการอบ และสภาวะในการทำปฏิกิริยา ปริมาณแมกนีเซียม เป็นต้น เพื่อเตรียมขยายผลผลิตในระดับสหกรณ์ จากนั้นจึงนำผลที่ได้ไปทำต่อในสเกลอุตสาหกรรม

- 1) ในรูปร่างแผ่น : โดยทำในระดับน้ำยาง 60-100 kg ที่สหกรณ์ และทดสอบสมบัติยางดิบ
- 2) ในรูปร่างแท่ง: นำผลที่ได้จากการทดลองที่สหกรณ์ มาทดลองขยายสเกลต่อ โดยทำในระดับน้ำยางประมาณ 600-1000 kg ที่องค์การสวนยาง และ ทดสอบสมบัติยางดิบ สำหรับบริษัทยูนิเวนรับเบอร์โปรดักคอร์ปอเรชั่น ไม่ได้ดำเนินการ (ผู้ที่ติดต่อด้วยได้เสียชีวิต)
- 3) นำยางดังกล่าวมาทดสอบสมบัติยางวัลคาไนซ์
- 4) ส่งยางไปทดลองทำผลิตภัณฑ์ สองชนิด ยางปูพื้นรถและอุปกรณ์การแพทย์ (บริษัทสยามยูนิเวนโต้ รับเบอร์จำกัดและบริษัท ที.ที. อินเตอร์รับเบอร์ จำกัดตามลำดับ) ซึ่งได้ผลดังต่อไปนี้

ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณเจลความหนืดมูนนี้และ ปริมาณไนโตรเจน

1 ปัจจัยในกระบวนการผลิตที่มีผลต่อสมบัติพื้นฐานยางดิบ

นำน้ำยางธรรมชาติมาใส่สารเคมีในปริมาณที่กำหนดทำการกวนน้ำยางกับสารเคมีให้เข้ากันตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเพื่อให้เกิดปฏิกิริยาสมบูรณ์ จับตัวน้ำยางล้างให้สะอาด ทำให้แห้ง โดยศึกษา ผลของปริมาณ HydroparseP50วิธีการจับตัว อุณหภูมิในการอบ และสภาวะในการทำปฏิกิริยา ปริมาณแมกนีเซียม เป็นต้น เพื่อเตรียมขยายผลผลิตในระดับสหกรณ์และระดับอุตสาหกรรม

1.1 การผลิตยางธรรมชาติให้มีความหนืดมูนนี้ต่ำและคงที่ ปริมาณไนโตรเจน และปริมาณเจลต่ำ (LoV)ในระดับห้องปฏิบัติการ

ทำการศึกษาปัจจัยต่างๆในระดับห้องปฏิบัติการ ที่มีผลต่อความหนืดมูนนี้ปริมาณไนโตรเจน และปริมาณเจลโดยการแปรตัวแปรต่างๆได้แก่ผลของระยะเวลาในเกิดปฏิกิริยา (ทั้งการกวน และการบ่ม),ผลของสารโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์,ผลของสาร Protease,ผลของสารHydroparse, ผลของสารSDSและปริมาณแมกนีเซียม เป็นต้น เมื่อได้ผลลัพธ์ที่ต้องการจะทำการขยายผลผลิตในระดับสหกรณ์ต่อไป

1.1.1 ศึกษาผลของระยะเวลาในเกิดปฏิกิริยาต่อสมบัติพื้นฐานยางดิบ

นำน้ำยางธรรมชาติ (DRC =39.63) มา 33 กิโลกรัม มาใส่สารเคมีโดยเริ่มจากใส่สารละลาย 3% $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ 0.05 % on latex, 10% SDS 1 % on latex, 2.5% Protease 0.2 % on latex, และ 20 % HAS 0.4 % on latex ตามลำดับทำการกวนน้ำยางกับสารเคมีให้เข้ากันแล้วแบ่งน้ำยางตัวอย่างละ 3 กิโลกรัม เพื่อทำต่อ โดยกวนเป็นระยะเวลา 1, 3 , 5, 7 และ 9 ชั่วโมง และส่วนที่สภาวะการบ่มเป็นเวลา 9 , 12 ,15 ,18 และ 24 ชั่วโมงเมื่อครบตามระยะเวลาที่กำหนดจับตัวด้วย40% แคลเซียมไนเตรทจนน้ำยางจับตัวหมด(ส่วนน้ำยางธรรมชาติที่ใช้เป็นตัว control จับตัวปกติ) หลังจากนั้นนำแผ่นยางไปล้างน้ำให้สะอาดผึ่งไว้ให้สะอาดน้ำอบที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียสแล้วจึงนำไปทดสอบสมบัติพื้นฐานยางดิบได้แก่ Nitrogen contents ตามมาตรฐาน ASTM D 3533-90, Mooney Viscosity ตามมาตรฐาน ISO R 289-1963 และ ASTM D 1646-94, Gel contents ตามมาตรฐาน ISO/CD 2001ส่วนสมบัติอื่นๆเช่น ปริมาณสิ่งสกปรก (%Dirt), ปริมาณ

เถ้า(%Ash), ปริมาณสิ่งระเหย (%VM) ผ่านตามข้อกำหนดของยาง LoVแต่ไม่ได้รายงานไว้ในรายงานนี้และได้ผลการทดลองดังตารางที่ 1.1 - 1.2 และภาพที่ 1.1 –1.3

ตารางที่ 1.1 ระยะเวลาในการเกิดปฏิกิริยาขณะกวนน้ำยาง ต่อNitrogen contents, Gel contents และ Mooney Viscosity

สมบัติพื้นฐานยางดิบ	ระยะเวลาในการเกิดปฏิกิริยา(ชั่วโมง)	ผลการทดลอง	
	(% on latex)	Control	สภาวะการกวน
Nitrogen contents (%)	Control	0.41±0.00	
	1		0.39±0.00
	3		0.365±0.005
	5		0.33±0.00
	7		0.305±0.005
	9		0.265±0.005
Gel contents (%)	Control	6.46±0.03	
	1		5.96±0.13
	3		5.34±0.025
	5		4.93±0.06
	7		4.49±0.001
	9		3.79±0.07
Mooney Viscosity	Control	60.9±0.3	
	1		59.4±0.20
	3		58.7±0.20
	5		57.95±0.05
	7		57.4±0.10
	9		56.9±0.00

ตารางที่ 1.2 ระยะเวลาในการเกิดปฏิกิริยาเมื่อบ่มน้ำยาง ต่อ Nitrogen contents, Gel contents และ Mooney Viscosity

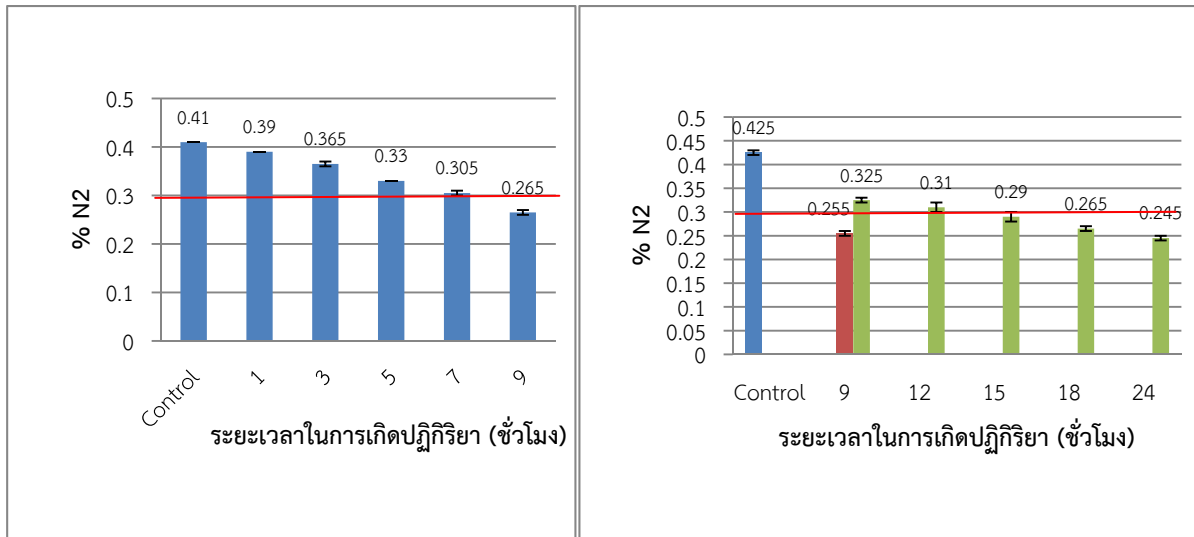
สมบัติพื้นฐานยางดิบ	ระยะเวลาในการเกิดปฏิกิริยา(ชั่วโมง)	ผลการทดลอง		
	(% on latex)	control	สภาวะการกวน	สภาวะการบ่ม

Nitrogen contents (%)	control	0.425±0.005		
	9		0.255±0.005	0.325±0.005
	12			0.31±0.01
	15			0.29±0.01
	18			0.265±0.005
	24			0.245±0.005
Gel contents (%)	control	9.97±0.28		
	9		3.98±0.16	6.14±0.09
	12			5.43±0.11
	15			4.99±0.04
	18			4.50±0.06
	24			3.98±0.078
Mooney Viscosity	control	59.85±0.05		
	9		53.85±0.35	57.7±0.10
	12			56.5±0.4
	15			54.65±0.15
	18			53.2±0.1
	24			52.25±0.25

ก. ผลของระยะเวลาในการเกิดปฏิกิริยา ต่อปริมาณไนโตรเจน (%N2)

จากภาพที่ 1.1 สังเกตได้ว่าระยะเวลาต่างๆในการเกิดปฏิกิริยา ทั้งที่สภาวะการกวน และการบ่มมีผลต่อ %N2 จากผลการทดลองพบว่า ระยะเวลาในการเกิดปฏิกิริยาทั้งที่สภาวะการกวน และการบ่มโดย %N2 มีปริมาณต่ำ ตามระยะเวลาในการเกิดปฏิกิริยาที่นานขึ้น เพราะการเติมเอนไซม์ Protease จะไปทำหน้าที่เร่งปฏิกิริยาการไฮโดรไลซ์โปรตีนในน้ำยาง (Ichikawa, et.al., 1993) ยิ่งนานขึ้นยิ่งส่งผลให้ %N2 ลดลงเรื่อยๆ โดยการทดสอบ %N2 อ้างอิงตามมาตรฐาน ASTM D 3533-90 : Standard Test Method for Testing

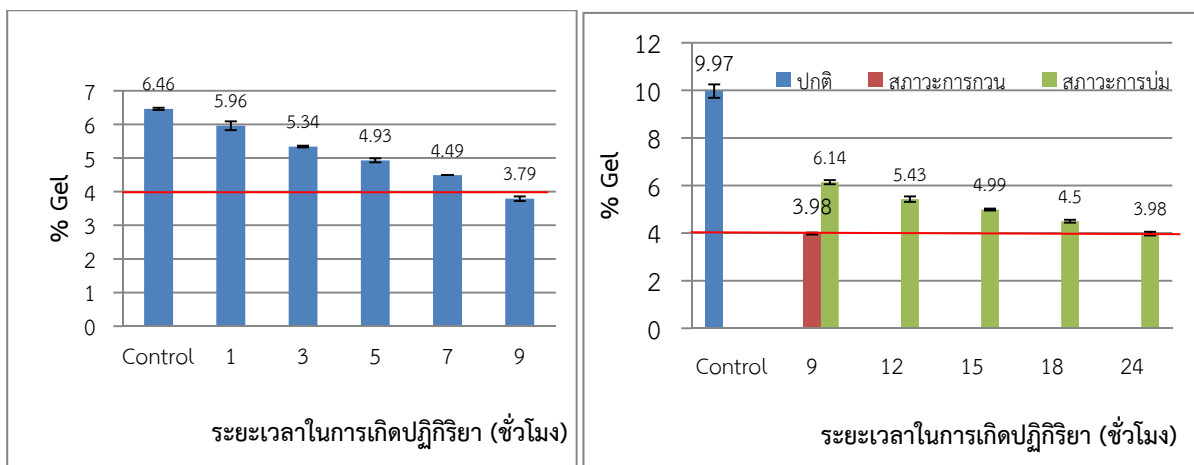
Rubber –Nitrogen Content และเมื่อเปรียบเทียบที่สภาวะการกวน และการบ่ม พบว่าการใช้ระยะเวลาในการเกิดปฏิกิริยาที่สภาวะการกวน 9 ชั่วโมง เท่ากัน %N2 มีปริมาณต่ำกว่า ที่สภาวะการบ่ม(ภาพขวา)



ภาพที่ 1.1 ผลของระยะเวลาในการเกิดปฏิกิริยา (ซ้าย) การกวน (ขวา) การบ่ม ต่อปริมาณไนโตรเจน (%N2)

ข. ผลของระยะเวลาในการเกิดปฏิกิริยา ต่อปริมาณเจล (%Gel)

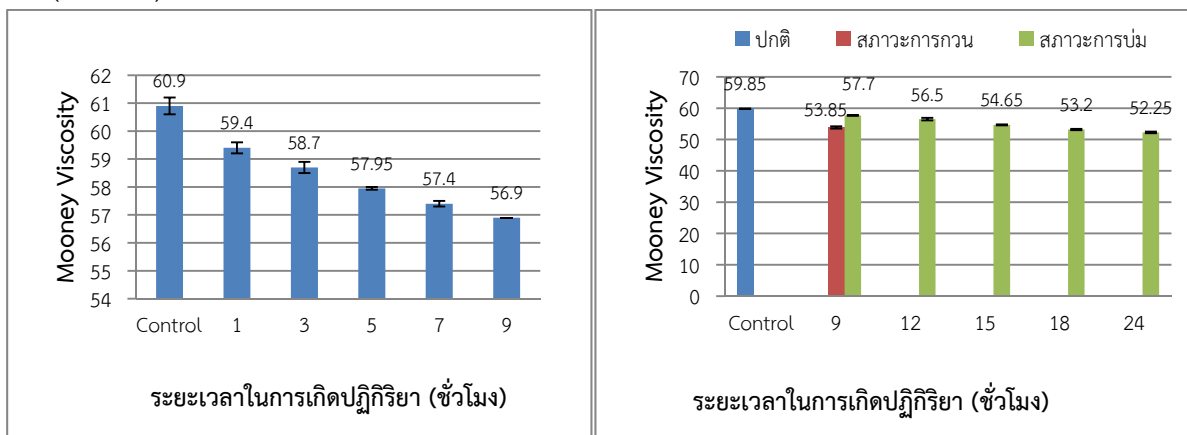
จากภาพที่ 1.2 สังเกตได้ว่าระยะเวลาต่างๆ ในการเกิดปฏิกิริยา ทั้งที่สภาวะการกวน และการบ่ม มีผลต่อ %Gel จากผลการทดลอง พบว่าระยะเวลาในการเกิดปฏิกิริยาทั้งที่สภาวะการกวน และการบ่ม ทำให้ %Gel มีปริมาณต่ำลงเรื่อยๆ ตามระยะเวลาในการเกิดปฏิกิริยาที่นานขึ้น เพราะการเติมเอนไซม์ Protease จะไปทำหน้าที่เร่งปฏิกิริยาการไฮโดรไลซ์โปรตีนในน้ำยางยิ่งนานขึ้นยิ่งส่งผลให้เกิดปฏิกิริยาการขัดขวางไม่ให้ยางเกิดการเชื่อมโยงพันธะระหว่างไฮโดรเจนของส่วนโปรตีนกับส่วนที่เป็นพอสฟิไลต์ (Tanaka, 2001) มากขึ้นเรื่อยๆ โดยการทดสอบ %Gel อ้างอิงตามมาตรฐาน ISO/CD 2001 และเมื่อเปรียบเทียบที่สภาวะการกวน และการบ่ม พบว่าการใช้ระยะเวลาในการเกิดปฏิกิริยาที่สภาวะการกวน 9 ชั่วโมง เท่ากัน %Gel มีปริมาณต่ำกว่า ที่สภาวะการบ่ม และเมื่อบ่มนาน 24 ชั่วโมง ทำให้ได้เจลต่ำเท่ากับการกวน 9 ชั่วโมง (ภาพขวา)



ภาพที่ 1.2 ผลของระยะเวลาในการเกิดปฏิกิริยา (ซ้าย) การกวน (ขวา) การบ่ม ต่อปริมาณเจล (%Gel)

ค. ผลของระยะเวลาในการเกิดปฏิกิริยาต่อMooney Viscosity

จากภาพที่ 1.3 สังเกตได้ว่า ระยะเวลาต่างๆ ในการเกิดปฏิกิริยาทั้งที่สภาวะการกวน และการบ่มมีผลต่อ Mooney Viscosity จากผลการทดลอง พบว่าระยะเวลาในการเกิดปฏิกิริยาทั้งที่สภาวะการกวน และการบ่ม ทำให้ Mooney Viscosity ต่ำลงเรื่อยๆ ตามระยะเวลาในการเกิดปฏิกิริยาที่นานขึ้น เพราะการเติมเอนไซม์ Protease จะไปทำหน้าที่เร่งปฏิกิริยาการไฮโดรไลซ์โปรตีนในน้ำยางยิ่งนานขึ้น ยิ่งทำให้การเชื่อมโยงพันธะในสายโซ่โมเลกุลลดลง จึงทำให้ทำให้ Mooney Viscosity ของยางลดลงเรื่อยๆ อีกทั้งการเติมสาร HAS เป็นสารควบคุมความหนืด ลงไปทำปฏิกิริยากับอนุภาคมูลหุ้มอัลติไฮด์ที่นานขึ้น ส่งผลให้ Mooney Viscosity จึงลดลงเรื่อยๆ ซึ่งการเติม สาร HAS เพื่อป้องกันการเกิดพันธะไฮโดรเจนระหว่างโครงสร้างโมเลกุลยาง ที่เป็นสาเหตุให้ความหนืดเพิ่ม (Sekhar,1961) และเมื่อเปรียบเทียบที่สภาวะการกวน และการบ่ม พบว่าการใช้ระยะเวลาในการเกิดปฏิกิริยาที่สภาวะการกวน 9 ชั่วโมงเท่ากับ %Gel มีปริมาณต่ำกว่า ที่สภาวะการบ่ม (ภาพขวา)



ภาพที่ 1.3 ผลของระยะเวลาในการเกิดปฏิกิริยา (ซ้าย) การกวน (ขวา) การบ่ม ต่อ Mooney Viscosity

1.1.2 ศึกษาสารโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ ที่ปริมาณต่างๆ ต่อสมบัติพื้นฐานยางดิบเมื่อจับตัวน้ำยางด้วยแอลกอฮอล์ และ เกลือแคลเซียมไนเตรท

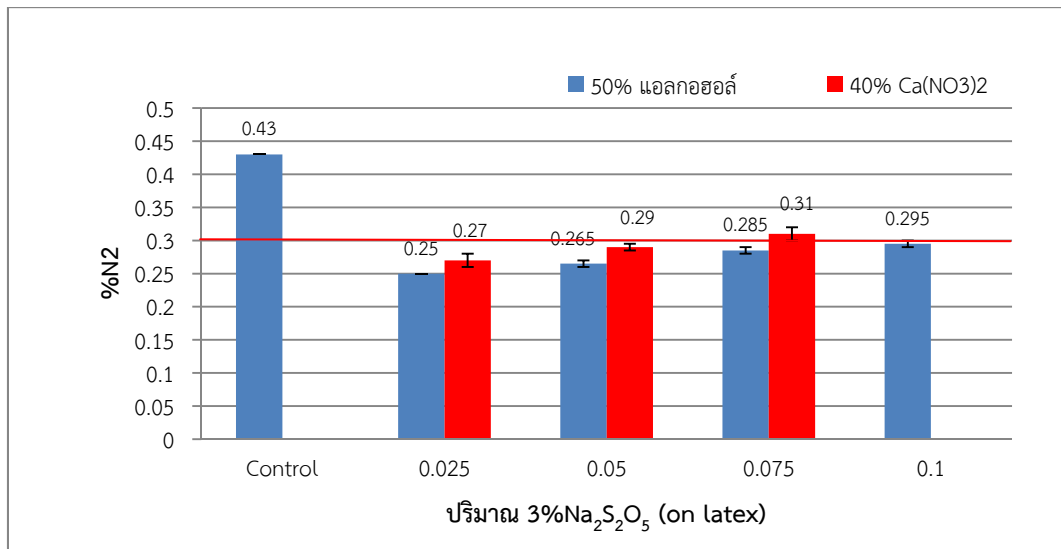
นำน้ำยางธรรมชาติมา 15 kg (DRC=37.65) ใส่สารเคมี โดยเริ่มจากใส่สารละลาย 3% Na₂S₂O₅ ซึ่งแปรปริมาณเป็น 0.025, 0.05, 0.075 และ 0.1 % on latex, 10% SDS 1 % on latex, 2.5% Protease 0.2 % on latex, และ 20 % HAS 0.4 % on latex ตามลำดับ ทำการกวนน้ำยางกับสารเคมีให้เข้ากันเป็นระยะเวลา 9 ชั่วโมง เมื่อครบตามระยะเวลาที่กำหนด จับตัวด้วย 50% เอทิลแอลกอฮอล์และ 40% เกลือแคลเซียมไนเตรท จนน้ำยางจับตัวหมด หลังจากนั้นนำแผ่นยางไปล้างน้ำให้สะอาด ผึ่งไว้ให้สะเด็ดน้ำ อบที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส แล้วจึงนำไปทดสอบสมบัติพื้นฐานยางดิบได้แก่ Nitrogen contents ตามมาตรฐาน ASTM D 3533-90, Mooney Viscosity ตามมาตรฐาน ISO R 289-1963 และ ASTM D 1646-94, Gel contents ตามมาตรฐาน ISO/CD 2001 และได้ผลการทดลองดังตารางที่ 1.3 และภาพที่ 1.4-1.6

ตารางที่ 1.3 ผลของสารโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ ที่ปริมาณต่างๆต่อNitrogen contents, Gel contents และ Mooney Viscosityเมื่อจับตัวน้ำยางด้วย แอลกอฮอล์ และเกลือแคลเซียมไนเตรท

สมบัติพื้นฐานยางดิบ	ปริมาณสาร 3% $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ (on latex)	ผลการทดลอง		
		Control	50% Alcohol	40% $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$
Nitrogen contents (%)	control	0.43±0.00		
	0.025		0.25±0.00	0.27±0.01
	0.05		0.265±0.005	0.29±0.005
	0.075		0.285±0.005	0.31±0.01
	0.1		0.295±0.005	
Gel contents (%)	control	8.77±0.01		
	0.025		4.23±0.07	4.9±0.04
	0.05		4.98±0.06	5.50±0.02
	0.075		5.34±0.13	5.98±0.14
	0.1		5.53±0.01	
Mooney Viscosity	control	59.85±0.25		
	0.025		55.20±0.10	45.85±0.25
	0.05		56.05±0.15	47±0.00
	0.075		56.70±0.10	49.7±0.40
	0.1		57.55±0.15	

ก. ผลของสาร โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ ที่ปริมาณต่างๆ เมื่อจับตัวน้ำยางด้วย แอลกอฮอล์ และ เกลือแคลเซียมไนเตรท ต่อปริมาณไนโตรเจน (%N2)

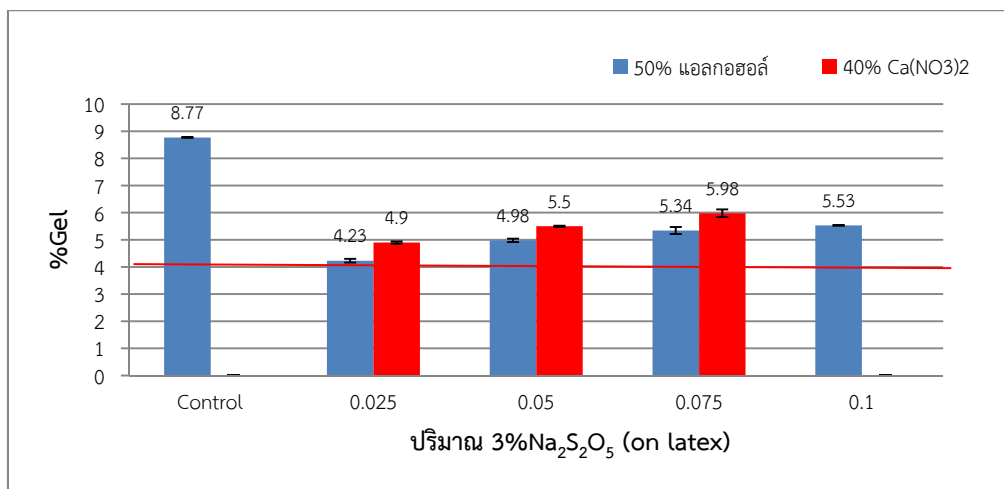
จากภาพที่ 1.4 สังเกตเห็นว่า การเติม 3%โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ที่ปริมาณ 0.025 , 0.05 , 0.075 และ 0.1% On latex ให้ %N2 ที่ต่างกัน โดยพบว่าปริมาณสาร 3%โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ ที่เพิ่มขึ้น ทำให้ %N2 เพิ่มมากขึ้น ทั้งที่การจับตัวด้วย 50% แอลกอฮอล์ และ 40% เกลือแคลเซียมไนเตรท เพราะว่าโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ เป็นสารฟอกสี ซึ่งไม่ช่วยในเรื่องของการลด %N2 และเมื่อเปรียบเทียบการจับตัวด้วย 50% แอลกอฮอล์ และ 40% เกลือแคลเซียมไนเตรท พบว่าการจับตัวด้วย 50% แอลกอฮอล์ ให้ %N2 ที่ต่ำกว่าการจับตัวด้วย 40% เกลือแคลเซียมไนเตรท เพราะการจับตัวด้วย 40%เกลือแคลเซียมไนเตรทเกิดจากการมีผลึกเกลือเข้าไปฝังอยู่ในเนื้อยาง จึงส่งผลให้มี%N₂สูง



ภาพที่ 1.4 ผลของสารโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ที่ปริมาณต่างๆ เมื่อจับตัวน้ำยางด้วยแอลกอฮอล์และเกลือแคลเซียมไนเตรทต่อปริมาณไนโตรเจน (%N₂)

ข. ผลของสารโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ ที่ปริมาณต่างๆ เมื่อจับตัวน้ำยางด้วย แอลกอฮอล์ และเกลือแคลเซียมไนเตรท ต่อปริมาณเจล (%Gel)

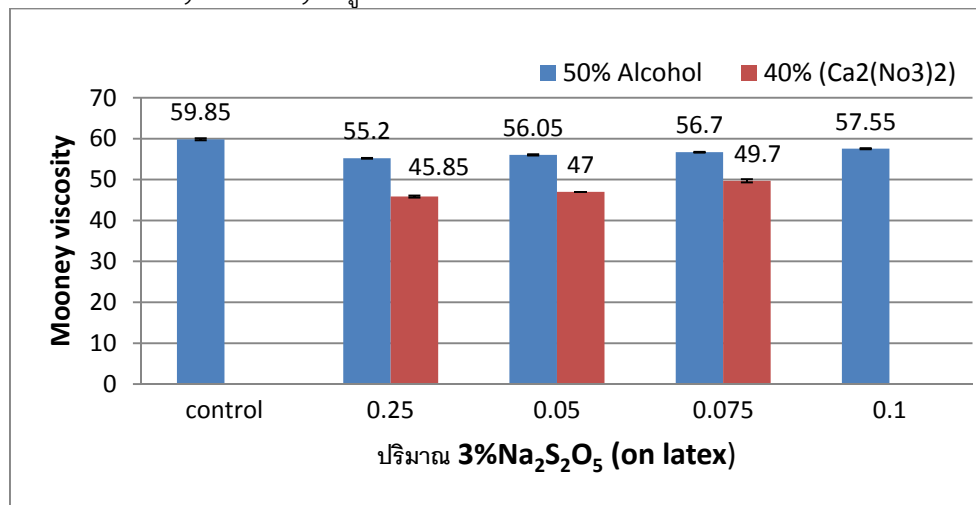
จากภาพที่ 1.5 สังเกตเห็นว่า การเติม 3%โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ ที่ปริมาณ 0.025, 0.05, 0.075 และ 0.1% On latex ให้ %Gel ที่ต่างกัน โดยพบว่าปริมาณสาร 3%โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ ที่เพิ่มขึ้น ทำให้ %Gel เพิ่มขึ้น ทั้งที่การจับตัวด้วย 50% แอลกอฮอล์ และ 40% เกลือแคลเซียมไนเตรท เพราะว่าโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ เป็นสารฟอกสีซึ่งไม่ช่วยในเรื่องของการลด %Gel และเมื่อเปรียบเทียบการจับตัวด้วย 50% แอลกอฮอล์ และ 40% เกลือแคลเซียมไนเตรท โดยพบว่า การจับตัวด้วย 50% แอลกอฮอล์ ให้ %Gel ที่ดีกว่า ซึ่งต่ำกว่า การจับตัวด้วย 40% เกลือแคลเซียมไนเตรทเพราะการจับตัวด้วย 40% เกลือแคลเซียมไนเตรทเกิดจากการมีผลึกเกลือเข้าไปฝังอยู่ในเนื้อยาง จึงส่งผลให้มี %Gel ที่สูงและปริมาณเจลที่ได้มากกว่า 4% ไม่ผ่านเกณฑ์อาจเป็นเพราะยางที่นำมาทดสอบนั้นเป็นน้ำยาง ช่วงใกล้ฤดูปิดกรีด ปริมาณแมกนีเซียมเกิน 200 ppm เพราะปกติใช้ในปริมาณร้อยละ 0.05ต่อน้ำหนักน้ำยาง ปริมาณเจลที่ได้ผ่านตามเกณฑ์



ภาพที่ 1.5 ผลของสารโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ ที่ปริมาณต่างๆ เมื่อจับตัวน้ำยางด้วยแอลกอฮอล์ และ เกลือแคลเซียมไนเตรทต่อปริมาณเจล (%Gel)

ค. ผลของสารโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ ที่ปริมาณต่างๆ เมื่อจับตัวน้ำยางด้วย แอลกอฮอล์ และ กลีโกล์เคลเซียมไนเตรท ต่อ Mooney Viscosity

จากภาพที่ 1.6 สังเกตเห็นว่า การเติม 3% โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ ที่ปริมาณ 0.025, 0.05, 0.075 และ 0.1 % On latex ให้ Mooney Viscosity ที่ต่างกัน โดยพบว่าปริมาณสาร 3% โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ ที่เพิ่มขึ้น ทำให้ Mooney Viscosity เพิ่มมากขึ้น ทั้งที่การจับตัวด้วย 50% แอลกอฮอล์ และ 40% กลีโกล์เคลเซียมไนเตรท เพราะว่าโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ เป็นสารฟอกสีซึ่งไม่ช่วยในเรื่องของการลด Mooney Viscosity และเมื่อเปรียบเทียบการจับตัวด้วย 50% แอลกอฮอล์ และ 40% กลีโกล์เคลเซียมไนเตรท โดยพบว่า การจับตัวด้วย 50% แอลกอฮอล์ ให้ Mooney Viscosity ที่ดีกว่าซึ่งต่ำกว่า การจับตัวด้วย 40% กลีโกล์เคลเซียมไนเตรท เพราะการจับตัวด้วย 40% กลีโกล์เคลเซียมไนเตรทเกิดจากการมีผลึกเกลือเข้าไปฝังอยู่ในเนื้อยาง จึงส่งผลให้มี Mooney Viscosity ที่สูง



ภาพที่ 1.6 ผลของสาร โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ ที่ปริมาณต่างๆ เมื่อจับตัวน้ำยางด้วยแอลกอฮอล์ และ กลีโกล์เคลเซียมไนเตรทต่อ Mooney Viscosity

1.1.3 ศึกษาสาร Protease ที่ปริมาณต่างๆเมื่อจับตัวน้ำยางด้วย แอลกอฮอล์ และกลีโกล์เคลเซียมไนเตรทต่อสมบัติพื้นฐานยางดิบ

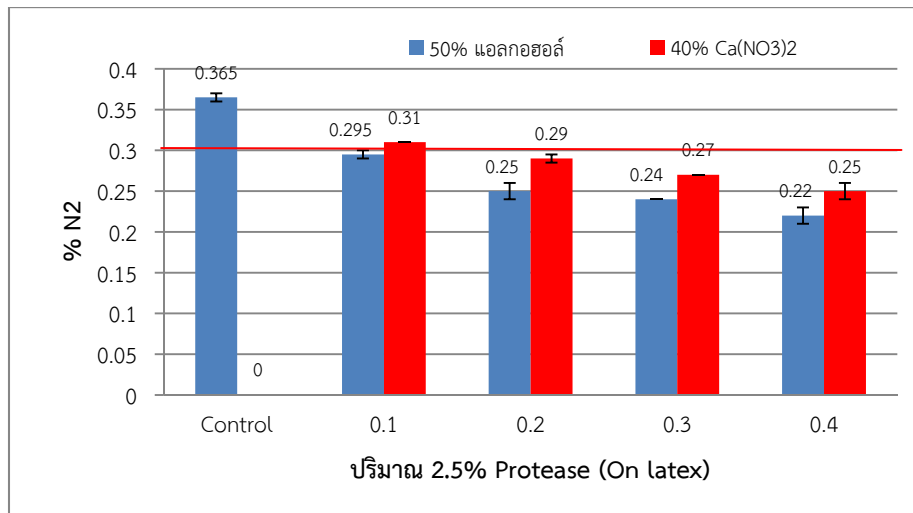
นำน้ำยางธรรมชาติมา 15 kg (DRC = 38.56) ใส่สารเคมี โดยเริ่มจากใส่สารละลาย 3% Na₂S₂O₅ 0.05 % on latex , 10% SDS 1 % on latex , 2.5% Protease ซึ่งแปรปริมาณสารเป็น 0.1, 0.2, 0.3 และ 0.4 % on latex, และ 20 % HAS 0.4 % on latex ตามลำดับ ทำการกวนน้ำยางกับสารเคมี ให้เข้ากันเป็นระยะเวลา 9 ชั่วโมง เมื่อครบตามระยะเวลาที่กำหนด จับตัวด้วย 50% เอทิลแอลกอฮอล์และ 40% กลีโกล์เคลเซียมไนเตรทจนน้ำยางจับตัวหมด หลังจากนั้นนำแผ่นยางไปล้างน้ำให้สะอาด ผึ่งไว้ให้สะเด็ดน้ำ อบที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส แล้วจึงนำไปทดสอบสมบัติพื้นฐานยางดิบได้แก่ Nitrogen contents ตามมาตรฐาน ASTM D 3533-90, Mooney Viscosity ตามมาตรฐาน ISO R 289-1963 และ ASTM D 1646-94, Gel contents ตามมาตรฐาน ISO/CD 2001 ได้ผลการทดลองดังตารางที่ 1.4 และภาพที่ 1.7-1.9

ตารางที่ 1.4 ผลของปริมาณสาร Protease ที่จับตัวน้ำยางด้วย แอลกอฮอล์ และ เกลือแคลเซียมไนเตรทต่อ Nitrogen contents, Gel contents และ Mooney Viscosity

สมบัติพื้นฐาน ยางดิบ	ปริมาณสาร 2.5%Protease (% on latex)	ผลการทดลอง		
		control	50% Alcohol	40% Ca(NO ₃) ₂
Nitrogen contents (%)	control	0.365±0.005		
	0.1		0.295±0.005	0.31±0.00
	0.2		0.25±0.01	0.29±0.005
	0.3		0.24±0.00	0.27±0.00
	0.4		0.22±0.01	0.25±0.01
Gel contents (%)	control	8.58±0.01		
	0.1		3.84±0.00	4.82±0.09
	0.2		3.73±0.015	4.45±0.22
	0.3		3.55±0.15	4.08±0.05
	0.4		3.27±0.02	3.82±0.01
Mooney Viscosity	control	59.7±0.6		
	0.1		56.6±0.50	53.8±0.1
	0.2		55.3±0.3	51.2±0.30
	0.3		54.3±0.20	49.7±0.2
	0.4		53.55±0.05	48.05±0.55

ก. ผลของปริมาณสาร Protease ที่จับตัวน้ำยางด้วย แอลกอฮอล์ และเกลือแคลเซียมไนเตรท ต่อปริมาณไนโตรเจน (%N₂)

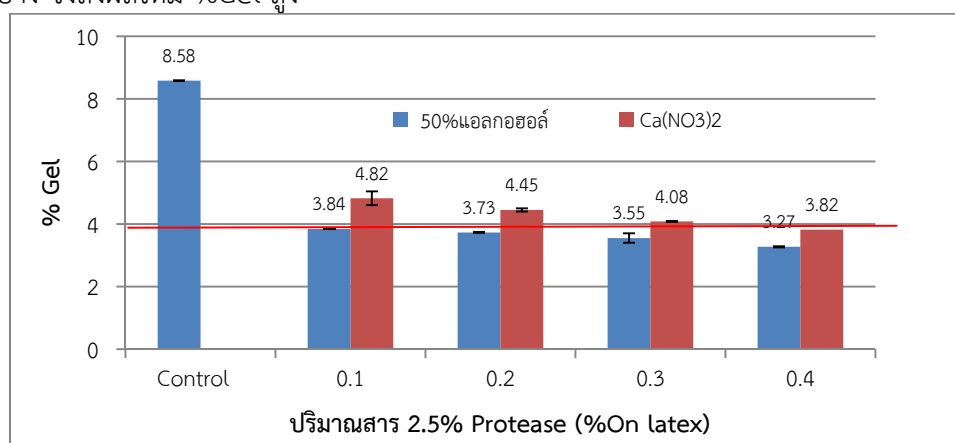
จากภาพที่ 1.7 สังเกตเห็นว่า การเติมสาร 2.5% Protease ที่ปริมาณ 0.1, 0.2, 0.3 และ 0.4% On latex ให้ %N₂ ที่ต่างกัน โดยพบว่าปริมาณสาร 2.5% Protease ที่เพิ่มขึ้น ทำให้ %N₂ มีปริมาณต่ำลง ทั้งที่การจับตัวด้วย 50% แอลกอฮอล์ และ 40% เกลือแคลเซียมไนเตรท เพราะเอนไซม์ Protease ทำหน้าที่เร่งปฏิกิริยาการไฮโดรไลซิสโปรตีน (Ichikawa, et. al, 1993) ส่งผลให้ %N₂ มีปริมาณต่ำ และเมื่อเปรียบเทียบการจับตัวด้วย 50% แอลกอฮอล์ และ 40% เกลือแคลเซียมไนเตรท พบว่าการจับตัวด้วย 50% แอลกอฮอล์ ให้ %N₂ ที่ต่ำกว่า การจับตัวด้วย 40% เกลือแคลเซียมไนเตรท เพราะการจับตัวด้วย 40% เกลือแคลเซียมไนเตรท เกิดจากการมีผลึกเกลือเข้าไปฝังอยู่ในเนื้อยาง จึงส่งผลให้มี %N₂ สูง



ภาพที่ 1.7 ผลของปริมาณสาร Protease ที่จับตัวน้ำยางด้วยแอลกอฮอล์ และเกลือแคลเซียมไนเตรทต่อปริมาณไนโตรเจน (%N2)

ข. ผลของปริมาณสาร Protease ที่จับตัวน้ำยางด้วยแอลกอฮอล์ และ เกลือแคลเซียมไนเตรทต่อปริมาณเจล (%Gel)

จากภาพที่ 1.8 สังเกตเห็นว่า การเติมสาร 2.5% Protease ที่ปริมาณ 0.1, 0.2, 0.3 และ 0.4 % On latex ให้ %Gel ที่ต่างกัน โดยพบว่าปริมาณสาร 2.5% Protease ที่เพิ่มขึ้นทำให้ %Gel มีปริมาณต่ำลง ทั้งที่การจับตัวด้วย 50% แอลกอฮอล์ และ 40% เกลือแคลเซียมไนเตรท เพราะเอนไซม์ Protease ทำหน้าที่เร่งปฏิกิริยาการไฮโดรไลซ์โปรตีน ส่งผลให้เกิดปฏิกิริยาการขัดขวางไม่ให้เกิดการเชื่อมโยงพันธะระหว่างไฮโดรเจนของส่วนโปรตีนกับส่วนที่เป็นฟอสโฟลิปิด (Tanaka, 2001) ทำให้ %Gel ที่ได้มีปริมาณต่ำและเมื่อเปรียบเทียบการจับตัวด้วย 50% แอลกอฮอล์ และ 40% เกลือแคลเซียมไนเตรท พบว่าการจับตัวด้วย 50% แอลกอฮอล์ ให้ %Gel ที่ดีกว่าซึ่งมีปริมาณต่ำกว่า การจับตัวด้วย 40% เกลือแคลเซียมไนเตรท เพราะการจับตัวด้วย 40% เกลือแคลเซียมไนเตรท เกิดจากการมีผลึกเกลือเข้าไปฝังอยู่ในเนื้อยาง จึงส่งผลให้มี %Gel สูง

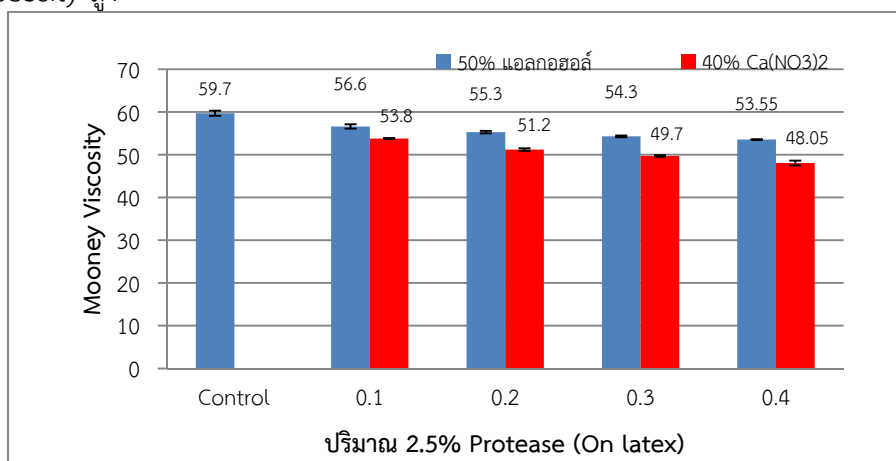


ภาพที่ 1.8 ผลของปริมาณสาร Protease ที่จับตัวน้ำยางด้วย แอลกอฮอล์ และ เกลือแคลเซียมไนเตรทต่อปริมาณเจล (%Gel)

ค. ผลของปริมาณสาร Protease ที่จับตัวน้ำยางด้วยแอลกอฮอล์ และ เกลือแคลเซียม

ในเตรท ต่อ Mooney Viscosity

จากภาพที่ 1.9 สังเกตเห็นว่า การเติมสาร 2.5% Protease ที่ปริมาณ 0.1, 0.2, 0.3 และ 0.4 % On latex ให้ Mooney Viscosity ที่ต่างกัน โดยพบว่าปริมาณสาร 2.5% Protease ที่เพิ่มขึ้นทำให้ Mooney Viscosity ต่ำลง ทั้งที่การจับตัวด้วย 50% แอลกอฮอล์ และ 40% เกลือแคลเซียมในเตรท เพราะ เอนไซม์ Protease ไปลดปริมาณโปรตีนในน้ำยางทำให้การเชื่อมโยงพันธะในสายโซ่โมเลกุลยางลดลง อีกทั้ง การเติมสาร HAS เป็นสารควบคุมความหนืด ลงไปทำปฏิกิริยากับอนุกรมหมู่อัลดีไฮด์ เพื่อป้องกันการเกิดพันธะไฮโดรเจนระหว่างโครงสร้างโมเลกุลยาง ที่เป็นสาเหตุให้ความหนืดเพิ่ม ส่งผลให้ Mooney Viscosity จึงลดลง และเมื่อเปรียบเทียบการจับตัวด้วย 50% แอลกอฮอล์ และ 40% เกลือแคลเซียมในเตรท พบว่าการจับตัวด้วย 50% แอลกอฮอล์ ให้ %Gel ที่ดีกว่าซึ่งมีปริมาณต่ำกว่า การจับตัวด้วย 40% เกลือแคลเซียมในเตรท เพราะ การจับตัวด้วย 40% เกลือแคลเซียมในเตรท อาจเกิดจากการมีผลึกเกลือเข้าไปฝังอยู่ในเนื้อยาง จึงส่งผลให้มี Mooney Viscosity สูง



ภาพที่ 1.9 ผลของปริมาณสาร Protease ที่จับตัวน้ำยางด้วย แอลกอฮอล์ และ เกลือแคลเซียมในเตรทต่อ Mooney Viscosity

1.1.4 ศึกษาสารHydropersethที่ปริมาณต่างๆต่อสมบัติพื้นฐานยางดิบ

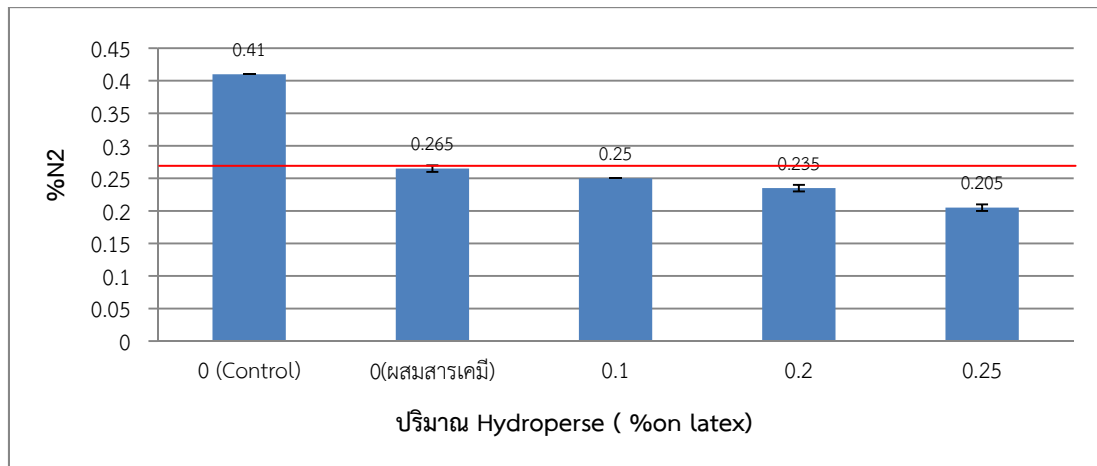
นำน้ำยางธรรมชาติมา 15 kg (DRC = 37.03) ใส่สารเคมี โดยเริ่มจากใส่สารละลาย 3% Na₂S₂O₅ 0.05 on latex, 10% SDS 1 % on latex, 2.5% Protease 0.2 % on latex, และ 20 % HAS 0.4 % on latex ตามลำดับ กวนน้ำยางกับสารเคมีให้เข้ากันเป็นระยะเวลา 8 ชั่วโมง 30 นาที หลังจากนั้น ใส่ 50% Hydroperseth ซึ่งแปรปริมาณเป็น 0, 0.1, 0.2, และ 0.25 % on latex กวนต่อจนครบ 9 ชั่วโมง เมื่อครบตามระยะเวลาที่กำหนด จับตัวด้วย 50% เอทิลแอลกอฮอล์จนน้ำยางจับตัวหมด หลังจากนั้น นำแผ่นยางไปล้างน้ำให้สะอาด ผึ่งไว้ให้สะเด็ดน้ำ อบที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส แล้วจึงนำไปทดสอบสมบัติพื้นฐานยางดิบ ได้แก่ Nitrogen contents ตามมาตรฐาน ASTM D 3533-90, Mooney Viscosity ตามมาตรฐาน ISO R 289-1963 และ ASTM D 1646-94, Gel contents ตามมาตรฐาน ISO/CD 2001 และ ได้ผลการทดลองดังตารางที่ 1.5 และภาพที่ 1.10-1.12

ตารางที่ 1.5 ผลของปริมาณสาร Hydroparseต่อNitrogen contents, Gel contents และ Mooney

สมบัติพื้นฐานยางดิบ	ปริมาณสาร HydroparseP50 (% on latex)	ผลการทดลอง	
		control	50% Alcohol
Nitrogen contents (%)	Control	0.41±0.02	
	0		0.265±0.003
	0.1		0.25±0.02
	0.2		0.235±0.003
	0.25		0.205±0.005
Gel contents (%)	Control	6.46±0.03	
	0		3.00±0.06
	0.1		2.94±0.02
	0.2		2.40±0.18
	0.25		2.36±0.23
Mooney Viscosity	Control	60.9±0.3	
	0		57.35±0.05
	0.1		56.60±0.20
	0.2		55.20±0.25
	0.25		51.45±0.25

ก. ผลของปริมาณสาร Hydroparseต่อปริมาณไนโตรเจน(%N2)

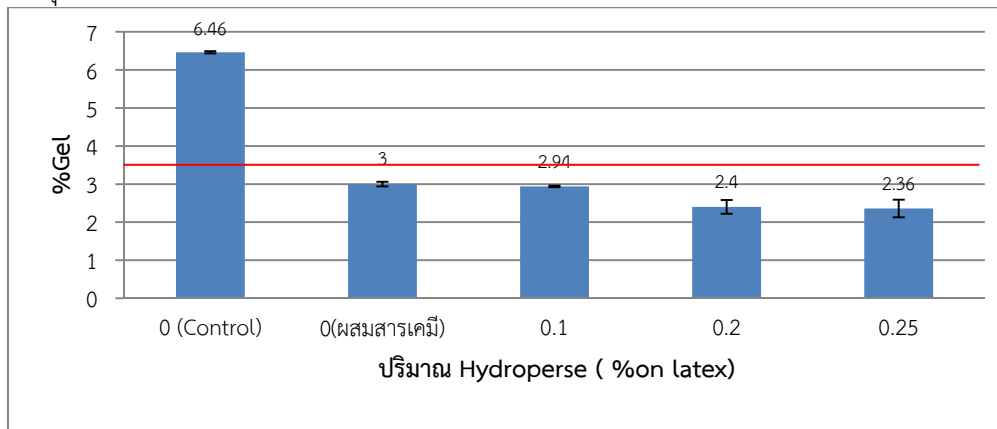
จากภาพที่ 1.10 สังเกตเห็นว่า น้ำยางสดที่ไม่เติมสารเคมี มี%N2เท่ากับ 0.41±0.00เมื่อใส่ เอนไซม์ Protease ลงไป ทำให้%N2ลดลง เนื่องจากเอนไซม์ Protease ทำหน้าที่เร่งปฏิกิริยาการไฮโดรไลซ์โปรตีน ส่งผลให้%N2ลดลง และเมื่อเติมสาร 50% Hydroparseที่ปริมาณ 0.1, 0.2และ 0.25 % on latex ให้ %N2 ที่ต่างกัน โดยพบว่าปริมาณสาร 50% Hydroparseที่เพิ่มขึ้น ทำให้ %N2 มีปริมาณต่ำลง แสดงว่าสาร Hydroparse P50 มีส่วนทำให้ %N2ลดลงได้เมื่อเทียบกับไม่ใส่ โดยอาจไปเร่งทำให้เอนไซม์ Protease ทำงานมีประสิทธิภาพมากขึ้น



ภาพที่ 1.10 ผลของปริมาณสารHydroperseต่อปริมาณไนโตรเจน (%N2)

ข. ผลของปริมาณสาร Hydroperseต่อปริมาณเจล (%Gel)

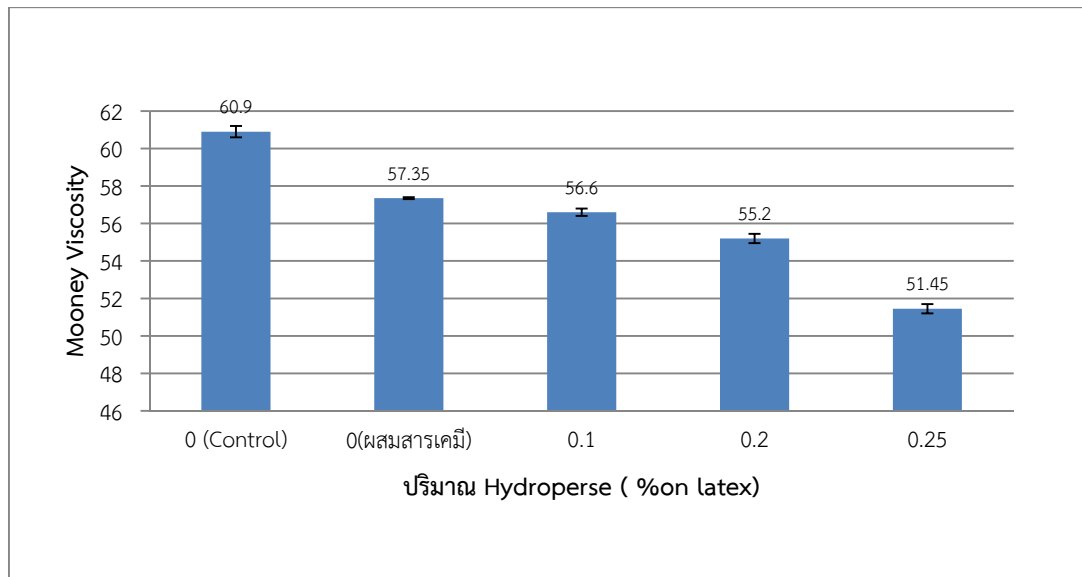
จากภาพที่ 1.11สังเกตเห็นว่า น้ำยางสดที่ไม่เติมสารเคมี มี%Gel เท่ากับ 6.46 ± 0.03 เมื่อใส่เอนไซม์ Protease ลงไป ทำให้%Gel ลดลง เนื่องจากเอนไซม์ Protease ทำหน้าที่เร่งปฏิกิริยาการไฮโดรไลซ์โปรตีน ส่งผลให้การเชื่อมโยงพันธะของสายโซ่โมเลกุลยางลดลงและเมื่อเติมสาร 50% Hydroperse ที่ปริมาณ 0.1, 0.2 และ 0.25 % on latex ให้ %Gel ที่ต่างกัน โดยพบว่าปริมาณสาร 50% Hydroperse ที่เพิ่มขึ้น ทำให้ %Gel มีปริมาณต่ำลงเนื่องจากสาร Hydroperse P50 ไปตัดสายโซ่โมเลกุลของยางทำให้น้ำหนักโมเลกุลลดลงจึง ทำให้%Gel ลดลง



ภาพที่ 1.11 ผลของปริมาณสารHydroperseต่อ ปริมาณเจล (%Gel)

ค. ผลของปริมาณสาร Hydroperseต่อความหนืดมูนนี่ (Mooney Viscosity)

จากภาพที่ 1.12สังเกตเห็นว่า น้ำยางสดที่ไม่เติมสารเคมี มีMooney Viscosity เท่ากับ 60.90 ± 0.30 เมื่อใส่เอนไซม์ Protease ลงไป ทำให้Mooney Viscosity ลดลง เนื่องจากเอนไซม์ Protease ทำหน้าที่เร่งปฏิกิริยาการไฮโดรไลซ์โปรตีน ส่งผลให้การเชื่อมโยงพันธะของสายโซ่โมเลกุลยางลดลงและเมื่อเติมสาร 50% Hydroperse ที่ปริมาณ 0.1, 0.2 และ 0.25 % on latex ให้ Mooney Viscosity ที่ต่างกัน โดยพบว่าปริมาณสาร 50% Hydroperse ที่เพิ่มขึ้น ทำให้ Mooney Viscosity ต่ำลงเนื่องจากสาร Hydroperse P50 ไปตัดสายโซ่โมเลกุลของยาง ทำให้น้ำหนักโมเลกุลลดลงจึงมีผลทำให้Mooney Viscosity ลดลง



ภาพที่ 1.12 ผลของปริมาณสารHydroparseต่อ Mooney Viscosity

1.1.5 ศึกษาปริมาณสารSodium Dodecyl Sulfate (SDS) ต่อสมบัติพื้นฐานยางดิบ

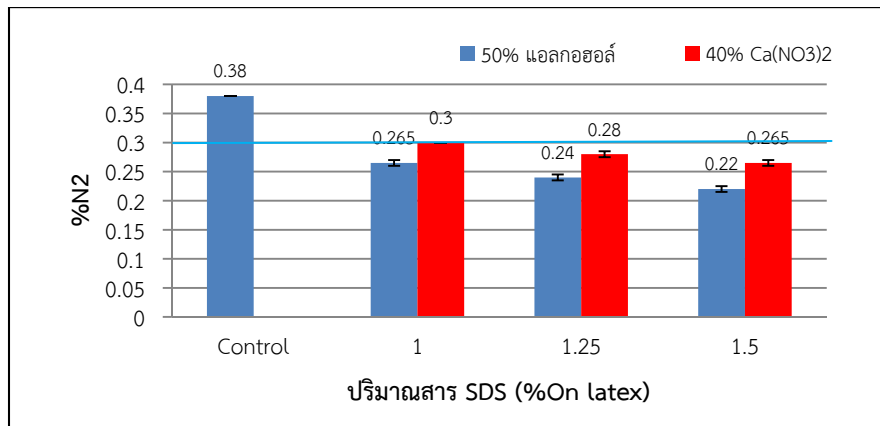
นำน้ำยางธรรมชาติมา 12 kg (DRC = 40.01) ใส่สารเคมี โดยเริ่มจากใส่สารละลาย 3% $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ 0.05% on latex, 10% SDS ซึ่งแปรปริมาณเป็น 1, 1.25 และ 1.50% on latex, 2.5% Protease 0.2 % on latex, และ 20 % HAS 0.4 % on latex ตามลำดับ ทำการกวนน้ำยางกับสารเคมีให้เข้ากันเป็นระยะเวลา 9 ชั่วโมง เมื่อครบตามระยะเวลาที่กำหนด นำน้ำยางใส่ในตะก่ง โดยแต่ละสูตร จับตัวด้วย 50% เอทิลแอลกอฮอล์และ 40% เกลือแคลเซียมไนเตรท จนน้ำยางจับตัวหมด หลังจากนั้นนำแผ่นยางไปล้างน้ำให้สะอาด ผึ่งไว้ให้สะเด็ดน้ำ อบที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส แล้วจึงนำไปทดสอบสมบัติพื้นฐานยางดิบ ได้แก่ Nitrogen contents ตามมาตรฐาน ASTM D 3533-90, Mooney Viscosity ตามมาตรฐาน ISO R 289-1963 และ ASTM D 1646-94, Gel contents ตามมาตรฐาน ISO/CD 2001 และได้ผลการทดลองดังตารางที่ 1.6 และภาพที่ 1.13-1.15

ตารางที่ 1.6 ผลของปริมาณสาร Sodium Dodecyl Sulfate (SDS) ต่อ Nitrogen contents, Gel contents และ Mooney Viscosity

สมบัติยางดิบ	ปริมาณ 10% SDS (On latex)	Conditions		
		control	จับตัวด้วย Alcohol บ่ม 24 ชั่วโมง	จับตัวด้วยเกลือแคลเซียมไนเตรทบ่ม 24 ชั่วโมง
Nitrogen contents (%)	Control	0.38±0.00		
	1		0.265±0.005	0.30±0.00
	1.25		0.24±0.005	0.28±0.005
	1.5		0.22±0.005	0.265±0.005
Gel contents (%)	Control	8.33±0.005		
	1		3.92±0.003	5.03±0.05
	1.25		3.63±0.006	4.75±0.05
	1.5		3.37±0.02	4.36±0.009
Mooney Viscosity	Control	57.5±0.5		
	1		52.70±0.20	51.2±0.30
	1.25		51.75±0.25	50.9±0.20
	1.5		50.3±0.2	49.2±0.10

ก. ผลของปริมาณสาร Sodium Dodecyl Sulfate (SDS) ต่อปริมาณไนโตรเจน (%N₂)

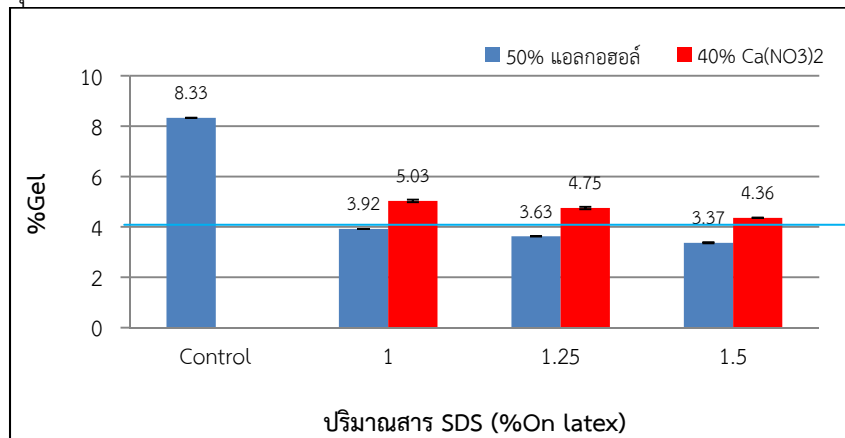
จากภาพที่ 1.13 สังเกตเห็นว่า การเติม 10% SDS ที่ปริมาณ 1, 1.25 และ 1.50% On latex ให้ %N₂ ที่ต่างกัน โดยพบว่าปริมาณสาร 10% SDS ที่เพิ่มขึ้น ทำให้ %N₂ มีปริมาณต่ำลง ไม่ว่าสารจับตัวเป็น แอลกอฮอล์หรือเกลือแคลเซียม แต่เกลือแคลเซียมแสดงปริมาณไนโตรเจนสูงกว่าที่ SDS เท่ากัน เพราะว่า 10% SDS เป็นสารที่ไฮโดรโพรตีน (Konrad, I., et.al, 1990) เนื่องจาก SDS ทำหน้าที่ทำลายพันธะของ โพรตีน (noncovalent) ทำให้โพรตีนเปลี่ยนภาพจาก unfold ไปเป็น rod-like จึงหมดประสิทธิภาพ ดังนั้นทำให้ปริมาณไนโตรเจนลดลง เพราะโพรตีนประกอบด้วยหมู่ อะมิโน ซึ่งมี ไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ เมื่อโพรตีนถูกทำลายจึงส่งผลให้ %N₂ มีปริมาณต่ำ



ภาพที่ 1.13 ผลของปริมาณสาร Sodium Dodecyl Sulfate (SDS) ต่อปริมาณไนโตรเจน (%N2)

ข. ผลของปริมาณสาร Sodium Dodecyl Sulfate (SDS) ต่อปริมาณเจล (%Gel)

จากภาพที่ 1.14 สังเกตเห็นว่า การเติม 10% SDS ที่ปริมาณ 1, 1.25 และ 1.50% น้ำหนัก น้ำยางทำให้เกิด %Gel ที่ต่างกัน โดยพบว่าปริมาณสาร 10% SDS ที่เพิ่มขึ้นทำให้ %Gel มีปริมาณต่ำลง เพราะว่า 10% SDS เป็นสารที่สามารถลดโปรตีนในยางได้ตามที่อธิบายข้างต้นจึงทำให้เกิดปฏิกิริยาการ ขัดขวางไม่ให้เกิดการเชื่อมโยงพันธะระหว่างไฮโดรเจนของส่วนโปรตีนกับส่วนที่เป็นฟอสโฟลิปิด (Tanaka, 2001 and Konrad, et.al., 1990) ส่งผลให้ %Gel มีปริมาณต่ำและเป็นในทำนองเดียวกันการ จับตัวด้วยเกลือแคลเซียมไนเตรทให้ปริมาณเจลสูงกว่าแอลกอฮอล์ นอกจากนั้นผลที่ได้สูงกว่าที่เกณฑ์ กำหนด คือเกินร้อยละ 4 ทั้งที่การทดลองที่ผ่านมการใช้ 10% SDS ที่ปริมาณ 1% ต่อน้ำหนักน้ำยาง สามารถควบคุมปริมาณเจลให้ได้ไม่เกินร้อยละ 4



ภาพที่ 1.14 ผลของปริมาณสาร Sodium Dodecyl Sulfate (SDS) ต่อปริมาณเจล (%Gel)

เนื่องจากการทดลองข้างต้นใช้น้ำยางธรรมชาติที่มี DRC = 40.01 การใส่ SDS ในปริมาณต่อน้ำยางอาจไม่ เพียงพอ เมื่อจับตัวด้วยเกลือแคลเซียมในการนี้จึงได้ทดลองซ้ำโดยใช้น้ำยางสดที่มี %DRC เท่ากับ 37.59 ใส่ สารเคมีต่างๆ ในปริมาณที่คิดเป็นร้อยละ ของเนื้อยางแห้งโดยแปรปริมาณสาร SDS ตั้งแต่ 1.5-2.92% โดย 2.92% เทียบเท่า 1% on latex กระบวนการเตรียมยางเหมือนเดิมที่เคยปฏิบัติ ได้ผลตามตารางที่ 1.7

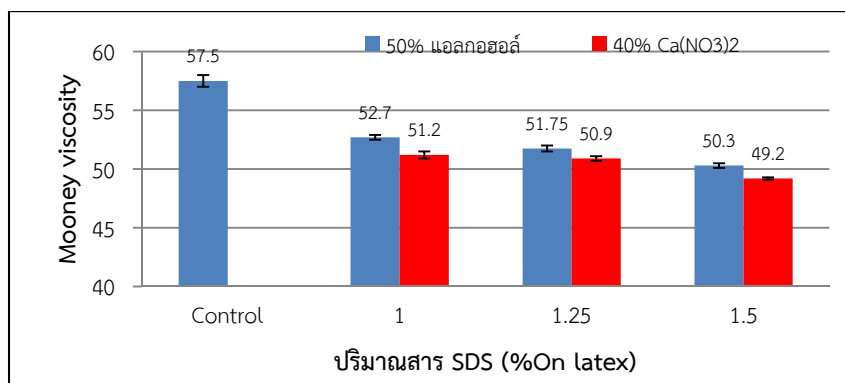
ตารางที่ 1.7 ผลของปริมาณสาร Sodium Dodecyl Sulfate (SDS) on DRC ต่อสมบัติพื้นฐานยางดิบ

ส่วนผสม (%on DRC)	control	สูตร 1	สูตร 2	สูตร 3	สูตร 4
น้ำยางสด (%DRC=37.59)	100	100	100	100	100
3%Na ₂ S ₂ O ₅		0.12	0.12	0.12	0.12
10%SDS		1.5	2	2.5	2.92
2.5%Protease		0.59	0.59	0.59	0.59
20%HAS		0.94	0.94	0.94	0.94
ระยะเวลาทวน (ชั่วโมง)		9			
จับตัวน้ำยางด้วย	50% แอลกอฮอล์	40% Ca(NO ₃) ₂			
ระยะเวลาในการจับตัว (ชั่วโมง)	จับทันที	6 ชั่วโมง	8 ชั่วโมง	10 ชั่วโมง	12 ชั่วโมง
อุณหภูมิอบ (°C)	90				
ML(1+4,100°C)	59.5±0.5	57.25±0.15	56.7±0.00	55.80±0.10	54.7±0.20
%N ₂	0.405±0.005	0.35±0.00	0.335±0.005	0.285±0.005	0.255±0.005
%Gel	8.53±0.02	5.50±0.04	4.90±0.05	4.49±0.02	3.96±0.03

จากตารางที่ 1.7 เป็นการยืนยันได้ว่า เมื่อปริมาณ SDS เพิ่มขึ้นความหนืดมูนนี้ ปริมาณไนโตรเจน และปริมาณเจลที่ได้นั้น ลดลงตามปริมาณที่เพิ่ม และปริมาณ SDS ที่ใช้ต้องไม่ต่ำกว่า 2.92% on DRC เพื่อให้เจลผ่านตามเกณฑ์ที่กำหนดเมื่อจับตัวด้วยเกลือแคลเซียมไนเตรทนอกจากนั้นเมื่อใช้ SDS เพิ่มขึ้นทำให้เวลาที่ใช้ในการจับตัวนานมากขึ้นด้วย เนื่องจากสาร SDS เพิ่มขึ้นเป็นสารเพิ่มความเสถียรแก่น้ำยาง

ค. ผลของปริมาณสาร Sodium Dodecyl Sulfate (SDS) ต่อ Mooney Viscosity

จากภาพที่ 1.15 สังเกตเห็นว่า การเติม 10% Sodium Dodecyl Sulfate (SDS) ที่ปริมาณ 1, 1.25 และ 1.50% On latex ให้ Mooney Viscosity ที่ต่างกัน โดยพบว่าปริมาณสาร 10% Sodium Dodecyl Sulfate (SDS) ที่เพิ่มขึ้น ทำให้ Mooney Viscosity ต่ำลง เพราะว่า 10% Sodium Dodecyl Sulfate (SDS) เป็นสารลดแรงตึงผิวที่สามารถลดโปรตีนในยางได้ยังทำให้การเชื่อมโยงพันธะในสายโซ่โมเลกุลยางลดลง จึงทำให้ Mooney Viscosity ของยางลดลงเรื่อยๆ อีกทั้งการเติมสาร HAS เป็นสารควบคุมความหนืดลงไปทำปฏิกิริยากับอนุมูลไฮดรอกซิล ส่งผลให้ Mooney Viscosity จึงลดลงเรื่อยๆ เมื่อสาร 10% Sodium Dodecyl Sulfate (SDS) เพิ่มขึ้น ซึ่งการเติม สาร HAS เพื่อป้องกันการเกิดพันธะไฮโดรเจนระหว่างโครงสร้างโมเลกุลยาง ที่เป็นสาเหตุให้ความหนืดเพิ่มส่งผลให้ Mooney Viscosity ต่ำ



ภาพที่ 1.15 ผลของปริมาณสาร Sodium Dodecyl Sulfate (SDS) ต่อ Mooney Viscosity

1.1.6 ศึกษาผลของฤดูกาลต่อสมบัติพื้นฐานยางดิบ

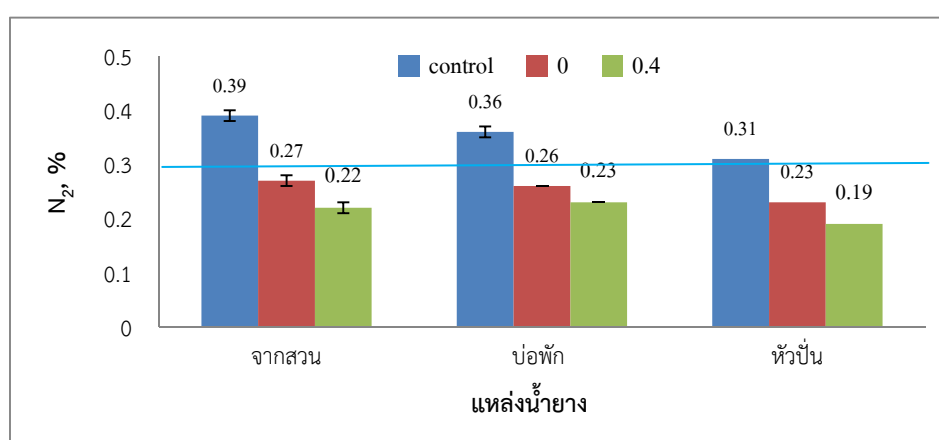
นำน้ำยางสดที่ใกล้ฤดูปิดกรีตซึ่งมี ปริมาณ Mg สูง >200 ppm มาเปรียบเทียบกับน้ำยางสดในบ่อพักแมกนีเซียมและที่หัวปั่นเครื่องเซนตริฟิวจ์ที่มีการขจัดเอา Mg ออกด้วยการตกตะกอน อย่างละ 9 กิโลกรัม โดยแบ่งน้ำยางไว้เป็นตัว control ที่เหลือนำไปใส่สารละลาย 3% Na₂S₂O₅ 0.05 % on latex, 10% SDS 1 % on latex, 2.5% Protease 0.2 % on latex, 20 % HAS 0.4 % on latex และ 50% Hydropers P50 ปริมาณ 0 และ 0.4 % on latex ตามลำดับ จากนั้นกวนน้ำยางกับสารเคมีเป็นระยะเวลา 9 ชั่วโมง เมื่อครบตามระยะเวลาที่กำหนด นำน้ำยาง จับตัวด้วย 50% เอทิลแอลกอฮอล์ จนน้ำยางจับตัวหมด จึงเทยางออกมารีดให้เป็นแผ่นยางบางตลอดทั่วทั้งแผ่น นำแผ่นยางไปล้างน้ำให้สะอาด ผึ่งไว้ให้สะเด็ดน้ำอบที่อุณหภูมิ 90 °C แล้วจึงนำไปวัดสมบัติของยางดิบ ได้แก่ Nitrogen contents ตามมาตรฐาน ASTM D 3533-90, Mooney viscosity ตามมาตรฐาน ASTM D 1646-94 และ ISO R 289-1963, Gel contents ตามมาตรฐาน ISO/CD 2001 ได้ผลการทดลองดังตารางที่ 1.8 และภาพที่ 1.16-1.18

ตารางที่ 1.8 ผลของแหล่งน้ำยาง ต่อ Nitrogen contents, Gel contents และ Mooney viscosity

สมบัติยางดิบ	Hydropers P 50 (% on latex)	Condition		
		ปกติ	บ่อพัก	หัวปั่น
Nitrogen contents (%)	control	0.39±0.01	0.36±0.01	0.31±0.01
	0.0	0.27±0.01	0.26±0.00	0.23±0.00
	0.4	0.22±0.01	0.23±0.00	0.19±0.01
Mooney Viscosity	control	58.70±0.50	57.10±0.20	49.70±0.40
	0.0	52.15±0.05	51.05±0.15	48.85±0.05
	0.4	46.30±0.10	45.45±0.15	47.45±0.15
Gel contents (%)	control	10.40±0.15	3.84±0.00	3.56±0.04
	0.0	6.86±0.10	3.62±0.00	3.34±0.01
	0.4	6.38±0.21	3.61±0.10	3.18±0.04

ก. ผลของแหล่งน้ำยาง ต่อ ปริมาณไนโตรเจน (%N₂)

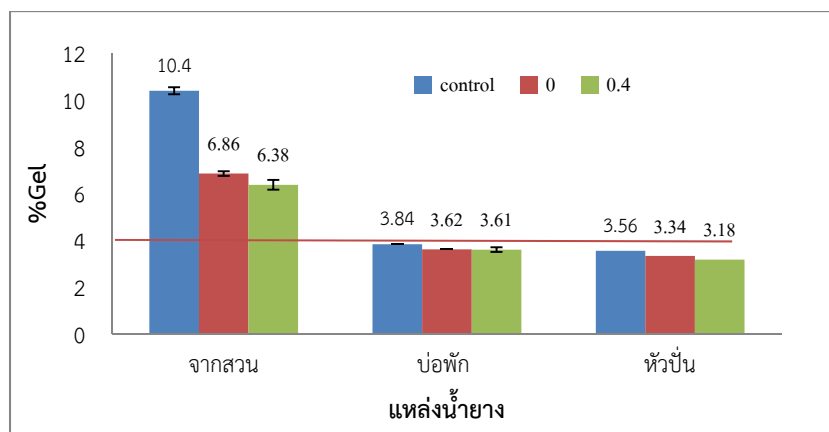
จากภาพที่ 1.16 สังเกตเห็นว่าน้ำยางในบ่อพักแมกนีเซียมมีปริมาณไนโตรเจนเท่ากับ 0.36 แต่น้ำยางจากหัวปั่นเครื่องเซนตริฟิวจ์ มีปริมาณไนโตรเจนเท่ากับ 0.31 ขณะที่น้ำยางสดจากสวนมีปริมาณไนโตรเจนเท่ากับ 0.39 เนื่องจากน้ำยางจากหัวปั่นเครื่องเซนตริฟิวจ์ได้มีการปั่นเหวี่ยงแยกโปรตีนออกไปแล้ว ทำให้น้ำยางจากหัวปั่นมีปริมาณไนโตรเจนต่ำกว่าที่บ่อพักแมกนีเซียม แต่อย่างไรก็ตามน้ำยางทั้งสองแหล่งยังมีซึ่งปริมาณไนโตรเจนสูงกว่าเกณฑ์ยางLoVเมื่อใส่เอนไซม์ Protease ลงไป พบว่าน้ำยางทั้งที่นำมาจากบ่อพักแมกนีเซียมและหัวปั่นเครื่องเซนตริฟิวจ์ปริมาณไนโตรเจนลดลง เนื่องจากเอนไซม์ Protease ปลอดภัยปริมาณโปรตีนในน้ำยาง ส่งผลให้ปริมาณไนโตรเจนลดลง และเมื่อเพิ่มปริมาณสาร Hydroporse P50 ลงไป ปริมาณไนโตรเจนของยางก็ยิ่งลดลง โดยน้ำยางจากหัวปั่นมีปริมาณไนโตรเจนต่ำกว่าน้ำยางจากบ่อพักแมกนีเซียม นอกจากนั้นเมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐานยางแท่ง LoV พบว่าน้ำยางที่นำมาจากบ่อพักแมกนีเซียมและหัวปั่นเครื่องเซนตริฟิวจ์ที่ใส่เอนไซม์ Protease ทั้งที่ใส่และไม่ใส่สาร Hydroporse P50 มีปริมาณไนโตรเจนต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้ต้องไม่เกิน 0.3%



ภาพที่ 1.16 ผลของแหล่งน้ำยาง ต่อ ปริมาณไนโตรเจน(%N₂)

ข. ผลของแหล่งน้ำยาง ต่อ ปริมาณเจล (%Gel)

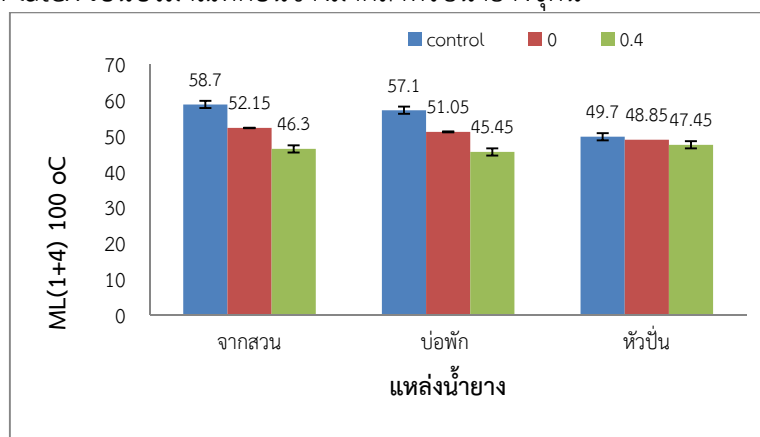
จากภาพที่ 1.17 สังเกตได้ว่าน้ำยางในบ่อพักแมกนีเซียมมีปริมาณเจลเท่ากับ 3.84 แต่น้ำยางจากหัวปั่นเครื่องเซนตริฟิวจ์มีปริมาณเจลเท่ากับ 3.56 ขณะที่น้ำยางสดจากสวนมีปริมาณเจลเท่ากับ 10.4 และถึงแม้ว่าได้ใส่สาร Hydroporse P50 มากถึง 0.4 ไม่สามารถลดปริมาณเจลให้ต่ำกว่าร้อยละ 4 ได้ ทั้งที่สามารถลดปริมาณเจลของน้ำยางที่บ่อพักและหัวปั่นได้ผ่านมาตรฐานยางแท่ง LoVเนื่องจากน้ำยางจากหัวปั่นเครื่องเซนตริฟิวจ์มีปริมาณไนโตรเจนต่ำกว่าที่บ่อพักแมกนีเซียม (ภาพที่ 1.16) ทำให้พันธะการเชื่อมโยงโมเลกุลลดลง และเมื่อใส่เอนไซม์ Protease ลงไป พบว่าน้ำยางทั้งที่นำมาจากบ่อพักแมกนีเซียมและหัวปั่นเครื่องเซนตริฟิวจ์ปริมาณเจลลดลง และเมื่อเพิ่มปริมาณสาร Hydroporse P50 ลงไป ปริมาณเจลของยางก็ยิ่งลดลง โดยน้ำยางจากหัวปั่นมีปริมาณเจลต่ำกว่าน้ำยางจากบ่อพักแมกนีเซียม นอกจากนั้นเมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐานยางแท่ง LoVพบว่าน้ำยางที่นำมาจากบ่อพักแมกนีเซียมและหัวปั่นเครื่องเซนตริฟิวจ์ที่ใส่เอนไซม์ Protease ทั้งที่ใส่และไม่ใส่สาร Hydroporse P50 มีปริมาณเจลต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้ต้องไม่เกิน 4% ทั้งนี้เนื่องจากยางทั้งสองแหล่งได้ทำการกำจัดแมกนีเซียมออกไปแล้ว อีกทั้งปริมาณไนโตรเจนยังต่ำอีก แสดงว่าฤดูกาลมีผลในการผลิตยาง LoV ในช่วงใกล้ปิดกรีตมีปริมาณ Mg สูง



ภาพที่ 1.17 ผลของแหล่งน้ำยาง ต่อ ปริมาณเจล (%Gel)

ค. ผลของแหล่งน้ำยาง ต่อ ความหนืดมูนิ

จากภาพที่ 1.18 สังเกตเห็นว่าน้ำยางจากสวน มีความหนืดมูนิเท่ากับ 58.70 และในบ่อพักแมกนีเซียมมีความหนืดมูนิเท่ากับ 57.10 แต่น้ำยางจากหัวป่นเครื่องเซนตริฟิวจ์มีความหนืดมูนิเท่ากับ 49.70 เนื่องจากน้ำยางจากหัวป่นเครื่องเซนตริฟิวจ์มีปริมาณโปรตีนต่ำกว่าน้ำยางจากบ่อพักแมกนีเซียม (ภาพที่ 1.16) ทำให้การเชื่อมโยงโมเลกุลของพันธะในสายโซ่โมเลกุลยางลดลงกว่าน้ำยางจากบ่อพักแมกนีเซียม เมื่อใส่เอนไซม์ Protease ลงไป พบว่าน้ำยางทั้งที่นำมาจากบ่อพักแมกนีเซียมและหัวป่นเครื่องเซนตริฟิวจ์มีความหนืดมูนิลดลง เนื่องจากเอนไซม์ Protease ปลอดภัยปริมาณโปรตีนในน้ำยาง และเมื่อเพิ่มปริมาณสาร Hydroperser P50 ลงไป ความหนืดมูนิของยางก็ยิ่งลดลง โดยน้ำยางจากหัวป่นมีความหนืดมูนิต่ำกว่าน้ำยางจากบ่อพักแมกนีเซียมและจากสวน ตามลำดับแต่อย่างไรก็ตาม ถึงแม้ว่าความหนืดมูนิที่ได้ ค่อนข้างต่ำมาก แต่ก็ยังผ่านเกณฑ์ยาง LoV ดังนั้นการใช้ Hydroperser P50 ในปริมาณ 0.4% on latex เป็นปริมาณที่ค่อนข้างมากสำหรับน้ำยางชุดนี้



ภาพที่ 1.18 ผลของแหล่งน้ำยาง ต่อ ความหนืดมูนิ

1.1.7 ปัญหาการเพิ่มของปริมาณเจลเมื่อตั้งทิ้งไว้

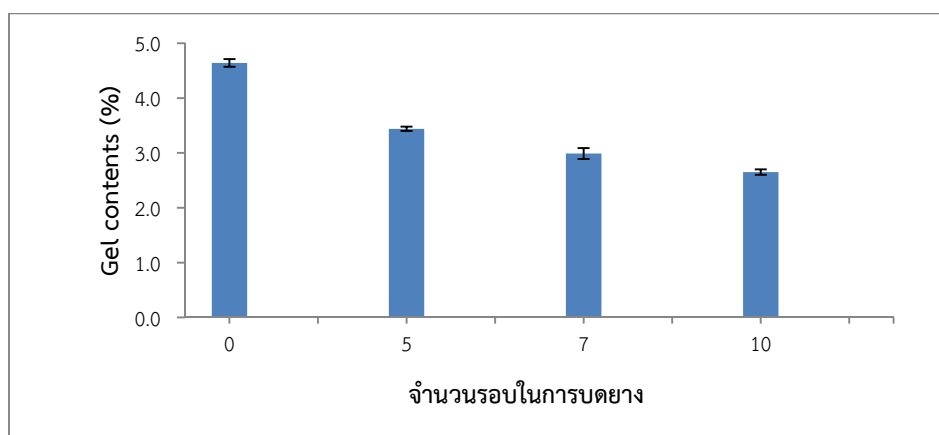
เนื่องจากผลการทดลองที่ผ่านมาพบว่าเมื่อตั้งยางทิ้งไว้นานๆมีผลทำให้เจลเพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานของ Sethuraj และคณะ (Sethuraj, MR. et.al., 1992) โดยปริมาณเจลที่เพิ่มขึ้นนี้เป็นเจลชนิด macrogel ซึ่งสามารถถูกทำลายได้เกือบทั้งหมด ด้วยการบดยางในการนี้จึงได้นำยาง LoV ที่เตรียมได้

และตั้งทิ้งไว้จนกระทั่งปริมาณเจลเพิ่มขึ้นจากเดิมที่ต่ำกว่า 4% เป็น 4.64% จากนั้นนำมาบดผ่านลูกกลิ้งเป็นจำนวนครั้งต่างๆ ได้ผลดังตารางที่ 1.9 และภาพที่ 1.19

ตารางที่ 1.9 ผลของการบดอย่างต่อเนื่องต่อปริมาณเจล

จำนวนครั้งในการบด	ปริมาณเจล
0	4.64±0.07
5	3.44±0.04
7	2.99±0.10
10	2.65±0.05

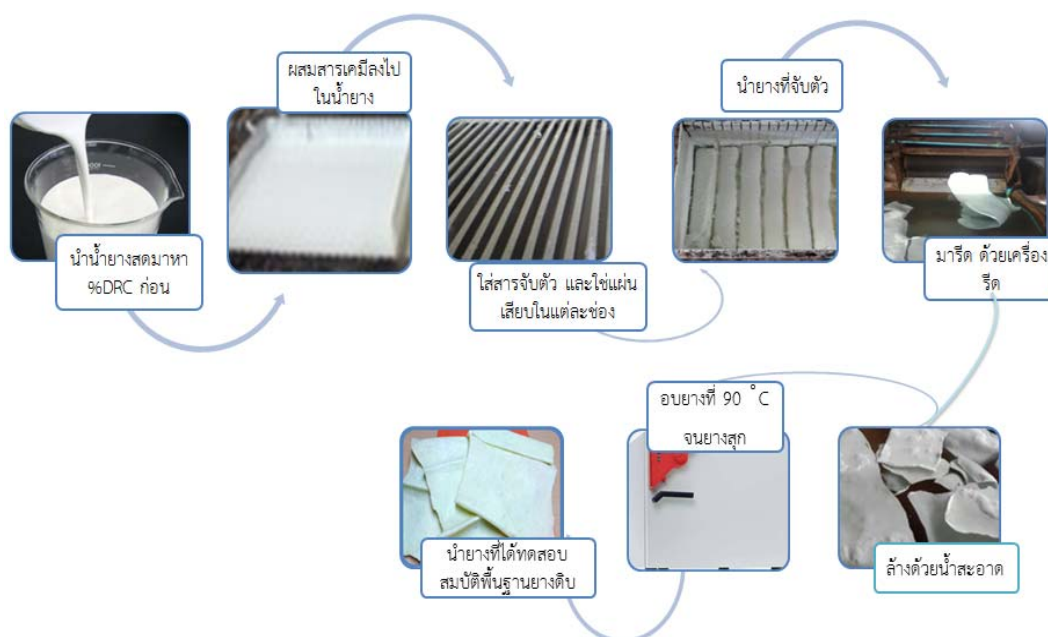
จากภาพที่ 1.19 สังเกตได้ว่าเมื่อทำการบดอย่างต่อเนื่องผ่านลูกกลิ้งหลายครั้งมีผลทำให้ปริมาณเจลลดลงอย่างเห็นได้ชัดกล่าวคือเมื่อบดอย่างต่อเนื่องปริมาณเจลลดลง และแสดงให้เห็นได้ว่าปริมาณเจลที่เพิ่มขึ้นสามารถทำลายได้ด้วยการบดอย่างต่อเนื่อง (Sethuraj, MR. et.al., 1992)



ภาพที่ 1.19 ผลของการบดอย่างต่อเนื่องต่อปริมาณเจล

1.2 การผลิตยางธรรมชาติให้มีความหนืดมูนนี้ต่ำและคงที่ ปริมาณไนโตรเจน และปริมาณเจลต่ำ (LoV) ในระดับสหกรณ์

เมื่อได้ผลของระยะเวลาในเกิดปฏิกิริยา, ผลของปริมาณโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์, ผลของปริมาณ Protease, ผลของปริมาณHydroperse (ไม่ใช่ในกรณีที่กำลังนึ่งหรือสีของยาง), ผลของปริมาณSDSที่ใช้ จากนั้นนำมาทำการขยายเสกผลผลิตในระดับสหกรณ์ดังแสดงตามภาพที่ 1.20



ภาพที่1.20 วิธีการเตรียมนยางLoV ในระดับสหกรณ์

1.2.1 ศึกษาส่วนผสมที่ได้จากห้องปฏิบัติการ ต่อสมบัติยางดิบ

นำน้ำยางธรรมชาติ (DRC =38.53) มา60กิโลกรัม มาใส่สารเคมี ต่างๆ ดังตารางที่ 1.10ทำการกวน น้ำยางกับสารเคมีให้เข้ากันจากนั้นทำการบ่มต่อเป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมงเมื่อครบตามระยะเวลาที่กำหนดจับ ตัวด้วย40% แคลเซียมไนเตรท จนน้ำยางจับตัวหมดซึ่งใช้เวลา 12 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำแผ่นยางไปล้างน้ำให้ สะอาดผึ่งไว้ให้สะเด็ดน้ำอบที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียสแล้วจึงนำไปทดสอบสมบัติพื้นฐานยางดิบได้แก่ Nitrogen contents ตามมาตรฐาน ASTM D 3533-90, Mooney Viscosity ตามมาตรฐาน ISO R 289-1963 และ ASTM D 1646-94, Gel contents ตามมาตรฐาน ISO/CD 2001และปริมาณสิ่งสกปรก(%Dirt), ปริมาณเถ้า (%Ash), ปริมาณสิ่งระเหย (%VM) เป็นต้นซึ่ง ได้ผลการทดลองดังตารางที่ 1.11

ตารางที่1.10 ส่วนผสมที่ใช้ในการเตรียมนยาง LoVระดับสหกรณ์

ส่วนผสม (on DRC)	control	สูตร 1
น้ำยางสด(%DRC=38.53)	500	500
3%Na ₂ S ₂ O ₅		0.12
10%SDS		2.34
2.5%Protease		0.59
20%HAS		0.94
ระยะเวลาบ่ม (ชั่วโมง)	-	24
จับตัวน้ำยางด้วย	50% แอลกอฮอล์	40% เกลือแคลเซียมไนเตรท
ระยะเวลาในการจับตัว (ชั่วโมง)	จับทันที	12
อุณหภูมิอบ(°C)	90	

ตารางที่1.11 สมบัติของยาง LoVระดับสหกรณ์

สมบัติยาง	ยางธรรมชาติ (control)	ยางที่ผลิตขึ้น (LoV)
ML(1+4,100°C)	59.5±0.5	54.9±0.02
%Gel	8.60±0.045	3.64±0.05
%N ₂	0.38±0.00	0.265±0.005
%VM	0.41±0.05	0.235±0.015
%Ash	0.22±0.01	0.44±0.00
%Dirt	0.0495±0.015	0.038±0.001
PO	33.75±0.25	33±0.00
PRI	77.04±0.81	81.06±1.07

จากตารางที่1.11พบว่าการเตรียมยางLoV ในระดับสหกรณ์ที่ใช้ส่วนผสมตามตารางที่1.10 ซึ่งได้เงื่อนไขตามการทดลองจากห้องปฏิบัติการ แล้วนำมาขยายสเกลได้ผลลัพธ์ที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานของยาง LoV โดยมีความหนืดมูนนี้ต่ำและคงที่ ปริมาณไนโตรเจน และปริมาณเถ้า

1.2.2 เปรียบเทียบสมบัติของการจับตัวน้ำยางในระดับสหกรณ์และห้องปฏิบัติการ

ใช้น้ำยางจากแหล่งเดียวกันมาทำปฏิกิริยาเช่นเดียวกับที่เตรียมตามตารางที่ 1.10 ทำในระดับห้องปฏิบัติการเมื่อครบเวลานำมาจับตัวน้ำยางเปรียบเทียบกับที่จับตัวในตะก่งใหญ่ในระดับสหกรณ์ ได้ผลดังตารางที่ 1.12

จากตารางที่1.12 สังเกตได้ว่าการเตรียมในสเกลใหญ่ระดับสหกรณ์ ด้วยการบ่มน้ำยางเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ให้ผลไม่แตกต่างจากระดับห้องปฏิบัติการมากเมื่อเตรียมด้วยเงื่อนไขเดียวกัน และสมบัติที่ได้ผ่านมาตรฐานยาง LoVทั้งสองวิธี ทั้งนี้ต้องใช้เงื่อนไขตามที่กำหนด เช่นเวลาที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาอุณหภูมิในการอบ และ ปริมาณแมกนีเซียมในน้ำยาง ให้หลีกเลี่ยงในช่วงใกล้ปิดกรีต เป็นต้น

ตารางที่1.12 เปรียบเทียบสมบัติของยางที่เตรียมในขนาดที่ต่างกัน

ตัวอย่าง	ML (1+4) 100 °C		N ₂ content (%)		Gel content (%)	
	1	2	1	2	1	2
Control	59.5±0.5	59.85±0.05	0.405±0.005	0.425±0.005	8.53±0.02	9.97±0.28
ยางธรรมชาติ LoV	54.9±0.02	52.25±0.25	0.265±0.005	0.245±0.005	3.64±0.05	3.98±0.078

หมายเหตุ:1) เตรียมระดับสหกรณ์ และ 2) เตรียมระดับห้องปฏิบัติการ

1.3 การผลิตยางธรรมชาติยางธรรมชาติให้มีความหนืดมนี่ต่ำและคงที่ ปริมาณ ไนโตรเจน และ ปริมาณเจลต่ำ(LoV) ในระดับอุตสาหกรรม

ในการวิจัยนี้ ใช้เงื่อนไขที่ได้จากการขยายสเกลในระดับสหกรณ์มาใช้ในการเตรียมยางในระดับอุตสาหกรรม และศึกษาอุณหภูมิที่ใช้ในการอบด้วยวิธีที่ใช้เตาอบและไมโครเวฟ เพื่อใช้ในการเตรียมเป็นยางแท่งต่อสมบัติพื้นฐานต่างๆของยางดิบ

1.3.1 ศึกษาอุณหภูมิที่ใช้ในการอบด้วยตู้อบความร้อนต่อสมบัติพื้นฐานยางดิบ

นำน้ำยางธรรมชาติ 700 กิโลกรัม มาใส่สารเคมี โดยเริ่มจากใส่สารละลาย 3% $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ 0.12 % ต่อเนื้อยาง, 10% SDS 2.92 % ต่อเนื้อยาง, 2.5% Protease 0.59 % ต่อเนื้อยาง, และ 20 % HAS 0.94 % ต่อเนื้อยาง ตามลำดับ ทำการบ่มน้ำยางกับสารเคมีให้เข้ากันเป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง เมื่อครบตามระยะเวลาที่กำหนด จับตัว 40% เกลือแคลเซียมไนเตรท จนน้ำยางจับตัวหมด หลังจากนั้นนำแผ่นยางไปล้างน้ำให้สะอาด ผึ่งไว้ให้สะเด็ดน้ำ นำอบด้วยตู้อบที่อุณหภูมิ 90 และ 120°C (ที่เตาอบอุตสาหกรรม) แล้วจึงนำไปทดสอบสมบัติพื้นฐานยางดิบได้แก่ Nitrogen contents ตามมาตรฐาน ASTM D 3533-90, Mooney Viscosity ตามมาตรฐาน ISO R 289-1963 และ ASTM D 1646-94, Gel contents ตามมาตรฐาน ISO/CD 2001 และปริมาณสิ่งระเหยได้ (Volatile matter), ปริมาณเถ้า (Ash), ปริมาณสิ่งสกปรก (Dirt), ดัชนีความอ่อนตัว (Plasticity retention index) ได้ผลการทดลองดังตารางที่ 1.13 และภาพที่ 1.20–1.26

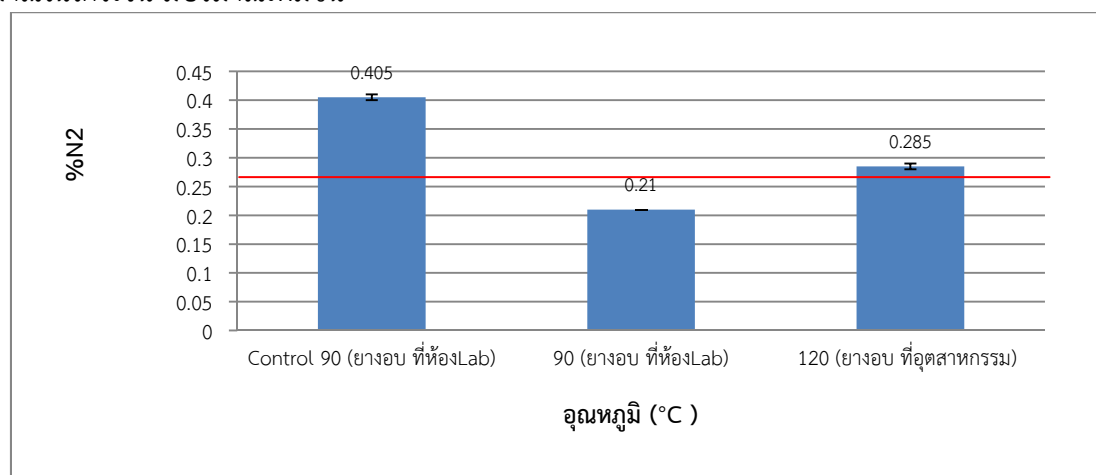
ตารางที่ 1.13 ผลของอุณหภูมิในการอบ ด้วยตู้อบความร้อน เมื่อใช้น้ำยางสด 700 กิโลกรัม ต่อสมบัติพื้นฐานยางดิบ

สมบัติยางดิบ	อุณหภูมิอบ (°C)	Conditions	
		control	บ่ม 24 ชั่วโมง
Nitrogen contents (%)	Control	0.405±0.005	
	90 (Lab มวล.)		0.21±0.00
	120		0.285±0.005
Gel contents (%)	Control	7.34±0.02	
	90 (Lab มวล.)		3.51±0.02
	120		4.04±0.06
Mooney Viscosity	Control	58.6±0.10	
	90 (Lab มวล.)		55.85±0.05
	120		39.8±0.30
%VM	Control	0.40±0.01	
	90 (Lab มวล.)		0.225±0.005
	120		0.48±0.01
%Ash	Control	0.205±0.005	
	90 (Lab มวล.)		0.32±0.01

	120		0.435±0.015
%Dirt	Control	0.0485±0.0005	
	90 (Lab มวล.)		0.037±0.00
	120		0.046±0.001
PO	Control	33.75±0.25	
	90 (Lab มวล.)		33±0.00
	120		26±0.00
PRI	Control	76.305±1.305	
	90 (Lab มวล.)		79.55±0.76
	120		41.23±0.00

ก. ผลของอุณหภูมิ ในการอบ ด้วยตู้อบความร้อนต่อปริมาณไนโตรเจน

จากภาพที่ 1.21พบว่า น้ำยางสดที่ไม่ผสมสารเคมี มีปริมาณไนโตรเจนเท่ากับ 0.405% เมื่อใส่เอนไซม์ Protease ลงไปในน้ำยาง ทำให้ปริมาณไนโตรเจนลดลง เนื่องจากเอนไซม์ Protease ปลอดภัย ปริมาณโปรตีนในน้ำยาง (Ichikawa,et.al., 1993) ส่งผลให้ปริมาณไนโตรเจนลดลง ทั้งที่การใช้อุณหภูมิในการอบ 90 องศาเซลเซียสที่เหมือนกัน เมื่อเปรียบเทียบ การใช้ น้ำยางผสมสารเคมีสูตรเดียวกัน แต่แตกต่างกัน ที่การใช้ อุณหภูมิในการอบอย่างให้สูง ซึ่งการอบที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส มีผลทำให้ปริมาณไนโตรเจน มีปริมาณสูงกว่า การอบที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียสเล็กน้อย แสดงว่า อุณหภูมิในการอบยิ่งสูง ส่งผลให้ปริมาณไนโตรเจน มีปริมาณเพิ่มขึ้น

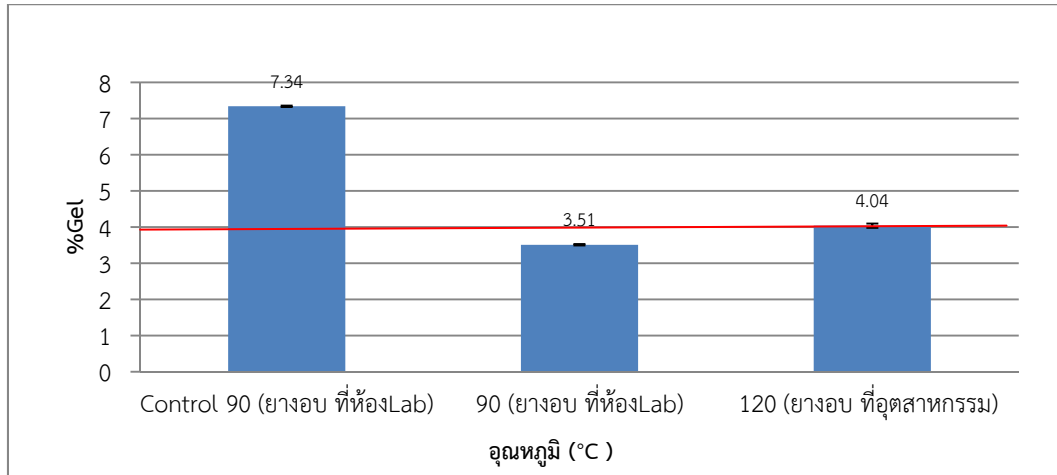


ภาพที่ 1.21 ผลของอุณหภูมิ ในการอบด้วยตู้อบความร้อนเมื่อใช้น้ำยางสด 700 กิโลกรัมและจับตัวน้ำยางด้วยเกลือแคลเซียมไนเตรท ต่อ %N2

ข. ผลของอุณหภูมิในการอบ ด้วยตู้อบความร้อนต่อปริมาณเจล

จากภาพที่ 1.22 พบว่า น้ำยางสดที่ไม่ผสมสารเคมี มีปริมาณเจลเท่ากับ 7.34% เมื่อใส่เอนไซม์ Protease ลงไปในน้ำยาง ทำให้ปริมาณเจลลดลง เนื่องจากเอนไซม์ Protease ทำหน้าที่เร่งปฏิกิริยาการไฮโดรไลซ์โปรตีน ส่งผลให้เกิดปฏิกิริยาการขัดขวางไม่ให้ยางเกิดการเชื่อมโยงพันธะระหว่างไฮโดรเจนของ

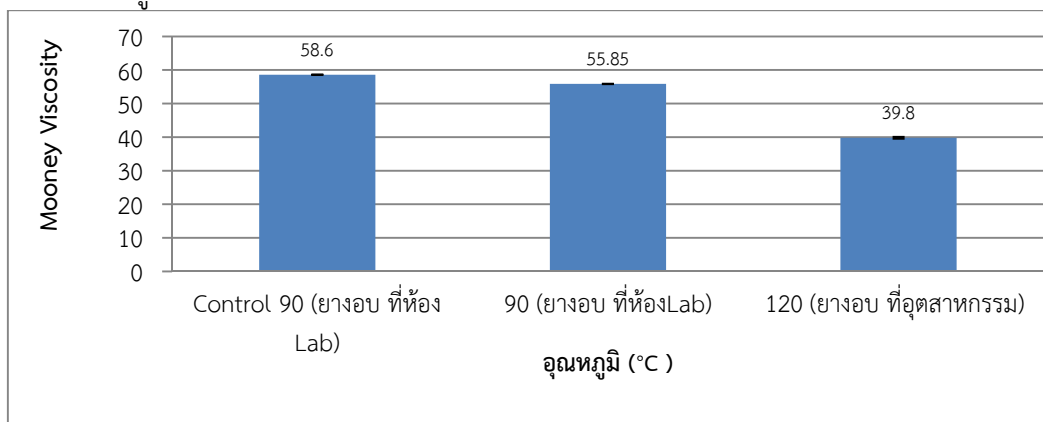
ส่วนโปรตีนกับส่วนที่เป็นฟอสโฟลิปิด (Tanaka, 2001) ทั้งที่การใช้อุณหภูมิในการอบ 90 องศาเซลเซียสที่เหมือนกัน เมื่อเปรียบเทียบ การใช้น้ำยางผสมสารเคมีสูตรเดียวกัน แต่แตกต่างกันที่การใช้อุณหภูมิในการอบ ยางให้สุก ซึ่งการอบที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส มีผลทำให้ปริมาณเจล มีปริมาณสูงกว่า การอบที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียสแสดงว่า อุณหภูมิในการอบยิ่งสูง ส่งผลให้ปริมาณเจล มีปริมาณสูง



ภาพที่ 1.22 ผลของอุณหภูมิ ในการอบ ด้วยอุณหภูมิความร้อนเมื่อใช้น้ำยางสด 700 กิโลกรัมและจับตัวน้ำ ยางด้วยเกลือแคลเซียมไนเตรท ต่อ ปริมาณเจล (%Gel)

ค. ผลของอุณหภูมิ ในการอบ ด้วยอุณหภูมิความร้อนต่อความหนืดมูนนี่

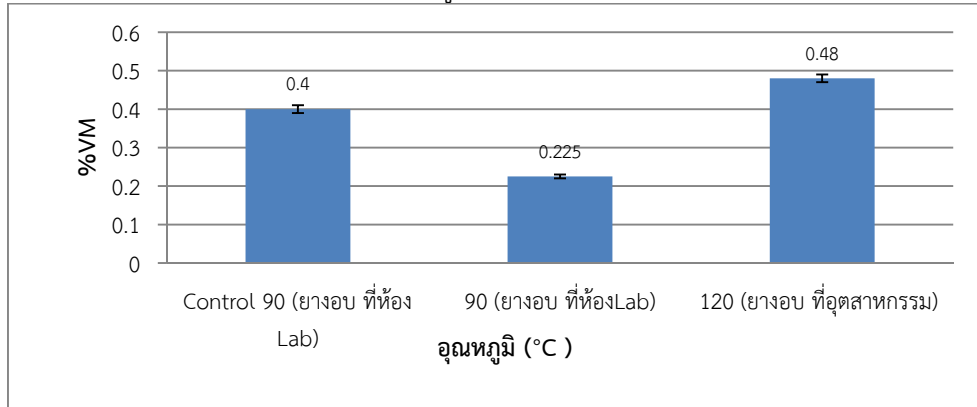
จากภาพที่ 1.23 พบว่าน้ำยางสดที่ไม่ผสมสารเคมี มีความหนืดมูนนี่เท่ากับ 58.6เมื่อใส่ เอนไซม์ Protease พบว่าทำให้ความหนืดมูนนี่ของยางลดลง ซึ่งเป็นผลเนื่องจากเอนไซม์ Protease ไล่ลด ปริมาณโปรตีนในน้ำยาง ทำให้การเชื่อมโยงพันธะในสายโซ่โมเลกุลยางลดลง อีกทั้งการเติมสาร HAS เป็น สารควบคุมความหนืด ลงไปทำปฏิกิริยากับอนุมูลหมู่อัลดีไฮด์ เพื่อป้องกันการเกิดพันธะไฮโดรเจนระหว่าง โครงสร้างโมเลกุลยาง ส่งผลให้ความหนืดมูนนี่จึงลดลง ทั้งที่การใช้อุณหภูมิในการอบ 90 องศาเซลเซียสที่ เหมือนกัน เมื่อเปรียบเทียบ การใช้น้ำยางผสมสารเคมีสูตรเดียวกัน แต่แตกต่างกันที่การใช้อุณหภูมิในการอบ ยางให้สุก ซึ่งการอบที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส มีผลทำให้ความหนืดมูนนี่ต่ำกว่า การอบที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียสอย่างเห็นได้ชัดทั้งนี้เป็นผลมาจากสายโซ่โมเลกุลแตกหักแสดงว่า อุณหภูมิในการอบยิ่งสูง ส่งผลให้ความหนืดมูนนี่ต่ำ



ภาพที่ 1.23 ผลของอุณหภูมิในการอบด้วยอุณหภูมิความร้อนเมื่อใช้น้ำยางสด 700 กิโลกรัมและจับตัวน้ำ ยางด้วยเกลือแคลเซียมไนเตรท ต่อ Mooney Viscosity

ง. ผลของอุณหภูมิในการอบ ด้วยตู้อบความร้อนต่อปริมาณสิ่งระเหย

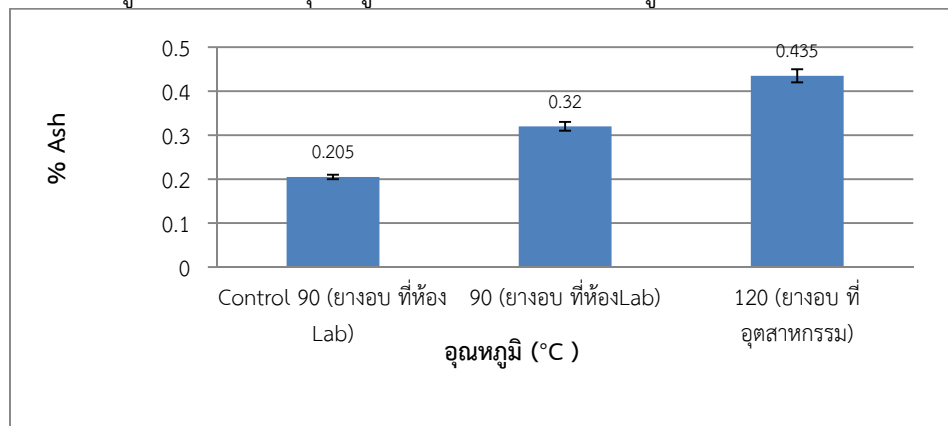
จากภาพที่ 1.24 พบว่า น้ำยางสดที่ไม่ผสมสารเคมี มีปริมาณสิ่งระเหยเท่ากับ 0.40% เมื่อใส่สารเคมีลงไปในน้ำยาง จึงสังเกตเห็นว่า ปริมาณสิ่งระเหยต่ำกว่า ทั้งที่ใช้การใช้อุณหภูมิในการอบ 90 องศาเซลเซียสที่เหมือนกัน เมื่อเปรียบเทียบ การใช้ น้ำยางผสมสารเคมีสูตรเดียวกัน แต่แตกต่างกันที่การใช้อุณหภูมิในการอบอย่างให้สูง ซึ่งการอบที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส มีผลทำให้ปริมาณสิ่งระเหย มีปริมาณสูงกว่า การอบที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียสอาจเป็นเพราะมีการดูดกลับของไอขณะทำการอบขณะอบ



ภาพที่ 1.24 ผลของ อุณหภูมิ ในการอบ ด้วยตู้อบความร้อนเมื่อใช้น้ำยางสด 700 กิโลกรัมและจับตัวน้ำยางด้วย เกลือแคลเซียมไนเตรท ต่อ ปริมาณสิ่งระเหยได้ (%VM)

จ. ผลของอุณหภูมิ ในการอบ ด้วยตู้อบความร้อนต่อปริมาณเถ้า

จากภาพที่ 1.25พบว่า น้ำยางสดที่ไม่ผสมสารเคมี มีปริมาณเถ้าเท่ากับ 0.205% เมื่อใส่สารเคมีลงไปในน้ำยาง จึงสังเกตเห็นว่า ปริมาณเถ้าสูงกว่า ทั้งที่ใช้การใช้อุณหภูมิในการอบ 90 องศาเซลเซียสที่เหมือนกันเนื่องจากสารเคมีที่เติมลงไปเกิดเป็นเถ้าขึ้น เมื่อเปรียบเทียบ การใช้ น้ำยางผสมสารเคมีสูตรเดียวกัน แต่แตกต่างกันที่การใช้อุณหภูมิในการอบอย่างให้สูง ซึ่งการอบที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส มีผลทำให้ปริมาณเถ้า มีปริมาณสูงกว่า การอบที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส มีอยู่ในยางดิบ

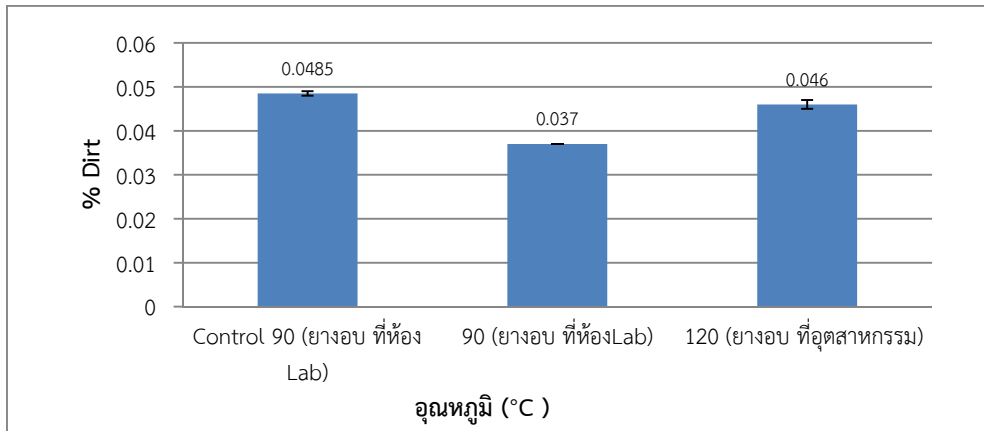


ภาพที่ 1.25 ผลของอุณหภูมิในการอบ ด้วยตู้อบความร้อน เมื่อใช้น้ำยางสด 700 กิโลกรัมและจับตัวน้ำยางด้วยเกลือแคลเซียมไนเตรท ต่อ ปริมาณเถ้า (%Ash)

ฉ. ผลของอุณหภูมิในการอบ ด้วยตู้อบความร้อนต่อปริมาณสิ่งสกปรก

จากภาพที่ 1.26พบว่า น้ำยางสดที่ไม่ผสมสารเคมี มีปริมาณสิ่งสกปรกเท่ากับ 0.0485% เมื่อใส่สารเคมีลงไปในน้ำยาง จึงสังเกตเห็นว่าปริมาณสิ่งสกปรกต่ำกว่าเล็กน้อย ทั้งที่ใช้การใช้อุณหภูมิในการอบ

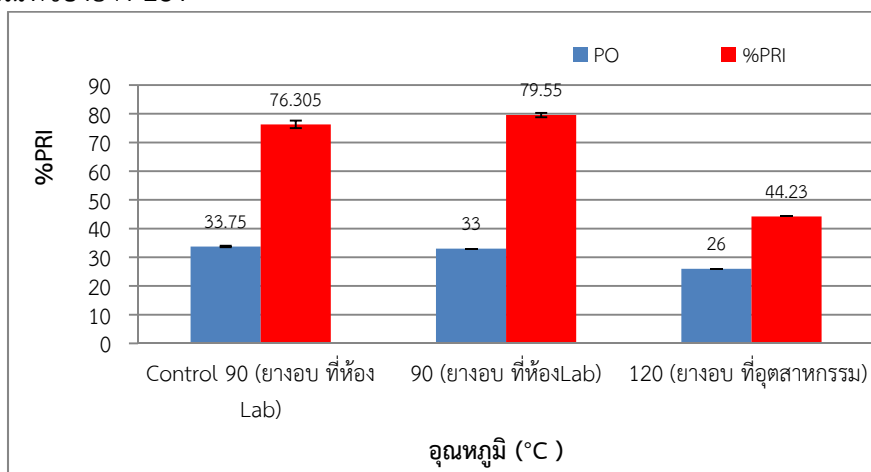
90°C ที่เหมือนกัน เมื่อเปรียบเทียบ การใช้ น้ำยางผสมสารเคมีสูตรเดียวกัน แต่แตกต่างกันที่การใช้อุณหภูมิในการอบยางให้สุก ซึ่งการอบที่อุณหภูมิ 120°C มีผลทำให้ปริมาณสิ่งสกปรก มีปริมาณไม่แตกต่างกับ การอบที่อุณหภูมิ 90°C อย่างเด่นชัดแสดงว่าสารเคมีที่ใส่เข้าไปไม่ได้ทำให้เกิดปริมาณสิ่งสกปรกเพิ่มขึ้น



ภาพที่ 1.26 ผลของ อุณหภูมิในการอบ ด้วยตู้อบความร้อน เมื่อใช้น้ำยางสด 700 กิโลกรัมและจับตัวน้ำยางด้วยเกลือแคลเซียมไนเตรท ต่อ ปริมาณสิ่งสกปรก (%Dirt)

ข. ผลของ อุณหภูมิ ในการอบ ต่อ ดัชนีความอ่อนตัว

จากภาพที่ 1.27 พบว่า น้ำยางสดที่ไม่ผสมสารเคมี มีดัชนีความอ่อนตัวเท่ากับ 76.31% เมื่อใส่สารเคมีลงไป น้ำยางจึงสังเกตเห็นว่ามีดัชนีความอ่อนตัวสูงกว่าเล็กน้อย ทั้งที่การใช้อุณหภูมิในการอบ 90°C ที่เหมือนกัน เมื่อเปรียบเทียบ การใช้ น้ำยางผสมสารเคมีสูตรเดียว แต่แตกต่างกันที่การใช้อุณหภูมิในการอบยางให้สุก ซึ่งการอบที่อุณหภูมิ 120°C มีผลทำให้ดัชนีความอ่อนตัว มีปริมาณต่ำกว่ากว่า การอบที่อุณหภูมิ 90°C ซึ่งจากผลการทดลองพบว่า น้ำยางที่ผสมสารเคมี โดยใช้อุณหภูมิในการอบที่ 90°C มีดัชนีความอ่อนตัวอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน ส่วนการใช้อุณหภูมิในการอบที่ 120 °C มีดัชนีความอ่อนตัว ไม่อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานซึ่งดัชนีความอ่อนตัวของยางแสดงถึงความต้านทานของยางดิบต่อการแตกหักของโมเลกุลที่อุณหภูมิสูง แสดงว่ายางที่มีดัชนีความอ่อนตัวสูง มีความต้านทานต่อการแตกหักของโมเลกุลสูงแต่อย่างไรก็ตามสมบัตินี้ไม่ได้กำหนดไว้ในเกณฑ์ของยาง LoV



ภาพที่ 1.27 ผลของอุณหภูมิในการอบ ด้วยตู้อบความร้อน เมื่อใช้น้ำยางสด 700 กิโลกรัม และจับตัวน้ำยางด้วยเกลือแคลเซียมไนเตรท ต่อ PO และ %PRI

1.3.2 ศึกษาอุณหภูมิต่างๆ ในการอบด้วยเครื่อง Microwaveต่อสมบัติพื้นฐานยางดิบ

นำน้ำยางธรรมชาติมาใส่สารเคมี โดยเริ่มจากใส่สารละลาย 3% $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ 0.12 % on DRC , 10% SDS 2.92 % on DRC , 2.5% Protease 0.59 % on DRC, และ 20 % HAS 0.94 % on DRC ตามลำดับ ทำการบ่มน้ำยางกับสารเคมีให้เข้ากันเป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง เมื่อครบตามระยะเวลาที่กำหนด นำน้ำยางใส่ในตะก่ง โดยแต่ละสูตรจับตัวด้วย 40% เกลือแคลเซียมไนเตรท จนน้ำยางจับตัวหมด หลังจากนั้นนำแผ่นยางไปล้างน้ำให้สะอาด ผึ่งไว้ให้สะเด็ดน้ำ นำไปอบด้วย Microwave ที่อุณหภูมิ 60-90 องศาเซลเซียส แล้วจึงนำไปทดสอบสมบัติพื้นฐานยางดิบได้แก่ Nitrogen contents ตามมาตรฐาน ASTM D3533-90, Mooney Viscosity ตามมาตรฐาน ISO R 289-1963 และ ASTM D1646-94, Gel contents ตามมาตรฐาน ISO/CD 2001 และได้ผลการทดลองดังตารางที่ 1.14 และภาพที่ 1.27-1.29

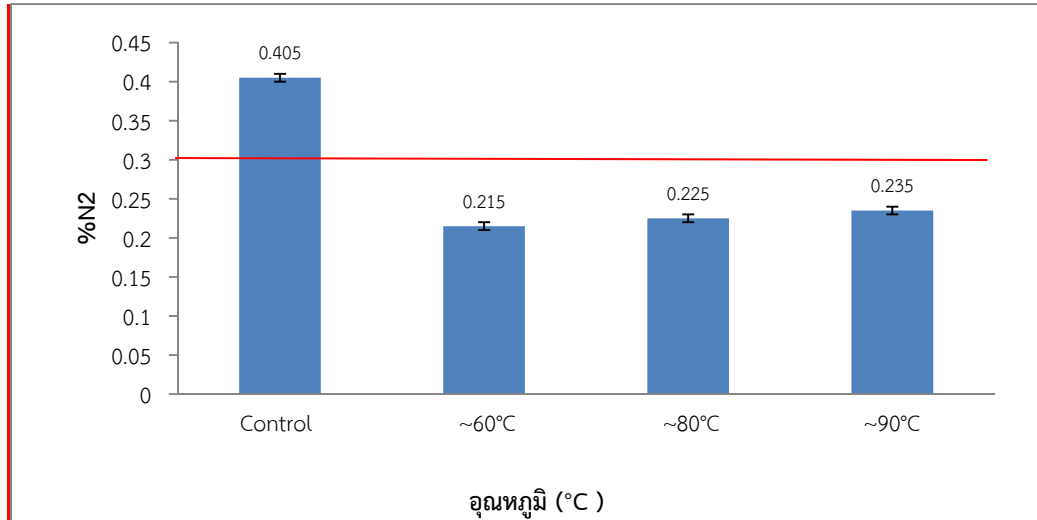
ตารางที่ 1.14 ผลของอุณหภูมิ ในการอบด้วยเครื่อง Microwave ต่อ Nitrogen contents, Gel contents และ Mooney Viscosity

สมบัติยางดิบ	อุณหภูมิอบ (°C)	Conditions	
		control	บ่ม 24 ชั่วโมง
Nitrogen contents (%)	Control	0.405±0.005	
	~60°C		0.215±0.005
	~80°C		0.225±0.005
	~90°C		0.235±0.005
สมบัติยางดิบ	อุณหภูมิอบ (°C)	Conditions	
		control	บ่ม 24 ชั่วโมง
Gel contents (%)	Control	7.34±0.02	
	~60°C		3.05±0.01
	~80°C		3.17±0.02
	~90°C		3.26±0.02
Mooney Viscosity	Control	58.6±0.10	
	~60°C		57.9±0.00
	~80°C		57.7±0.10
	~90°C		56.8±0.10

ก. ผลของอุณหภูมิ ในการอบ ด้วยเครื่อง Microwave ต่อปริมาณไนโตรเจน

จากภาพที่ 1.28 พบว่า น้ำยางสดที่ไม่ผสมสารเคมี มีปริมาณไนโตรเจนเท่ากับ 0.405% เมื่อใส่เอนไซม์ Protease ลงไปในน้ำยาง ทำให้ปริมาณไนโตรเจนลดลง เนื่องจากเอนไซม์ Protease ไปลดปริมาณโปรตีนในน้ำยาง (Ichikawa,N., Hwee, EA., and Tanaka, 1993) ส่งผลให้ปริมาณไนโตรเจนลดลง

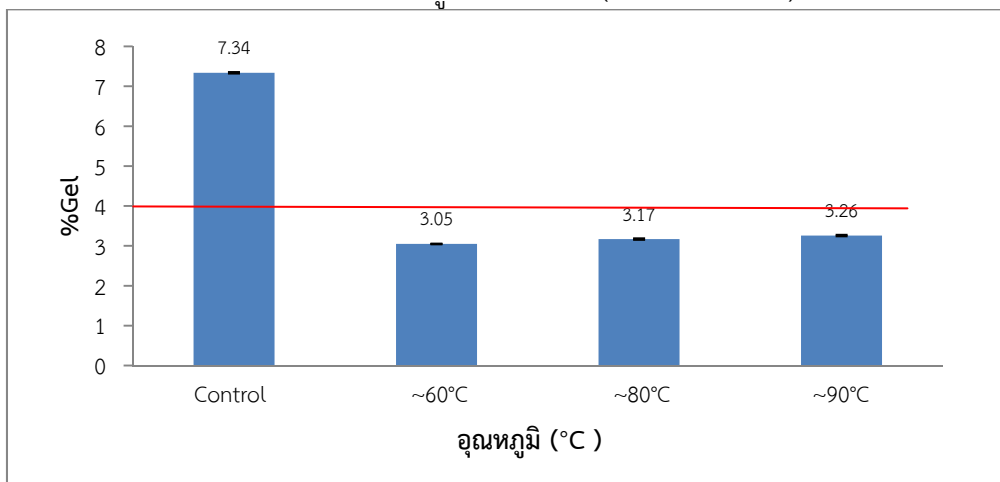
ทั้งที่การใช้อุณหภูมิในการอบ 90 องศาเซลเซียสที่เหมือนกัน เมื่อเปรียบเทียบการใช้น้ำอย่างผสมสารเคมีสูตรเดียวกัน แต่แตกต่างกันที่การใช้อุณหภูมิในการอบอย่างให้สูง ซึ่งการอบที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส มีผลทำให้ปริมาณไนโตรเจน มีปริมาณไม่แตกต่างกับ การอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสอย่างเห็นได้ชัด แสดงว่าอุณหภูมิในการอบ ไม่ส่งผลต่อปริมาณไนโตรเจน



ภาพที่ 1.28 ผลของอุณหภูมิในการอบ ด้วยเครื่อง Microwave ต่อ ปริมาณไนโตรเจน (%N₂)

ข. ผลของอุณหภูมิ ในการอบ ด้วยเครื่อง Microwave ต่อปริมาณเจล

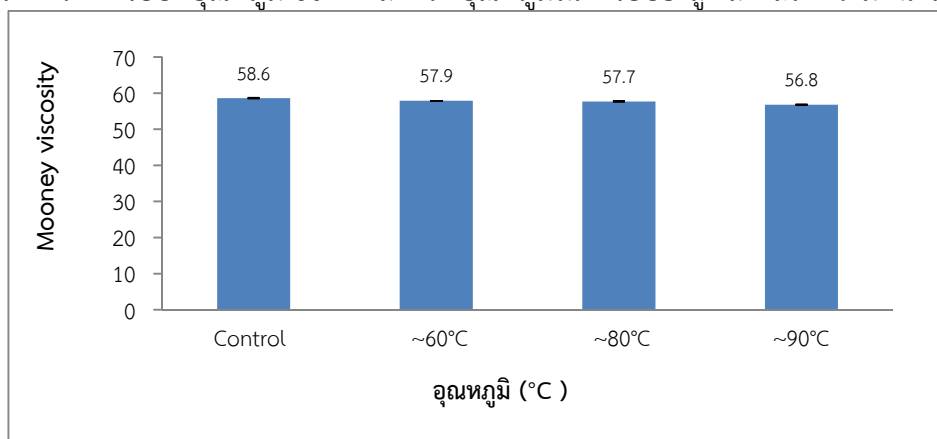
จากภาพที่ 1.29 พบว่าน้ำยางสดที่ไม่ผสมสารเคมี มีปริมาณเจลเท่ากับ 7.34% เมื่อใส่เอนไซม์ Protease ลงไปในน้ำยาง ทำให้ปริมาณเจลลดลง เนื่องจากเอนไซม์ Protease ทำหน้าที่เร่งปฏิกิริยาการไฮโดรไลซ์โปรตีน ส่งผลให้เกิดปฏิกิริยาการขัดขวางไม่ให้เกิดการเชื่อมโยงพันธะระหว่างไฮโดรเจนของส่วนโปรตีนกับส่วนที่เป็นฟอสโฟลิปิด (Tanaka, 2001) ทั้งที่การใช้อุณหภูมิในการอบ 90 °C ที่เหมือนกัน เมื่อเปรียบเทียบ การใช้น้ำอย่างผสมสารเคมีสูตรเดียวกัน แต่แตกต่างกันที่การใช้อุณหภูมิในการอบอย่างให้สูง ซึ่งการอบที่อุณหภูมิ 90 °C มีผลทำให้ปริมาณเจล มีปริมาณสูงกว่า การอบที่อุณหภูมิ 60 °C แสดงว่าอุณหภูมิในการอบ ยิ่งสูง ส่งผลให้ปริมาณเจลมีปริมาณสูงตาม แต่เมื่อเปรียบเทียบที่อุณหภูมิ 90 °C ระหว่างวิธีการอบพบว่าการอบด้วยไมโครเวฟให้ปริมาณเจลต่ำ กว่า การอบด้วยตู้อบความร้อน (ตามภาพที่ 1.21)



ภาพที่ 1.29 ผลของอุณหภูมิในการอบ ด้วยเครื่อง Microwave ต่อปริมาณเจล(%Gel)

ค. ผลของอุณหภูมิในการอบ ด้วยเครื่อง Microwave ต่อความหนืดมูนิ

จากภาพที่ 1.30 พบว่าน้ำยางสดที่ไม่ผสมสารเคมี มีความหนืดมูนนี้เท่ากับ 58.6 เมื่อใส่เอนไซม์ Protease พบว่าการใส่เอนไซม์ Protease ทำให้ความหนืดมูนนี้ของยางลดลง ซึ่งเป็นผลเนื่องจากเอนไซม์ Protease ปลอดภัยปริมาณโปรตีนในน้ำยาง ทำให้การเชื่อมโยงพันธะในสายโซ่โมเลกุลยางลดลง อีกทั้งการเติมสาร HAS เป็นสารควบคุมความหนืด ลงไปทำปฏิกิริยากับอนุมูลหมู่อัลดีไฮด์ เพื่อป้องกันการเกิดพันธะไฮโดรเจนระหว่างโครงสร้างโมเลกุลยาง ที่เป็นสาเหตุให้ความหนืดเพิ่ม ส่งผลให้ความหนืดมูนนี้จึงลดลง ทั้งที่การใช้อุณหภูมิในการอบ 90°C ที่เหมือนกัน เมื่อเปรียบเทียบการใช้น้ำยางผสมสารเคมีสูตรเดียวกัน แต่แตกต่างกันที่การใช้อุณหภูมิในการอบอย่างให้สูง ซึ่งการอบที่อุณหภูมิ 90°C มีผลทำให้ความหนืดมูนนี้ต่ำกว่า การอบที่อุณหภูมิ 60°C แสดงว่า อุณหภูมิในการอบยิ่งสูง ส่งผลให้ความหนืดมูนนี้ต่ำ



ภาพที่ 1.30 ผลของอุณหภูมิในการอบ ด้วยเครื่อง Microwave ต่อ Mooney Viscosity

1.3.3 สมบัติของน้ำยางในระดับอุตสาหกรรมในภาพยางแท่ง

น้ำยางที่ได้จากเครื่อง shredder ก่อนเข้าเครื่องอบยางแท่งมาทดลองอบที่ 90°C ที่ห้องปฏิบัติการสองแห่ง ยางที่เหลือบที่อุณหภูมิประมาณ 110-130°C และอัดเป็นยางแท่งตามกระบวนการปกติที่ แล้วนำไปทดสอบสมบัติของยางดิบ ได้ผลดังตารางที่ 1.15-1.16 ซึ่งสังเกตได้ว่าเมื่อทำยาง LoV ระดับอุตสาหกรรมในภาพยางแท่งโดยใช้เงื่อนไขตามที่ผลิตยางแท่งพบว่าสมบัติส่วนใหญ่ผ่านเกณฑ์ความหนืด; ML (1+4) 100°C ที่มีค่าต่ำกว่าเกณฑ์ และปริมาณเจลสูงกว่าเกณฑ์ ทั้งนี้เป็นผลเนื่องจากการอบที่อุณหภูมิสูงเกินไป ซึ่งยืนยันผลได้ตามตารางที่ 1.13 เมื่อใช้อุณหภูมิต่ำลงเป็น 90°C ปริมาณเจลที่ลดลงผ่านตามเกณฑ์เช่นเดียวกันกับความหนืด อีกทั้งปริมาณเจลสามารถลดลงได้อย่างมากเมื่อทำการอบยาง นอกจากนั้นยืนยันได้ด้วยสมบัติของ Wallace Plasticity ซึ่งมีค่าต่ำเมื่ออบที่อุณหภูมิสูง

ตารางที่ 1.15 สมบัติยาง LoV ที่ผลิตระดับอุตสาหกรรมในภาพยางแท่ง

Sample No.	Ash	V.M.	Dirt	N ₂	Wallace Plasticity			ML(1+4) 100°C
					P ₀	P ₃₀	PRI	
1	1.96	0.43	0.012	0.29	26.0	11.0	42.3	38.3
2	1.94	0.52	0.020	0.30	25.5	11.0	45.1	37.8
3	1.89	0.55	0.016	0.31	26.5	11.5	43.4	38.2
Average	1.93	0.50	0.016	0.30	26.0	11.2	43.6	38.1

ตารางที่ 1.16 ผลของอุณหภูมิในการอบต่อปริมาณเจลของยางที่ผลิตในระดับอุตสาหกรรม

ยางอบที่ อสย. 90 °C	3.67±0.03
ยางอบที่ Lab 90 °C	3.51±0.02
ยางอบที่ Lab 90 °C บด 2 ครั้งที่มีความหนา 4 mm	1.96±0.01

2. ศึกษาการแปรรูปยาง LoV

เนื่องจากการวิจัยในครั้งนี้พบว่าโปรตีนมีความสำคัญต่อสมบัติของยางมาก โดยมีผลต่อปริมาณไนโตรเจนและปริมาณเจล โดยถ้าสามารถเอาโปรตีนออก ทำให้สามารถลดปริมาณเจลลงได้ ด้วยเหตุที่ไม่สามารถเกิดพันธะไฮโดรเจนได้ หรือเป็นการทำลายการเชื่อมโยงของพันธะที่เกิดขึ้น ทั้งนี้เป็นเพราะปริมาณเจลเกิดจากการฟอร์มพันธะไฮโดรเจนของโปรตีนเอง และ/หรือเกิด พันธะของโปรตีนกับกลุ่มฟอสโฟไลปิด ซึ่งเป็นแบบไอออนิกนอกจากนั้นปริมาณเจลที่มีในยางนั้นมีมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับพันธะที่น้ำหนักรโมเลกุลของยาง และปริมาณแมกนีเซียม โดยน้ำหนักรโมเลกุลสูงมักมีปริมาณเจลยอมสูง เช่นเดียวกับปริมาณแมกนีเซียม ทำให้ยาง LoV ถึงต้องกำหนดให้มีปริมาณเจลต่ำ และปริมาณเจลต่ำได้อย่างไรด้วยเหตุนี้ ผู้วิจัยจึงทำการศึกษาผลของปริมาณเจลต่างๆต่อสมบัติการแปรรูปของยางที่เตรียมได้(มีเจลต่ำ) เทียบกับยางแห่ง STR50CV (ความหนืดคงที่) มีจำหน่ายทางการค้า แล้วทำซ้ำสองครั้งในแต่ละการทดลอง โดย สูตรยางที่ใช้ในการเตรียมยางคอมพอนด์ เป็นตามตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 สูตรการเตรียมยางคอมพอนด์

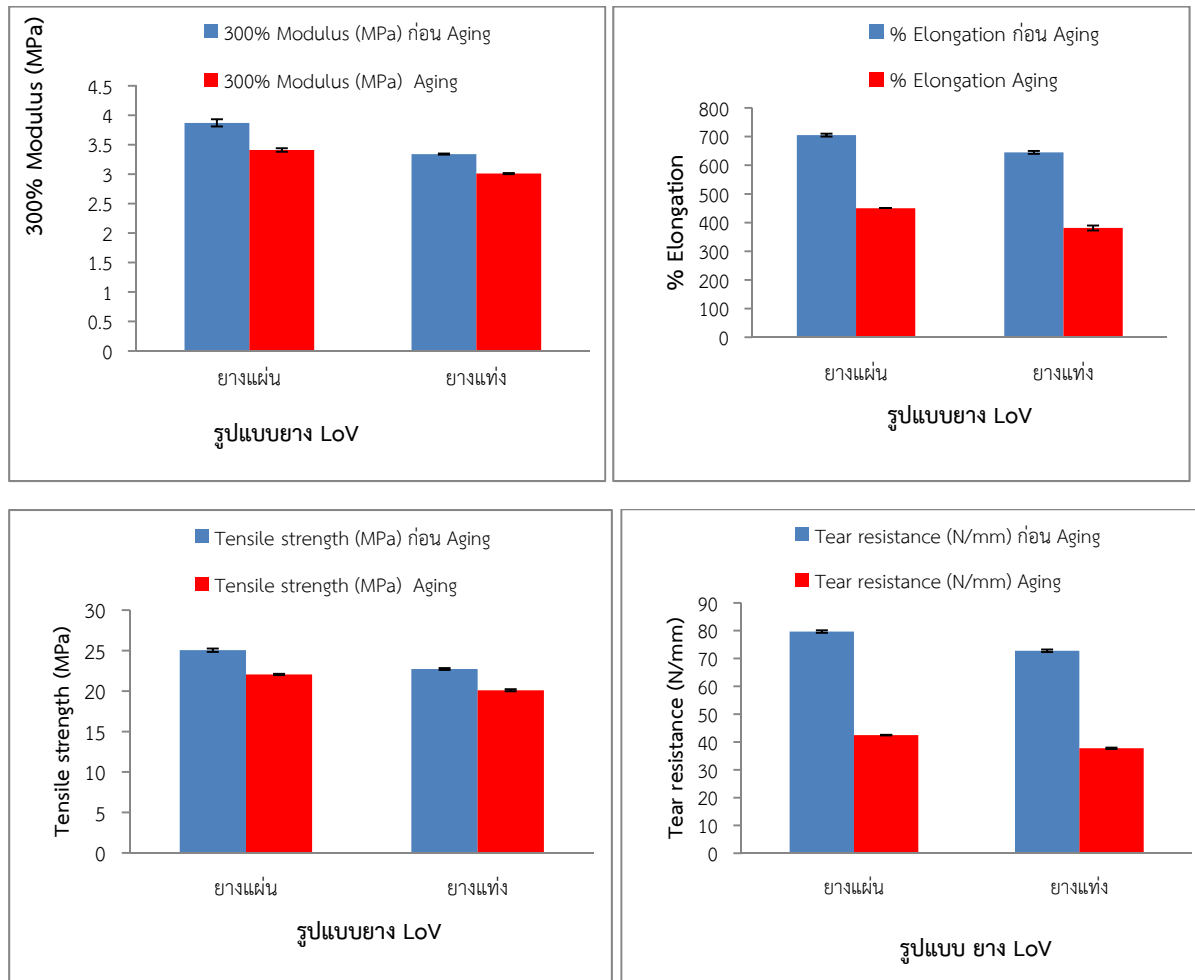
สารเคมีที่ใช้	สูตร 1	สูตร 2	สูตร 3	สูตร 4	สูตร 5
STR50CV	85	-	-	-	100
BR	15	15	-	-	-
LoV	-	85	100	100	-
Silica 233	40	40	40	-	-
HAF	-	-	-	40	40
Other chemicals	The same in each formulas				

สารเคมีอื่นๆที่ใช้ได้แก่ ZnO, stearic acid, PEG, silane(Si-69), TBBS, TMQ, 6PPD, Wax, sulphur, naphthenic oil

2.1 เปรียบเทียบสมบัติทางกลของยางที่ผลิตในต่างรูปแบบ

ทำการผสมยางตามสูตรที่ 3 ในตารางที่ 2.1 ทั้งยางที่ผลิตในรูปยางแผ่นและยางแท่งด้วยเครื่องผสมแบบปิด (Internal mixer; HAAKE poly) ใช้เวลาผสม 5 นาที แล้วเทออกจากนั้นนำมาเติมกำมะถันที่เครื่องผสมแบบสองลูกกลิ้งเป็นเวลา 2 นาที ตั้งทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง นำไปหาเวลา cure time แล้วนำไปอัดเพื่อเตรียมชิ้นตัวอย่างเพื่อทดสอบสมบัติทางกล ได้ผลดังภาพที่ 2.1

จากภาพที่ 2.1 สังเกตได้ว่าสมบัติทางกลต่างๆของยาง LoV ในภาพของยางแผ่นไม่ว่าเป็น 300% modulus, %elongation at break, tensile strength และ tear resistance สูงกว่าเพียงเล็กน้อยหรือไม่แตกต่างจากในภาพยางแท่งอย่างมีนัยสำคัญ และเมื่อทำการบ่มเร่งสมบัติทางกลดังกล่าวลดลง โดยเฉพาะ tear resistance ลดลงมากขณะที่ tensile strength เปลี่ยนแปลงน้อยมากเช่นเดียวกับ 300% modulus แสดงว่าภาพแบบในการผลิตยางไม่มีผลต่อสมบัติทางกล ทั้งที่มีปริมาณเจลต่างกันนั้นย่อมแสดงว่าปริมาณเจลไม่มีผลต่อสมบัติทางกลเช่นเดียวกัน



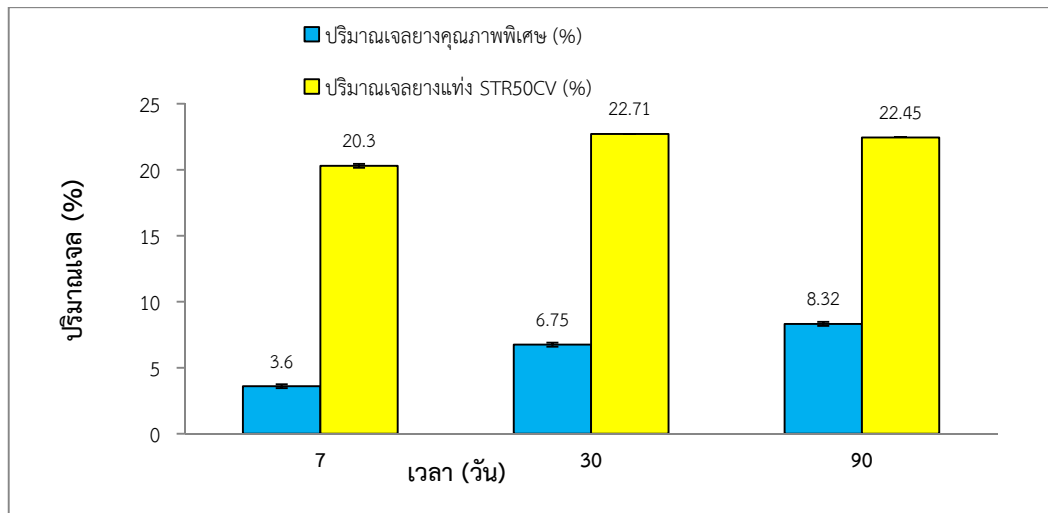
ภาพที่ 2.1 สมบัติทางกลของยางLoVที่ผลิตในต่างรูปแบบ

2.2 ศึกษาระยะเวลาในการตั้งทิ้งไว้ของยางธรรมชาติต่อสมบัติยางดิบ

นำยางธรรมชาติที่เตรียมขึ้นเองเป็นยางLoV (มีเจลต่ำ) และยางแท่ง STR50CV (ความหนืดคงที่) มีจำหน่ายทางการค้าตั้งทิ้งไว้ 7, 30 และ 90 วัน มาหาปริมาณเจลและทดสอบความหนืดของยางดิบเปรียบเทียบกับโดยทำซ้ำสองครั้งในแต่ละการทดลอง

2.2.1. ผลของระยะเวลาดังทิ้งไว้ต่อปริมาณ เจล

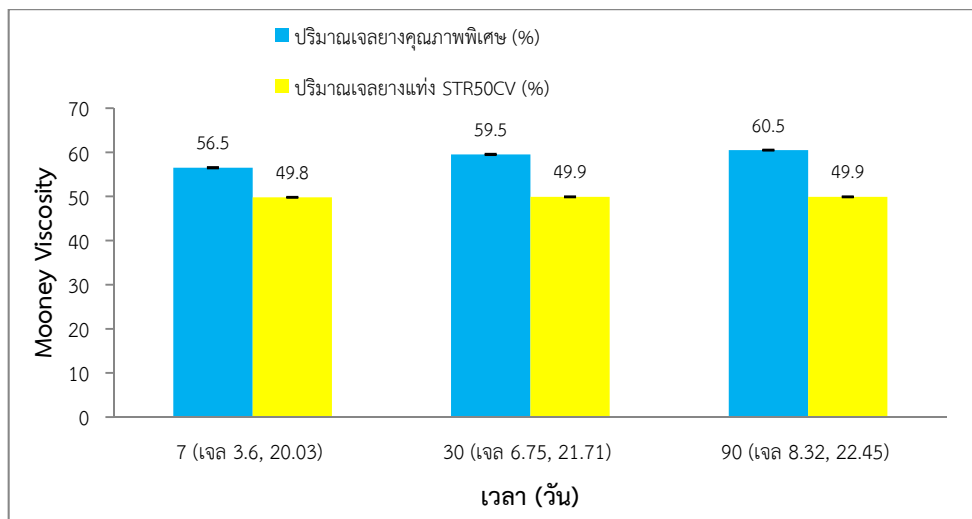
พบว่ายางLoV และยางแท่ง STR50CV มีปริมาณเจลเพิ่มมากขึ้นตามระยะเวลาที่ตั้งยางทิ้งไว้โดยยางLoV มีปริมาณเจลที่ต่ำกว่ายางแท่ง STR50 CV ทุกระยะเวลาที่ตั้งยางทิ้งไว้และอัตราการเพิ่มขึ้นของปริมาณเจลของยางLoV มีอัตราการเพิ่มขึ้นที่มากกว่ายางแท่ง STR50CV เนื่องจากยางแท่ง STR50CV มีการเติมสารควบคุมความหนืดของยางลงไป จึงทำให้ความหนืดของยางแท่งSTR50CV คงที่ดังภาพที่ 2.2



ภาพที่ 2.2 ผลของระยะเวลาตั้งทิ้งไว้ต่อปริมาณ เจล

2.2.2. ผลของระยะเวลาตั้งทิ้งไว้ต่อความหนืดมูนนี่ (Mooney Viscosity)

พบว่า Mooney Viscosity ของยางดิบทั้งสองชนิดเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยจนถือได้ว่าค่า Mooney Viscosity ของยางดิบทั้งสองคงที่เมื่อเวลาในการตั้งทิ้งไว้เพิ่มขึ้น ดังภาพที่ 2.3 ทั้งที่ปริมาณเจลเพิ่มตามเวลาที่ตั้งทิ้งไว้ตามที่กล่าวมาข้างต้น เนื่องจากก่อนที่นำยางดิบไปทดสอบหาค่า Mooney Viscosity ต้องนำยางดิบไปทำการบด (mastication) ก่อน ซึ่งการบดสามารถลดปริมาณเจลได้โดยที่ยางดิบประกอบด้วยเจล 2 ชนิดได้แก่ Microgel และ Macrogel โดยที่ Microgel มีอยู่ในน้ำยางตั้งแต่แรกเริ่มที่ต้นยางในส่วนท่อน้ำยางและเมื่อนำน้ำยางมาผลิตเป็นยางแห้งพบว่า Microgel เดิมมีอยู่แล้วในยางแห้งเกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างเป็นโครงสร้างร่างแหที่ใหญ่กว่าเดิมและเกิดเป็น Macrogel ในที่สุด ส่วน Macrogel เป็นเจลที่เกิดขึ้นระหว่างการเก็บรักษายางแห้งซึ่ง Macrogel ที่เกิดขึ้น ส่งผลให้ยางเกิด storage hardening ทำให้ค่าความหนืดไม่คงที่ แต่เมื่อนำยางดิบมาทำการ mastication ทำให้ไปกำจัดในส่วนของ Macrogel จึงทำให้ค่า Mooney Viscosity ของยางดิบมีค่าคงที่



ภาพที่ 2.3 ผลของระยะเวลาตั้งทิ้งไว้ต่อความหนืดมูนนี่ (Mooney Viscosity)

2.3 ศึกษาอิทธิพลของปริมาณเจล (Gel content) ต่อการแปรรูปและต่อคุณสมบัติเชิงกล

ใช้ยางธรรมชาติที่เตรียมขึ้นเองเป็นยางLoV (มีเจลต่ำ) เทียบกับยางแท่ง STR50CV (ความหนืดคงที่) มีจำหน่ายทางการค้า แล้วทำซ้ำสองครั้งในแต่ละการทดลอง โดยศึกษาสมบัติยางดิบ: Moony viscosity, พลังงานในการผสมยางคอมเพานด์, อิทธิพลของปริมาณเจลต่อคุณสมบัติยางคอมเพานด์, อัตราการวัลคาไนซ์, Moony viscosity คุณสมบัติเชิงกล:300%Modulus, Elongation at break, Tensile strength, Tear resistance, heat buildup, Abrasion loss และ rolling resistance เป็นต้น

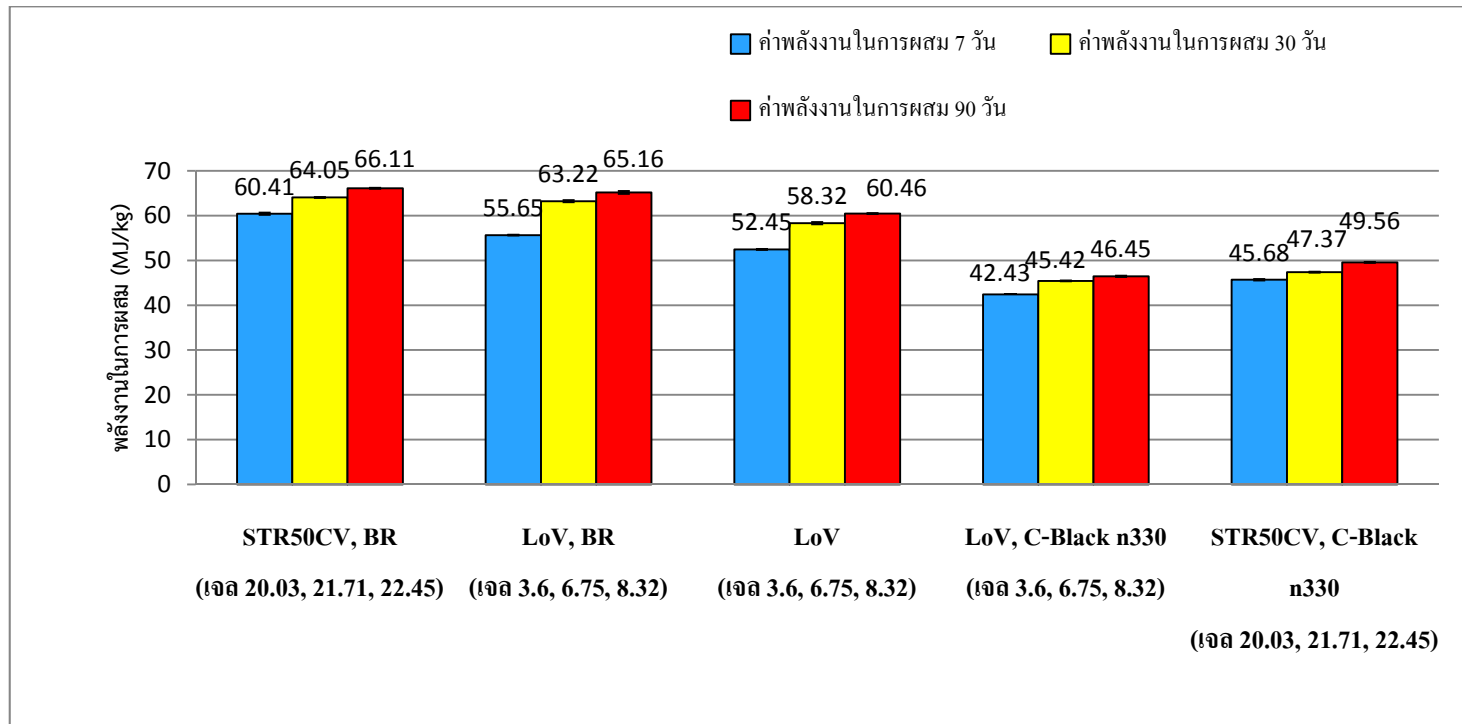
2.3.1. ผลของปริมาณเจลต่อพลังงานในการผสมยางคอมเพานด์

นำยางธรรมชาติที่ต้องการหาพลังงานมาผสมในเครื่อง internal mixer บันทึกแรงบิดที่ใช้ในการผสม จากนั้นนำมาคำนวณพลังงานที่ใช้ในการแปรรูปทั้งหมด (Wt) ตามสมการ Zhang, Wang and Zhou, (2003)

$$Wt = 2\pi R \int_{t_2}^{t_1} \tau_a dt$$

เมื่อ Wt คือ	พลังงานทั้งหมดที่ใช้ในการแปรรูป, จูล
R	ความเร็วรอบของโรเตอร์, รอบต่อนาที
L_a	แรงบิดที่ใช้ในการแปรรูป, นิวตัน.เมตร
t_1	เวลาเริ่มต้นที่ใช้ในการแปรรูป, วินาที
t_2	เวลาสุดท้ายที่ใช้ในการแปรรูป, วินาที

พบว่ายางคอมเพานด์ที่ใช้ยาง LoV ในการผสมทุกสูตรใช้พลังงานในการผสมต่ำกว่าพลังงานในการผสมที่ใช้ยางแท่งSTR50CV ดังภาพที่ 2.4 เนื่องจากปริมาณเจลในยาง เป็นตัวไปขัดขวางให้สารเคมีและสารตัวเติมเข้าไปผสมในยางได้ยากโดยเฉพาะยางแท่งSTR50CV มีปริมาณเจลสูงกว่า ซึ่งปริมาณเจลที่ปรากฏในยางอาจเป็นเจลได้ทั้งชนิด Microgel ติดมาตั้งแต่เริ่มแรกเกิดขึ้นภายในท่อน้ำยางซึ่งไม่สามารถทำลายได้ด้วยการบดยาง และ Macrogel ที่เกิดขึ้นระหว่างการเก็บรักษายางอีกทั้งยางLoV ได้มีการป้องกันการเกิดพันธะของโปรตีนจึงมีปริมาณ Microgel ต่ำกว่ายางแท่งSTR50CVนอกจากนั้นเจลมีโครงสร้างเป็นร่างแหซึ่งเจลที่มี ไปขัดขวางสารเคมีและสารตัวเติมทำให้ผสมเข้ากันกับยางได้ยากทำให้ต้องใช้พลังงานในการผสมสูงเพื่อให้สารเคมีและสารตัวเติมผสมเข้ากันกับยางได้ในส่วนของชนิดของสารตัวเติม พบว่าพลังงานในการผสมที่ใช้สารตัวเติมคาร์บอนแบล็ค มีพลังงานในการผสมต่ำกว่าที่ใช้สารตัวเติมซิลิกา เนื่องจากสารตัวเติมที่เป็นซิลิกา ผสมเข้ากันกับยางได้ยากและทำให้ยางคอมเพานด์มีความหนืดสูงจึงต้องใช้พลังงานในการผสมที่สูง ถึงสามารถทำให้ยางและสารตัวเติมซิลิกาเข้ากันกับยางได้



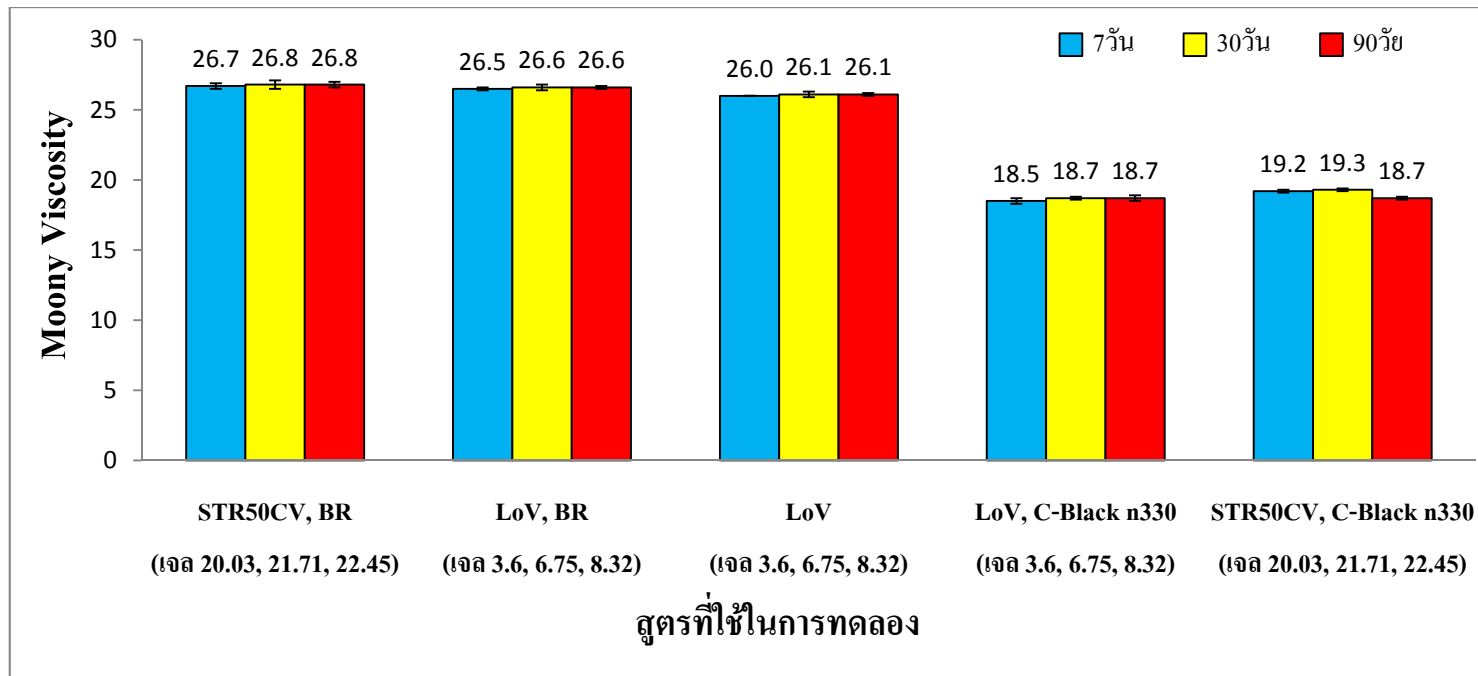
ภาพที่ 2.4 ผลของปริมาณเจลต่อพลังงานในการผสมยางคอมเพานด์

2.3.2. ผลของปริมาณเจลต่อคุณสมบัติยางคอมเพานด์

นำยางธรรมชาติที่เตรียมขึ้นเองเป็นยาง LoV (มีเจลต่ำ) และยางแท่ง STR50CV (ความหนืดคงที่) มีจำหน่ายทางการค้าตั้งทิ้งไว้ 7, 30 และ 90 วัน มาผสมสารเคมีตามตารางที่ 2.1 ด้วย internal mixer แล้วนำมาเติมกำมะถันที่ two roll mill จากนั้นนำยางที่มีปริมาณเจลต่างๆ มาทดสอบความหนืดของยางคอมเพานด์อัตรา การวัลคาไนซ์คุณสมบัติเชิงกลเปรียบเทียบกันของยางทั้งสองชนิด โดยทำซ้ำสองครั้งในแต่ละการทดลอง

ก. ผลของปริมาณเจลต่อความหนืดมูนี (Mooney Viscosity)

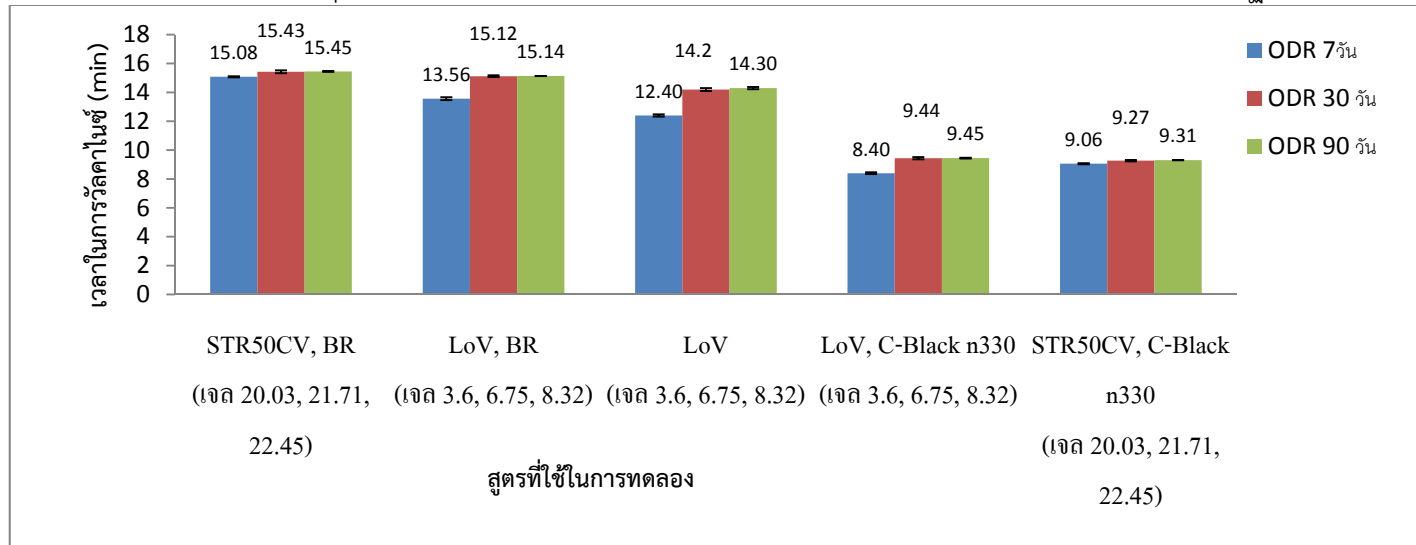
นำยาง LoV และยางแท่ง STR50CV ที่ตั้งทิ้งไว้เป็นเวลา 7, 30 และ 90 วันมาทำการผสมสารเคมีและสารตัวเติมในเครื่อง Internal mixer และย้ายไปเติม Sulfur ในเครื่อง two roll mill จนได้ยางคอมปอนด์ออกมาแล้วนำไปทดสอบ Moony Viscosity ได้ผลดังภาพที่ 2.5 พบว่า Moony Viscosity ของยางคอมปอนด์ที่ใช้ยางคุณภาพพิเศษและยางแท่ง STR50CV เป็นส่วนผสมไม่ได้แตกต่างกันเนื่องจากปริมาณเจลในยางได้ถูกกำจัดไปแล้วในระหว่างขั้นตอนการผสมยางคอมปอนด์ซึ่งเจลที่มีโครงสร้างร่างแหจะถูกฉีกและตัดขาดในขั้นตอน mastication และระหว่างการผสมทำให้เจลมีขนาดโครงสร้างที่เล็กลงจนไม่มีผลต่อค่า Moony Viscosity ของยางคอมปอนด์ในส่วนชนิดของสารตัวเติม พบว่าค่า Moony Viscosity ของยางคอมปอนด์ที่ใช้ซิลิกาเป็นสารตัวเติมแสดง Moony Viscosity ที่สูงกว่าการใช้คาร์บอนแบล็คเนื่องจากการเกาะกลุ่มกันของอนุภาคซิลิกาทำให้ยางคอมปอนด์มีค่าความหนืดสูง



ภาพที่ 2.5 ผลของปริมาณเจลต่อความหนืดมูนนี่ (Moony Viscosity)

ข. ผลของปริมาณเจลต่ออัตราการวัลคาไนซ์

นำยาง LoV และยางแท่ง STR50CV ที่ตั้งทิ้งไว้เป็นเวลา 7, 30 และ 90 วันมาทำการผสมสารเคมีและสารตัวเติมจนได้อย่างคอมปานต์ออกมาแล้วนำมาทดสอบหาอัตราการวัลคาไนซ์ได้ผลดังภาพที่ 2.6 พบว่าระยะเวลาที่ใช้ในการวัลคาไนซ์ของยาง LoV และยางแท่ง STR50CV ที่ตั้งทิ้งไว้เป็นเวลา 7 วันแรกมีอัตราการวัลคาไนซ์ที่เร็วแต่เมื่อตั้งยาง LoV และยางแท่ง STR50CV ที่ตั้งทิ้งไว้เป็นเวลา 30 วันระยะเวลาการวัลคาไนซ์ของยาง LoV และยางแท่ง STR50CV ช้าลงและคงที่ถึงแม้ว่าตั้งยางทิ้งไว้จนถึงเวลา 90 วันเนื่องจากปริมาณเจล 7 วันแรกมีค่าต่ำจึงทำให้ระยะเวลาในการวัลคาไนซ์เร็วสุดแต่เมื่อเวลาผ่านไป 30, 90 วันปริมาณเจลในยางมีค่าเพิ่มมากขึ้นถึงแม้ว่าระหว่างกระบวนการผสมมีการ mastication ยางก่อน และในกระบวนการผสม มีการบดผสมยางซึ่งเจลที่มีโครงสร้างร่างแหถูกเฉือนและตัดขาดไปบางส่วนแต่คงไม่สามารถทำให้เจลหมดไปหรือเหลือน้อยลงเท่า 7 วันแรกจึงทำให้ระยะเวลาในการวัลคาไนซ์เพิ่มขึ้นที่ระยะเวลาตั้งยางทิ้งไว้ 30 วันและหลังจากนี้ระยะเวลาในการวัลคาไนซ์ของยางจะคงที่ในส่วนของชนิดของสารตัวเติมพบว่าระยะเวลาของการวัลคาไนซ์ของยางคอมปานต์ที่ใช้สารตัวเติมซิลิกา มีระยะเวลาในการวัลคาไนซ์ช้ากว่าที่ใช้สารตัวเติมชนิดคาร์บอนแบล็คเนื่องจากซิลิกามีฤทธิ์เป็นกรดจึงสามารถจับกับสารตัวเร่งในระบบวัลคาไนซ์ทำให้ยางคอมปานต์เกิดปฏิกิริยาเชื่อมโยงและวัลคาไนซ์ช้าลง

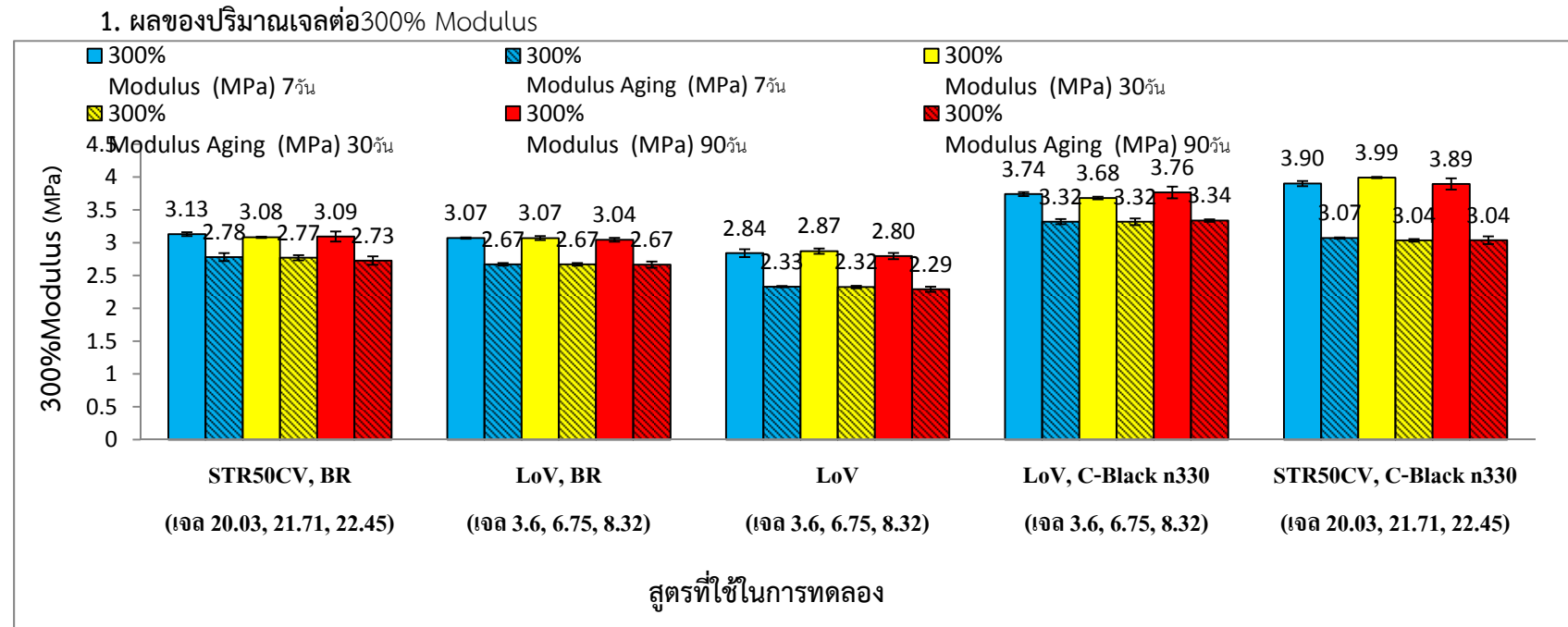


ภาพที่ 2.6 ผลของปริมาณเจลต่ออัตราการวัลคาไนซ์

ค. ผลของปริมาณเจลต่อคุณสมบัติเชิงกลและคุณสมบัติเชิงกลพลวัต

นำยาง LoV และยางแท่ง STR50CV ที่ตั้งทิ้งไว้เป็นเวลา 7, 30 และ 90 วันมาทำการผสมสารเคมีและสารตัวเติมจนได้อย่างคอมปานต์ออกมาหลังจากนั้นนำไปอัดเข้าด้วยอุณหภูมิ 150 °C ใช้เวลาในการตามระยะเวลาที่ใช้ในการวัลคาไนซ์และนำไปทดสอบหา 300% Modulus, % Elongation at break, Tensile

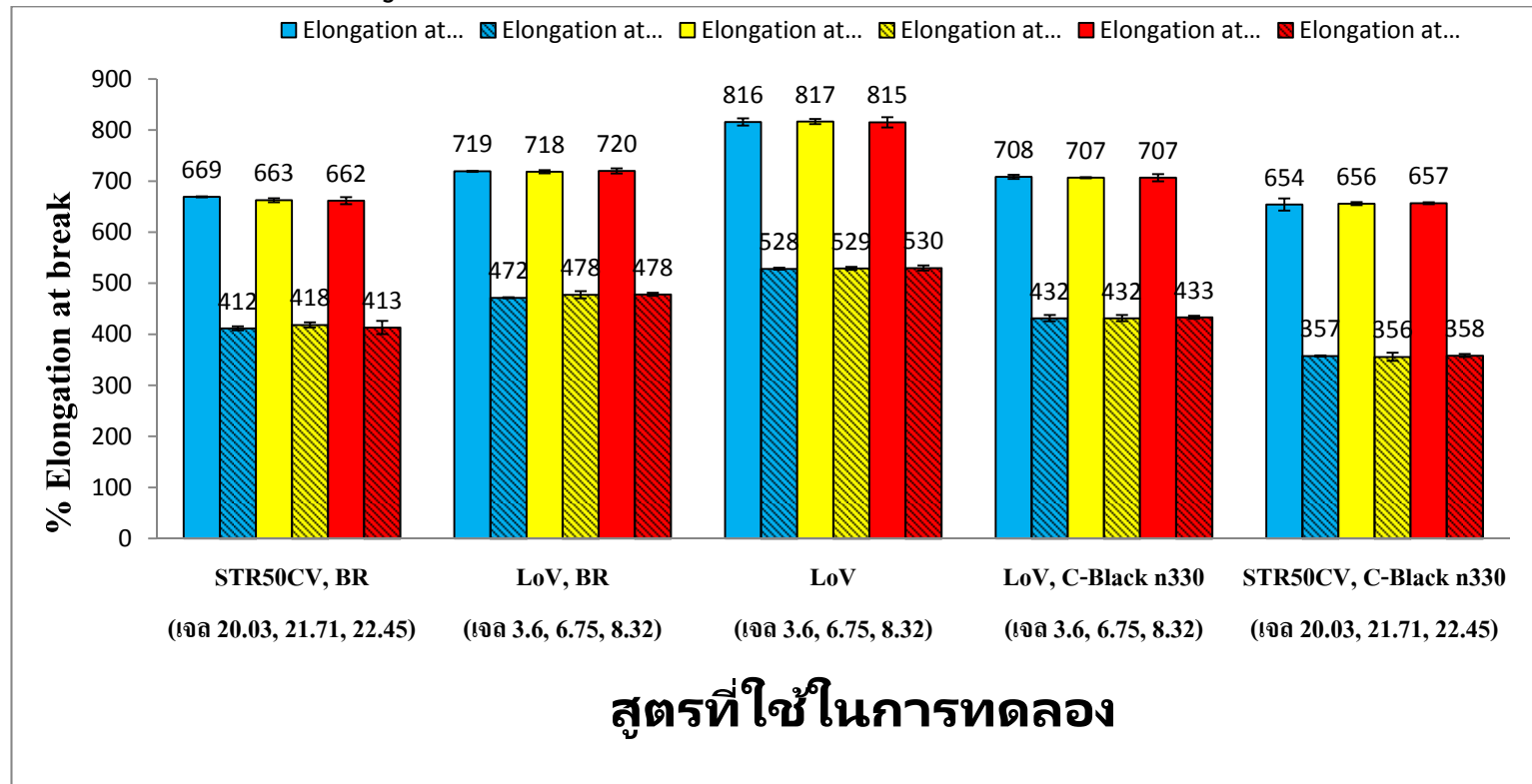
resistance, Tear resistance, ได้ผลดังภาพที่ 2.7-2.10 ตามลำดับสำหรับ Heat build up และ % Compression set ใช้ยาง LoV และยางแท่ง STR50CV ที่ตั้งทิ้งไว้เป็นเวลา 7, 90 วันมาทำการผสมสารเคมีตามที่กล่าวข้างต้น แล้วนำมาทดสอบสมบัติทั้งสอง ได้ผลดังภาพที่ 2.11-2.12 ส่วน Abrasion Loss, การขยายตัวต่อรอยแตก, Storage modulus, Loss modulus และ Tan δ ใช้ยาง LoV และยางแท่ง STR50CV ที่ตั้งทิ้งไว้เป็นเวลา 90 วันมาทำการผสมสารเคมีแล้วนำมาทดสอบสมบัติที่กล่าวข้างต้น ได้ผลดังภาพที่ 2.13-2.17 ตามลำดับ



ภาพที่ 2.7 ผลของปริมาณเจลต่อ 300% Modulus

พบว่า 300% Modulus ของยางคอมพอนด์ที่ใช้ยาง LoV และยางแท่ง STR50CV เป็นส่วนผสมมี 300% Modulus ไม่แตกต่างกันทั้งก่อนและหลัง Aging ในส่วนของสารตัวเติมพบว่ายางที่ใช้ซิลิกาเป็นสารตัวเติมมี 300% Modulus ทั้งก่อนและหลัง Aging ต่ำกว่ายางคอมพอนด์ที่ใช้คาร์บอนแบล็คเป็นสารตัวเติมเนื่องจากผิวของซิลิกาเป็นสารอินทรีย์ยึดเกาะกับยางหรือผสมเข้ากันกับยางได้ไม่ดีเท่ากับคาร์บอนแบล็คกับยางธรรมชาติที่เป็นสารอินทรีย์เหมือนกันจึงส่งผลให้ยางคอมพอนด์ที่ใช้ซิลิกาเป็นสารตัวเติมมี 300% Modulus ทั้งก่อนและหลัง Aging ต่ำกว่ายางคอมพอนด์ที่ใช้คาร์บอนแบล็คเป็นสารตัว

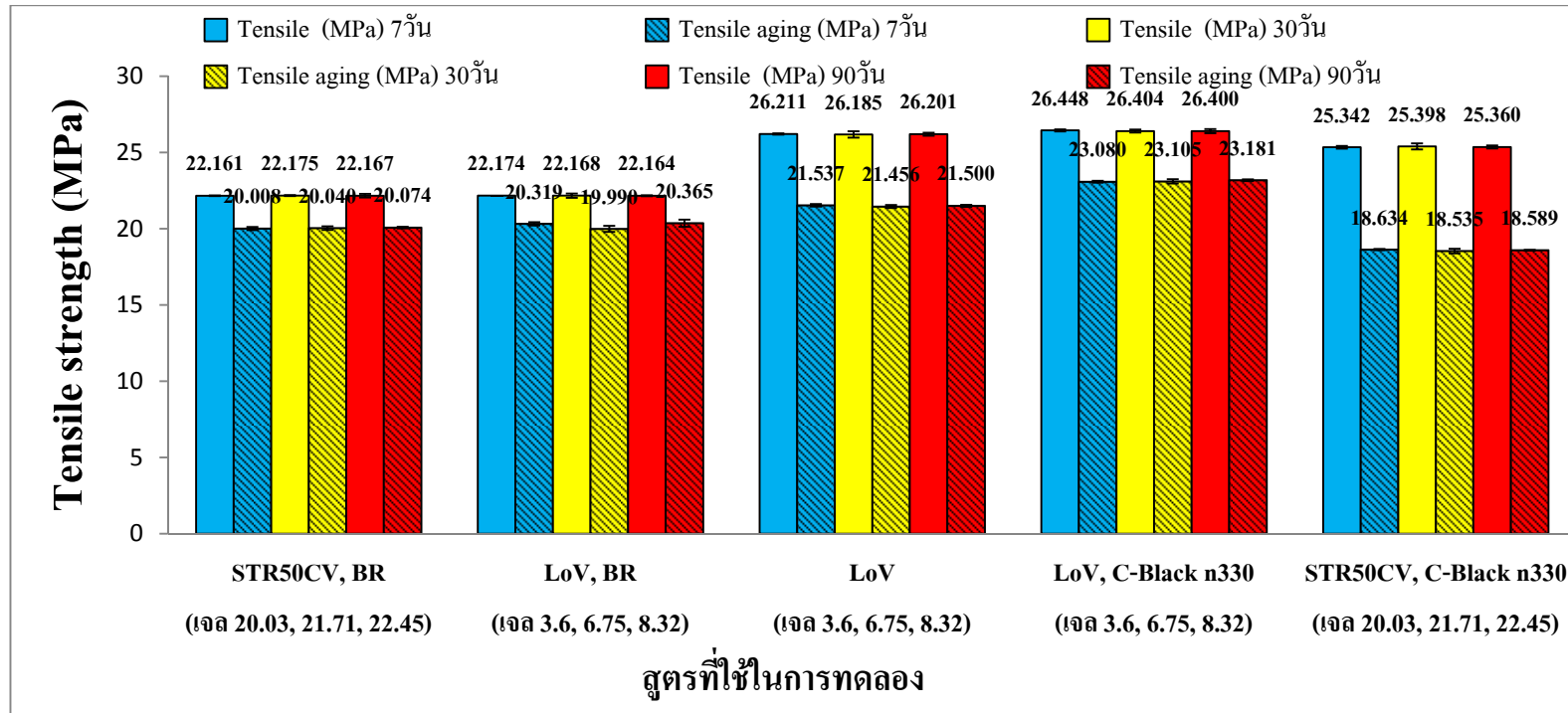
2. ผลของปริมาณเจลต่อ % Elongation at break



ภาพที่ 2.8 ผลของปริมาณเจลต่อ % Elongation at break

จากภาพที่ 2.8 พบว่า % Elongation at break ของยางคอมเพานด์ที่ใช้ยาง LoV เป็นส่วนผสมมี % Elongation at break ทั้งก่อนและหลัง Aging สูงมากกว่ายางคอมเพานด์ที่ใช้ยางแท่ง STR50CV เป็นส่วนผสมและเมื่อใช้ยาง LoV เพียงอย่างเดียวโดยไม่มียาง BR ผสมเข้าไปด้วยยิ่งทำให้ % Elongation at break สูงกว่าเดิมเนื่องจากยาง LoV เป็นยางธรรมชาติซึ่งมีข้อดีกล่าวคือ % Elongation at break สูงกว่ายาง BR ในส่วนยาง STR50CV ก็เป็นยางธรรมชาติเช่นกันแต่ยาง STR50CV มีปริมาณเจลสูง ปริมาณเจลในยาง มีโครงสร้างเป็นร่างแหและเป็นจุดที่มีความแข็งแรงน้อยก่อให้เกิด defect ในชิ้นตัวอย่างทำให้เกิดการแตกขาดได้ง่ายทำให้ % Elongation at break ต่ำในส่วนของสารตัวเติม % Elongation at break ทั้งก่อนและหลัง Aging ไม่ได้แตกต่างกัน

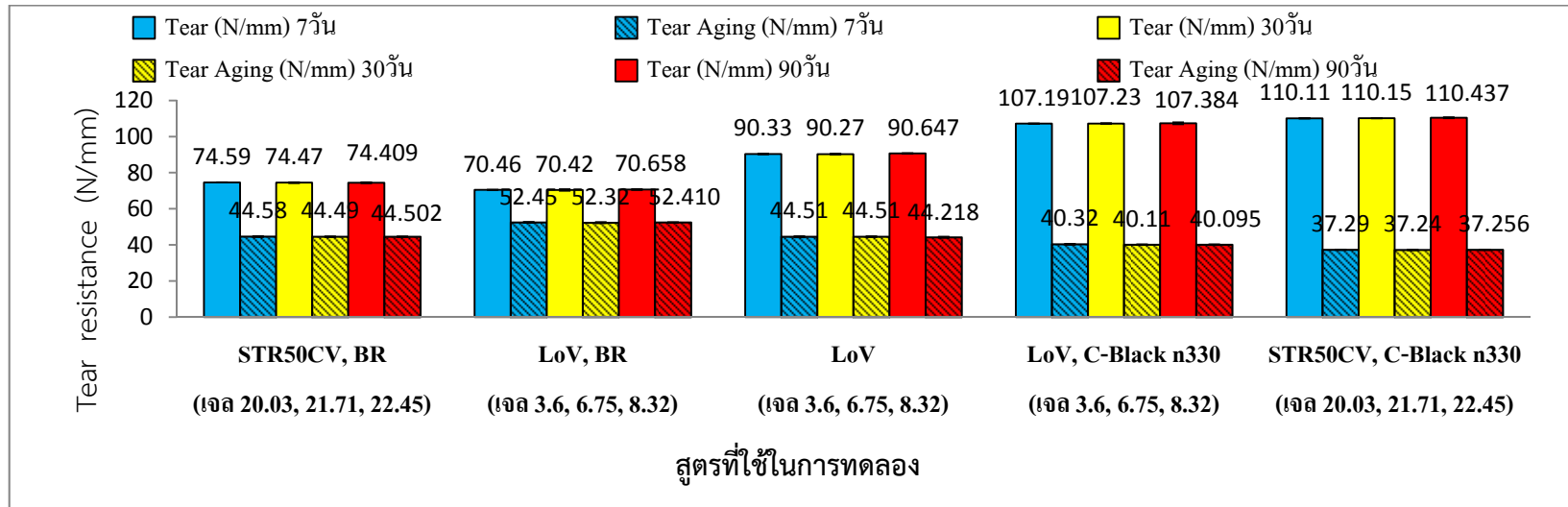
3. ผลของปริมาณเจลต่อ Tensile resistance



ภาพที่ 2.9 ผลของปริมาณเจดต่อ Tensile strength (MPa)

จากภาพที่ 2.9 พบว่า Tensile resistance ของยางคอมเพานด์ที่ใช้ยาง LoV และยางแท่ง STR50CV เป็นส่วนผสมมี Tensile resistance ไม่แตกต่างกัน ทั้งก่อนและหลัง Aging และเมื่อใช้ยาง LoV เพียงอย่างเดียวโดยไม่มียาง BR ผสมเข้าไปด้วยทำให้ Tensile resistance สูงมากขึ้นเนื่องจากยาง LoV เป็นยางธรรมชาติซึ่งมีข้อดีในเรื่อง Tensile resistance สูงกว่ายาง BR เนื่องจากยางธรรมชาติมีโครงสร้างโมเลกุลที่ สม่่าเสมอทำให้สามารถดกผลึกได้เมื่อถึงจึงทำให้ยางธรรมชาติมีความแข็งแรงสูงเมื่อใส่ยาง BR ที่เป็นยางสังเคราะห์ลงไปจึงทำให้ Tensile resistance ต่ำลงในส่วนของยางแท่ง STR50CV ก็เป็นยางธรรมชาติเช่นกัน แต่ยาง STR50CV มีปริมาณเจดสูงซึ่งปริมาณเจดในยางทำให้มีโครงสร้างเป็นร่างแหและเป็นจุดที่มีความแข็งแรงน้อยก่อให้เกิด defect ในชิ้นตัวอย่างทำให้เกิดการแตกขาดได้ง่ายทำให้ Tensile resistance ต่ำในส่วนของสารตัวเติมพบว่ายางที่ใช้ซิลิกาเป็นสารตัวเติมมี Tensile resistance ทั้งก่อนและหลัง Aging ต่ำกว่ายางคอมเพานด์ที่ใช้คาร์บอนแบล็คเป็นสารตัวเติมเนื่องจากผิวของซิลิกาเป็นสารอินทรีย์จึงยึดเกาะกับยางหรือผสมเข้ากันกับยางได้ไม่ดีเท่ากับคาร์บอนแบล็คกับยางธรรมชาติที่เป็นสารอินทรีย์เหมือนกันจึงส่งผลให้ยางคอมเพานด์ที่ใช้ซิลิกาเป็นสารตัวเติมมี Tensile resistance ทั้งก่อนและหลัง Aging ต่ำกว่ายางคอมเพานด์ที่ใช้คาร์บอนแบล็คเป็นสารตัว

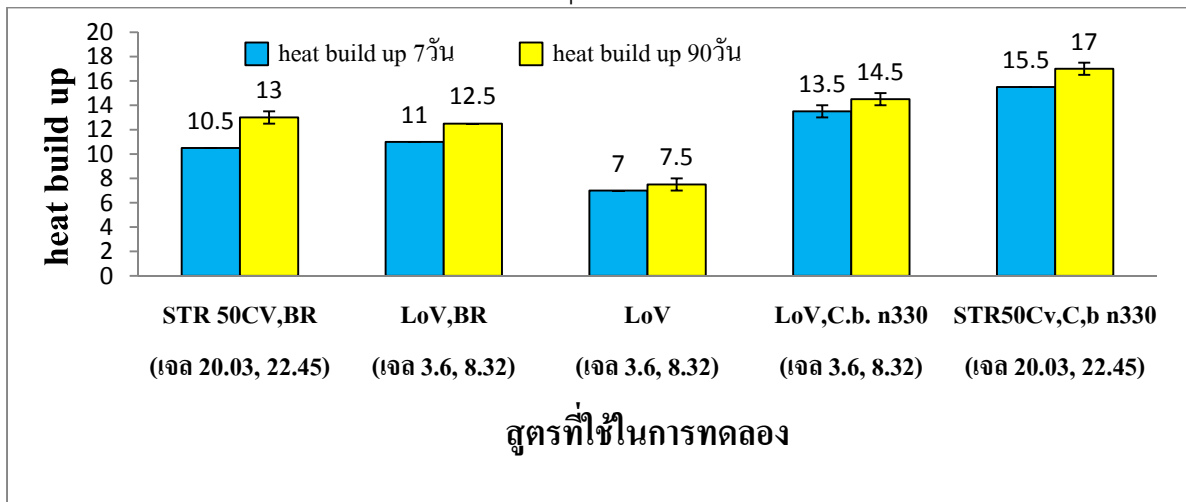
4. ผลของปริมาณเจลต่อ Tear resistance



ภาพที่ 2.10 ผลของปริมาณเจลต่อ Tear resistance

จากภาพที่ 2.10 พบว่า Tear resistance ของยางคอมเพานด์ที่ใช้ยาง LoV และยางแท่ง STR50CV เป็นส่วนผสมมี Tear resistance ไม่แตกต่างกันทั้งก่อนและหลัง Aging และเมื่อใช้ยาง LoV เพียงอย่างเดียวโดยไม่มียาง BR ผสมเข้าไปด้วยทำให้ Tear resistance สูงมากขึ้นเนื่องจากยาง LoV เป็นยางธรรมชาติซึ่งมีข้อดีในเรื่อง Tear resistance สูงกว่ายางสังเคราะห์เมื่อใส่ยาง BR ที่เป็นยางสังเคราะห์ลงไปจึงทำให้ Tear resistance ต่ำลงในส่วนของยางแท่ง STR50CV ก็เป็นยางธรรมชาติเช่นกันแต่ยาง STR50CV มีปริมาณเจลสูงซึ่งปริมาณเจลในยางจึงมีโครงสร้างเป็นร่างแหและเป็นจุดที่มีความแข็งแรงน้อยก่อให้เกิด defect ในชิ้นตัวอย่างทำให้เกิดการแตกขาดได้ง่ายทำให้ Tear resistance ต่ำในส่วนของสารตัวเติมพบว่ายางที่ใช้ซิลิกาเป็นสารตัวเติมมี Tear resistance ทั้งก่อนและหลัง Aging ต่ำกว่ายางคอมเพานด์ที่ใช้คาร์บอนแบล็คเป็นสารตัวเติมเนื่องจากผิวของซิลิกาเป็นสารอนินทรีย์จึงยึดเกาะกับยางหรือผสมเข้ากันกับยางได้ไม่ดีเท่ากับคาร์บอนแบล็คกับยางธรรมชาติที่เป็นสารอินทรีย์เหมือนกันจึงส่งผลให้ยางคอมเพานด์แสดงว่าปริมาณเจลมีผลต่อ Tear resistance อย่างมีนัยสำคัญแต่ปริมาณเจลที่เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาที่ตั้งทิ้งไว้ไม่มีผลต่อ Tear resistance อย่างมีนัยสำคัญเนื่องจากเป็นเจลชนิด macro gel ที่สามารถถูกทำลายได้ขณะผสมยางถูก บดย่อยไป

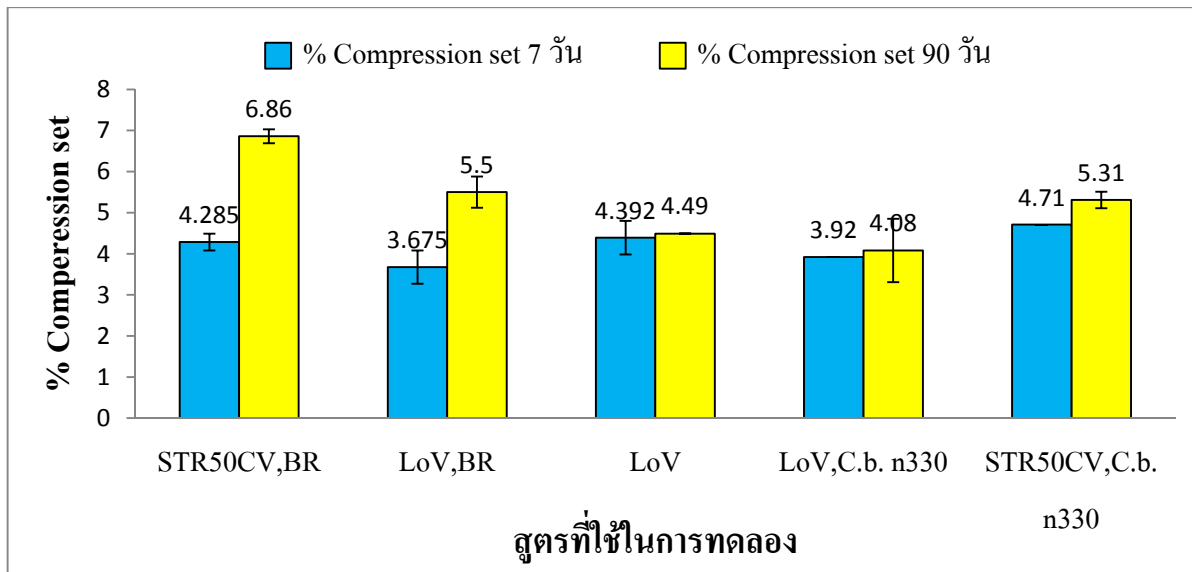
5. ผลของปริมาณเจลต่อ Heat build up



ภาพที่ 2.11 ผลของปริมาณเจลต่อ Heat build up

จากภาพที่ 2.11 พบว่า Heat build up ของยางคอมเพานด์ที่ใช้ยาง LoV และยางแท่ง STR50CV เป็นส่วนผสมมี Heat build up ไม่แตกต่างกันหลังจากที่ปริมาณเจลเพิ่มมากขึ้นและเมื่อใช้ยาง LoV เพียงอย่างเดียวในการผสมยางคอมเพานด์โดยไม่มียาง BR ผสมเข้าไปด้วยทำให้ Heat build up ต่ำลงอย่างมีนัยสำคัญ เนื่องจากปริมาณเจลในยางต่ำ ทำให้สามารถระบายความร้อนได้ดีไม่เกิดการกักเก็บความร้อนในส่วนของสารตัวเติมพบว่ายางที่ใช้ซิลิกาเป็นสารตัวเติมมี Heat build up ต่ำเนื่องจากซิลิกาเป็นสารตัวเติมที่เป็นอนินทรีย์ซึ่งสารอนินทรีย์มีการสะสมความร้อนต่ำทำให้ยางคอมเพานด์ที่ใช้สารตัวเติมซิลิกามี Heat build up ต่ำในส่วนของคาร์บอนแบล็คซึ่งเป็นสารตัวเติมชนิดอินทรีย์ จึงมีค่าความจุความร้อนสูงและสามารถเก็บกักความร้อนได้ดีทำให้ยางที่ใช้สารตัวเติมคาร์บอนแบล็คมี Heat build up สูง

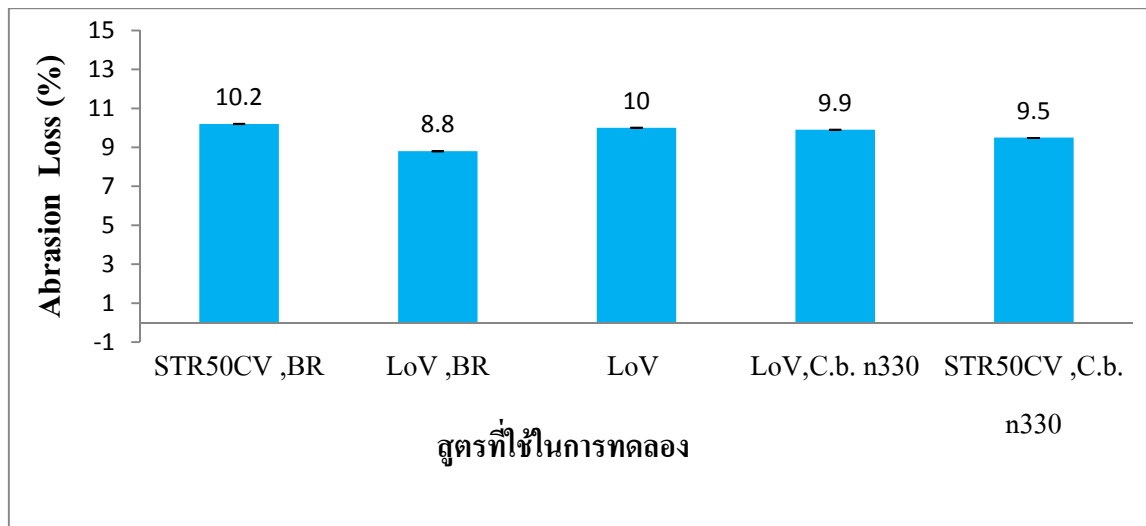
6. ผลของปริมาณเจลต่อ % Compression set



ภาพที่ 2.12 ผลของปริมาณเจลต่อ %Compression set

จากภาพที่ 2.12 พบว่า %Compression set ของยางคอมเพานด์เปานด์ที่ใช้ยาง LoV ในการผสมมี % Compression set ที่ต่ำกว่ายางแท่ง STR50CV เล็กน้อยและเมื่อปริมาณเจลเพิ่มมากขึ้นก็ทำให้ % Compression set เพิ่มมากขึ้นเช่นกันเนื่องจากยางแท่ง STR50CV มีปริมาณเจลในยางสูงปริมาณเจลในยางจึงไปขัดขวางสายโซ่โมเลกุลของยางให้เคลื่อนที่กลับไปยังจุดเดิมก่อนที่จะถูกแรงกระทำได้ยากจึงทำให้ % Compression set ของยางจึงสูงแสดงว่าปริมาณเจลมีต่อ %Compression set ในส่วนของชนิดของสารตัวเติมยางคอมเพานด์ที่ใช้สารตัวเติมซิลิกาและคาร์บอนแบล็คมี % Compression set ไม่ได้แตกต่างกัน

7. ผลของปริมาณเจลต่อ Abrasion Loss

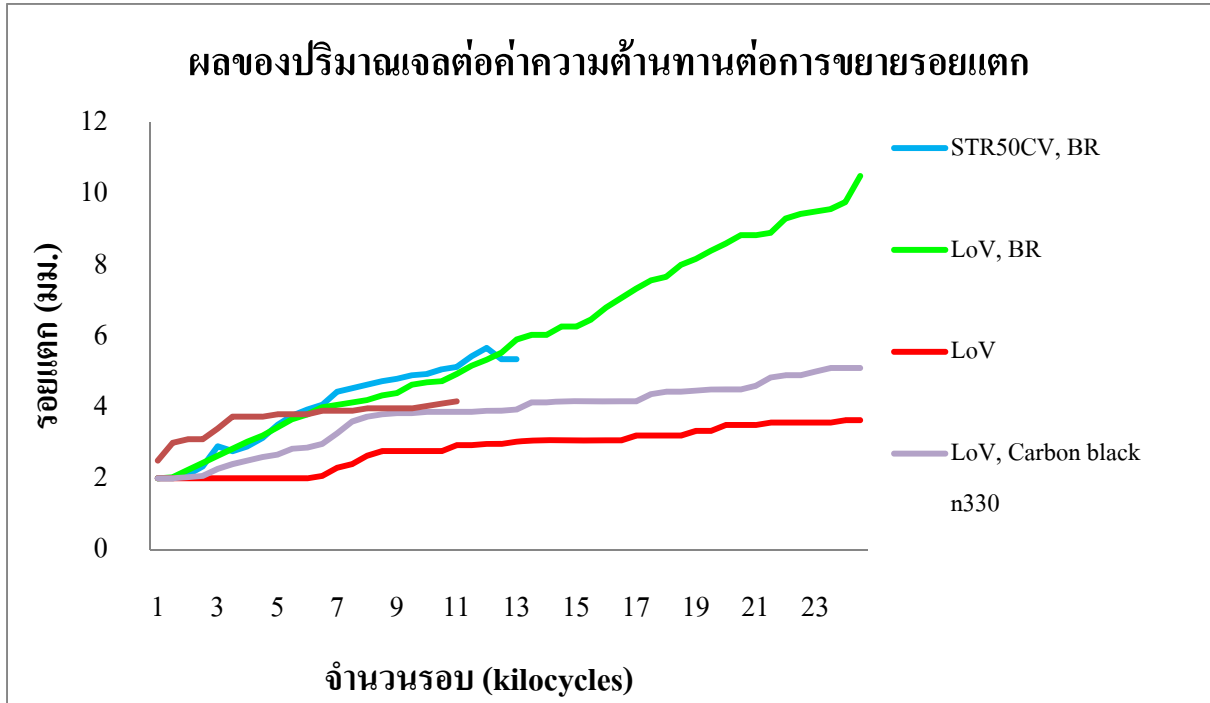


ภาพที่ 2.13 ผลของปริมาณเจลต่อAbrasion Loss (%)

จากภาพที่ 2.13 พบว่า Abrasion Loss ของยางคอมเพานด์ที่ใช้ยาง LoV และยางแท่ง STR50CV เป็นส่วนผสมมี Abrasion Loss ไม่แตกต่างกันแสดงว่าปริมาณเจลไม่มีผลต่อ Abrasion Loss ในส่วนชนิดของสารตัวเติมพบว่า Abrasion Loss ของยางคอมเพานด์เปานด์ที่ใช้ซิลิกาและคาร์บอนแบล็คเป็นสารตัว

เติม Abrasion Loss มีค่าใกล้เคียงกันถือว่าไม่แตกต่างกันแสดงว่าทั้งปริมาณเจลและชนิดของสารตัวเติม ไม่มีผล ต่อ Abrasion Loss

8. ผลของปริมาณเจลต่อการขยายตัวต่อรอยแตก



ภาพที่ 2.14 ผลของปริมาณเจลต่อความต้านทานการขยายตัวต่อรอยแตก

จากภาพที่ 2.14 พบว่าผลของปริมาณเจลต่อความต้านทานการขยายตัวต่อรอยแตกของยางคอมเพานด์เปานด์มีผลดังนี้

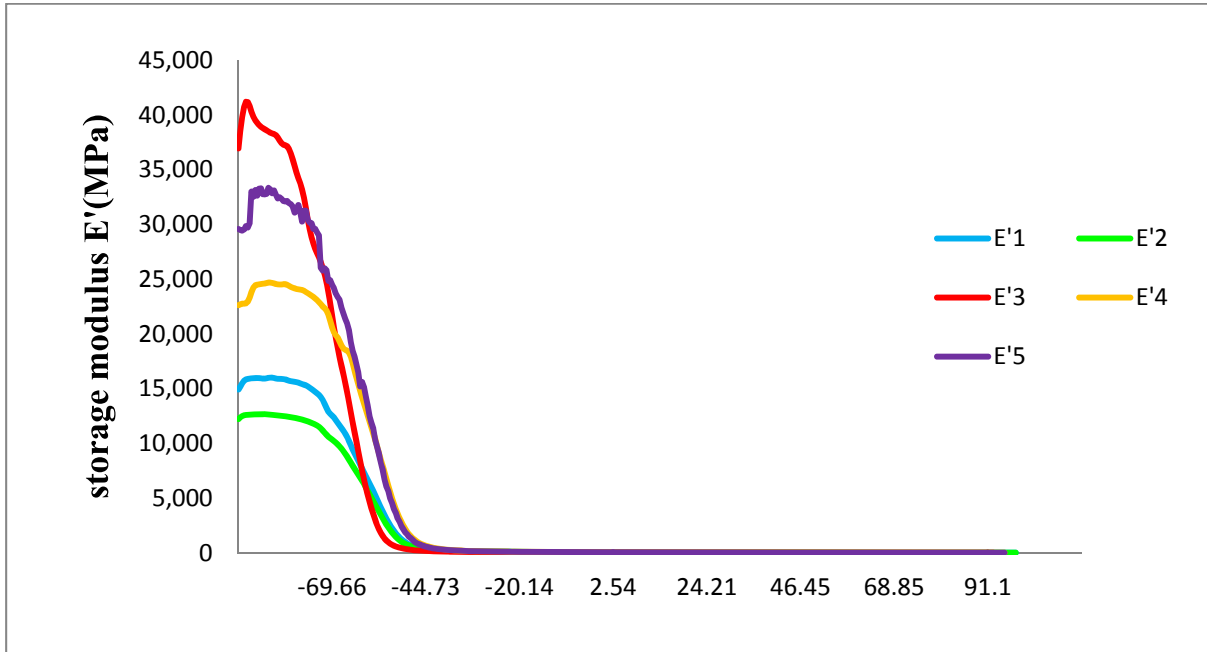
- สูตรยางคอมเพานด์ที่ 1, 2 และ 3 เปรียบเทียบชนิดของยางโดยใช้สารตัวเติมซิลิกาพบว่าสูตรยางคอมเพานด์ที่ 2 และ 3 ใช้ยาง LoV เป็นส่วนผสมมีความต้านทานการขยายตัวต่อรอยแตกสูงมากกว่าสูตรยางคอมเพานด์ที่ 1 ใช้ยางแท่ง STR50CV เป็นส่วนผสมเนื่องจากยางคอมเพานด์ที่ใช้ยาง LoV เป็นส่วนผสมมีปริมาณเจลต่ำซึ่งปริมาณเจลในยางมีโครงสร้างเป็นร่างแหและเป็นจุดที่ความแข็งแรงน้อยก่อให้เกิด defect ในชิ้นตัวอย่างทำให้เกิดการขยายตัวของรอยแตกได้ง่ายเมื่อยาง LoV มีปริมาณเจลต่ำจึงทำให้ความต้านทานการขยายตัวต่อรอยแตกสูง

- สูตรยางคอมเพานด์ที่ 3, 4 เปรียบเทียบชนิดของสารตัวเติมโดยใช้ยาง LoV พบว่าสูตรยางคอมเพานด์ที่ 3 ใช้ซิลิกาและสูตรยางคอมเพานด์ที่ 4 ใช้คาร์บอนแบล็คเป็นสารตัวเติมไม่มีความต้านทานการขยายตัวต่อรอยแตกแตกต่างกัน

- สูตรยางคอมเพานด์ที่ 4, 5 เปรียบเทียบชนิดของยางโดยใช้สารตัวเติมคาร์บอนแบล็คพบว่าสูตรยางคอมเพานด์ที่ 4 ใช้ยาง LoV เป็นส่วนผสมมีความต้านทานการขยายตัวต่อรอยแตกสูงมากกว่าสูตรยางคอมเพานด์ที่ 5 ใช้ยางแท่ง STR50CV เป็นส่วนผสมเนื่องจากยางคอมเพานด์ที่ใช้ยาง LoV เป็นส่วนผสมมีปริมาณเจลต่ำซึ่งปริมาณเจลในยางมีโครงสร้างเป็นร่างแหและเป็นจุดที่ความแข็งแรงน้อยก่อให้เกิด defect ในชิ้นตัวอย่างทำให้เกิดการขยายตัวของรอยแตกได้ง่ายเมื่อยาง LoV มีปริมาณเจลต่ำจึงทำให้ความต้านทานการขยายตัวต่อรอยแตกสูง

สรุปสูตรยางคอมเพานด์ที่ใช้ยาง LoVเป็นส่วนผสมมีความต้านทานการขยายตัวต่อรอยแตกสูงมากกว่ายางคอมเพานด์ที่ใช้ยางแท่ง STR50CV เป็นส่วนผสมในส่วนชนิดของสารตัวเติมยางคอมเพานด์ไม่มีผลต่อความต้านทานการขยายตัวต่อรอยแตกแตกต่างกัน

9. ผลของปริมาณเจลดต่อ Storage modulus



ภาพที่ 2.15 ผลของปริมาณเจลดต่อ Storage modulus E' (MPa)

จากภาพที่ 2.15 พบว่าผลของปริมาณเจลดต่อ Storage modulus E' (MPa) มีผลดังนี้

- สูตรยางคอมเพานด์ที่ 1, 2 และ 3 เปรียบเทียบชนิดของยางโดยใช้สารตัวเติมซิลิกาพบว่าสูตรยางคอมเพานด์ที่ 2 และ 3 ใช้ยาง LoVเป็นส่วนผสมมี Storage modulus (E') ต่ำกว่าสูตรยางคอมเพานด์ที่ 1 ที่ใช้ยางแท่ง STR50CV เป็นส่วนผสมเนื่องจากผลของปริมาณเจลดที่มีในยางจึงส่งผลต่อ Storage modulus (E') ของยางคอมเพานด์เปานด์ที่ผ่านการวัลคาไนซ์กล่าวคือเมื่อปริมาณเจลดในยางเพิ่มมากขึ้นทำให้ Storage modulus (E') ของยางสูงมากขึ้นตามซึ่งสาเหตุที่เป็นแบบนี้เพราะ Storage modulus (E') บอกลถึงการตอบสนองแบบ Elastic หรือบอกลถึงความแข็งที่ (Stiffness) ของยางคอมเพานด์เปานด์ที่ผ่านการวัลคาไนซ์แล้วการที่มีปริมาณเจลดเพิ่มมากขึ้นทำให้เจลดไปขัดขวางการเคลื่อนไหวของสายโซ่โมเลกุลยางยิ่งปริมาณเจลดเพิ่มมากขึ้นทำให้การขัดขวางการเคลื่อนไหวของสายโซ่โมเลกุลยางเพิ่มมากขึ้นทำให้ยางมีความแข็งที่มากขึ้นจึงทำให้ Storage modulus (E') สูงขึ้นตามซึ่งไม่เกิดผลดีกับยางทำให้ยางสูญเสียความเป็น Elastic

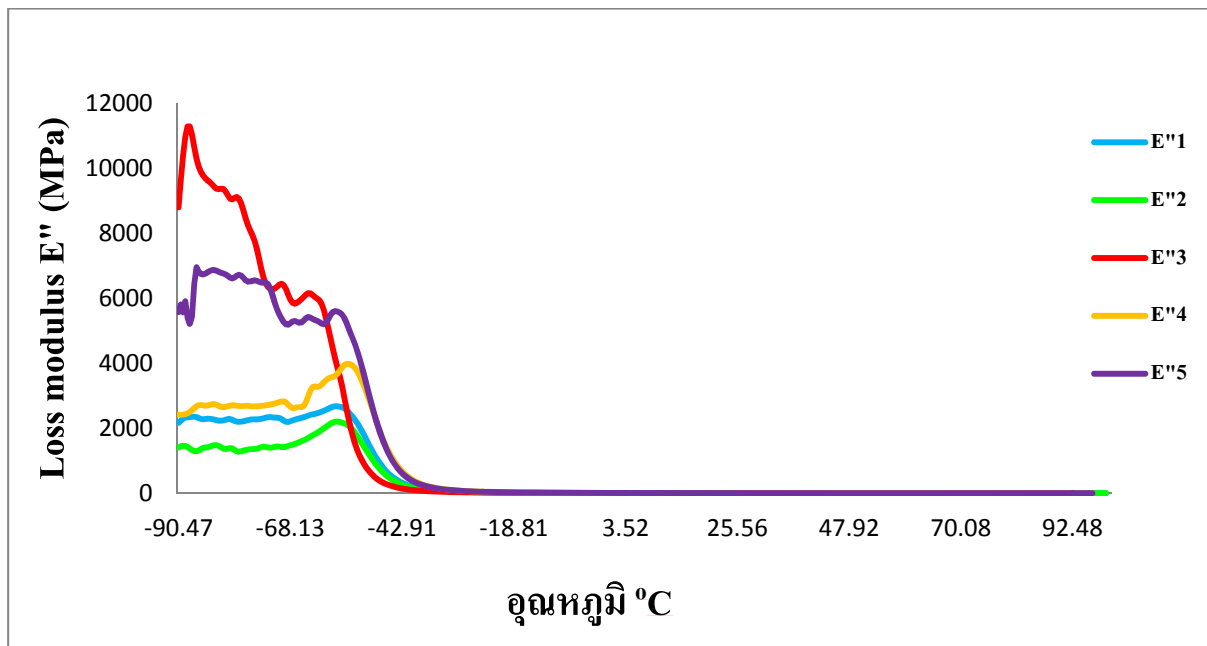
- สูตรยางคอมเพานด์ที่ 3, 4 เปรียบเทียบชนิดของสารตัวเติมโดยใช้ยาง LoVพบว่าสูตรยางคอมเพานด์ที่ 3 ใช้ซิลิกามี Storage modulus (E') ต่ำกว่าสูตรยางคอมเพานด์ที่ 4 ที่ใช้คาร์บอนแบล็คเป็นสารตัวเติมเนื่องจากคาร์บอนแบล็คมีอนุภาคขนาดใหญ่ทำให้ไปขัดขวางการเคลื่อนไหวของสายโซ่โมเลกุลยางยิ่งสารตัวเติมมีอนุภาคใหญ่มากขึ้นทำให้การขัดขวางการเคลื่อนไหวของสายโซ่โมเลกุลยางเพิ่มมากขึ้นทำให้ยางมีความแข็งที่มากขึ้นจึงทำให้ Storage modulus (E') สูงขึ้นตามซึ่งไม่เกิดผลดีกับยางทำให้ยางสูญเสียความเป็น Elastic

- สูตรยางคอมเพานด์ที่ 4, 5 เปรียบเทียบชนิดของยางโดยใช้สารตัวเติมคาร์บอนแบล็คพบว่าสูตรยางคอมเพานด์ที่ 4 ใช้ยาง LoVเป็นส่วนผสมมี Storage modulus (E') ต่ำกว่าสูตรยางคอมเพานด์ที่ 5 ที่ใช้ยางแท่ง STR50CV เป็นส่วนผสม เช่นเดียวกันในสองสูตรเป็นการเปรียบเทียบชนิดของยาง กล่าวคือเมื่อปริมาณ

เจลในยางที่มากทำให้ Storage modulus (E') ของยางสูงมากขึ้นซึ่งสาเหตุที่เป็นแบบนี้เพราะ Storage modulus (E') บอกถึงการตอบสนองแบบ Elastic หรือบอกถึงความแข็งทื่อ (Stiffness) ของยางคอมเพานด์ เปานด์ที่ผ่านการวัลคาไนซ์การที่มีปริมาณเจลเพิ่มมากขึ้นทำให้เจลไปขัดขวางการเคลื่อนไหวของสายโซ่ โมเลกุลยางยิ่งปริมาณเจลเพิ่มมากขึ้นทำให้การขัดขวางการเคลื่อนไหวของสายโซ่โมเลกุลยางเพิ่มมากขึ้นทำให้ยางมีความแข็งทื่อมากขึ้นจึงทำให้ Storage modulus (E') สูงขึ้น

สรุปผลของปริมาณเจลที่มีในยางส่งผลต่อ Storage modulus (E') ของยางคอมเพานด์เปานด์ที่ผ่านการวัลคาไนซ์กล่าวคือเมื่อปริมาณเจลในยางเพิ่มมากขึ้นทำให้ Storage modulus (E') ของยางสูงมากขึ้นตามไปในส่วนชนิดของสารตัวเติมยางคอมเพานด์ที่ใช้ซิลิกาเป็นสารตัวเติมมี Storage modulus (E') ต่ำกว่ายางคอมเพานด์ที่ใช้คาร์บอนแบล็คเป็นสารตัวเติม

10. ผลของปริมาณเจลต่อ Loss modulus



ภาพที่ 2.16 ผลของปริมาณเจลต่อ Loss modulus E'' (MPa)

จากภาพที่ 2.16 พบว่าผลของปริมาณเจลต่อ Loss modulus E'' (MPa) มีผลดังนี้

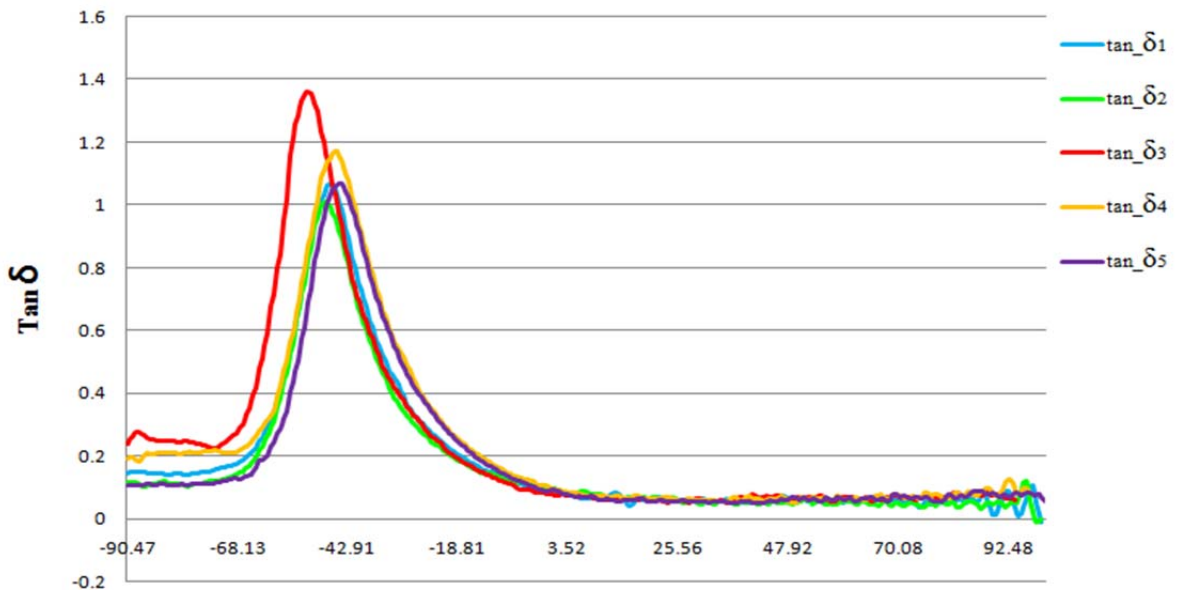
- สูตรยางคอมเพานด์ที่ 1, 2 และ 3 เปรียบเทียบชนิดของยางโดยใช้สารตัวเติมซิลิกาพบว่าสูตรยางคอมเพานด์ที่ 2 และ 3 ใช้ยาง LoV เป็นส่วนผสมมี Loss modulus (E'') ต่ำกว่าสูตรยางคอมเพานด์ที่ 1 ที่ใช้ยางแท่ง STR50CV เป็นส่วนผสมเนื่องจาก Loss modulus (E'') เป็นค่าที่บ่งบอกถึงการสูญเสียพลังงานของยางโดยพลังงานนี้ไม่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้และสูญหายไปในระบบเมื่อปริมาณเจลมีสูงขึ้นทำให้เกิดกลุ่มก้อนของเจลขนาดใหญ่ขึ้นในยางทำให้การสูญเสียพลังงานจึงมีแนวโน้มสูงขึ้นส่งผลให้ Loss modulus (E'') ของยางจึงมีแนวโน้มสูงขึ้นเมื่อปริมาณเจลเพิ่มขึ้น
- สูตรยางคอมเพานด์ที่ 3, 4 เปรียบเทียบชนิดของสารตัวเติมโดยใช้ยาง LoV พบว่าสูตรยางคอมเพานด์ที่ 3 ใช้ซิลิกามี Loss modulus (E'') ต่ำกว่าสูตรยางคอมเพานด์ที่ 4 ที่ใช้คาร์บอนแบล็คเป็นสารตัวเติมเนื่องจากอนุภาคของสารตัวเติมคาร์บอนแบล็คมีขนาดใหญ่ทำให้ยางมีการสูญเสียพลังงานสูงดังนั้น Loss modulus (E'') ของยางจึงสูง

- สูตรยางคอมเพานด์ที่ 4, 5 เปรียบเทียบชนิดของยางโดยใช้สารตัวเติมคาร์บอนแบล็คพบว่าสูตรยางคอมเพานด์ที่ 4 ใช้ยาง LoVเป็นส่วนผสมมีค่า Loss modulus (E'') ต่ำกว่าสูตรยางคอมเพานด์ที่ 5 ที่ใช้ยางแท่ง STR50CV เป็นส่วนผสมเนื่องมาจากมีปริมาณเจล ต่ำกว่า

สรุปผลของปริมาณเจลที่มีในยางแท่ง STR50CV และยาง LoVมีความสัมพันธ์เป็นแบบแปรผันตามกัน กล่าวคือเมื่อปริมาณเจลในยางเพิ่มมากขึ้น Loss modulus (E'') มีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นเช่นกันในส่วนชนิดของสารตัวเติมยางคอมเพานด์ที่ใช้ซิลิกาเป็นสารตัวเติมมี Loss modulus (E'') ต่ำกว่ายางคอมเพานด์ที่ใช้คาร์บอนแบล็คเป็นสารตัวเติม

11. ผลของปริมาณเจลต่อ Tan δ

ผลของปริมาณเจลต่อค่า Tan δ ที่อุณหภูมิต่างๆ



ภาพที่ 2.17 ผลของปริมาณเจลต่อ Tan δ

จากภาพที่ 2.17 พบว่าผลของปริมาณเจลต่อ Tan δ มีผลดังนี้

- สูตรยางคอมเพานด์ที่ 1,2 และ 3 เปรียบเทียบชนิดของยางโดยใช้สารตัวเติมซิลิกาพบว่ายางคอมเพานด์สูตรที่ 2 และ 3 ใช้ยาง LoVเป็นส่วนผสมมี Tan δ ในช่วงอุณหภูมิ 0 -20 °Cสูงกว่ายางคอมเพานด์สูตรที่ 1 ที่ใช้ยางแท่ง STR50CV เป็นส่วนผสมซึ่งค่า Tan δ ช่วงอุณหภูมิ 0 -20 °Cบอกถึงค่า Wet grip เป็นค่าที่บ่งบอกการยึดเกาะพื้นถนนขณะเปียกแสดงว่ายางคอมเพานด์สูตรที่ 2 และ 3 มีค่าการยึดเกาะพื้นถนนขณะเปียกดีกว่าและค่า Tan δ ในช่วงอุณหภูมิ 50 - 70 °Cเป็นช่วงอุณหภูมิที่บอกถึง Rolling Resistance ซึ่งเป็นค่าที่บ่งบอกการต้านทานการหมุนของยางคอมเพานด์สูตรที่ 2, 3 มีส่วนผสมของยาง LoVมี Tan δ ต่ำทำให้ความต้านทานการหมุนของยางต่ำกว่ายางคอมเพานด์สูตรที่ 1 ที่ใช้ยาง STR50CV เนื่องจากยาง LoVมีปริมาณเจลต่ำ

- สูตรยางคอมเพานด์ที่ 3, 4 เปรียบเทียบชนิดของสารตัวเติมโดยใช้ยาง LoVพบว่าสูตรยางคอมเพานด์ที่ 3 ใช้สารตัวเติมซิลิกามี Tan δ ในช่วงอุณหภูมิ 0 - 20°Cต่ำกว่ายางคอมเพานด์สูตรที่ 4 ที่ใช้สารตัวเติมคาร์บอนแบล็ค ซึ่งบ่งบอกว่ายางคอมเพานด์ที่ใช้คาร์บอนแบล็คเป็นสารตัวเติมมีค่าการยึดเกาะพื้นถนนขณะเปียกดีกว่ายางคอมเพานด์ที่ใช้สารตัวเติมซิลิกา ขณะที่ยางคอมเพานด์สูตรที่ 3 ใช้สารตัวเติมซิลิกามี Tan δ ในช่วงอุณหภูมิ 50 - 70°Cต่ำกว่ายางคอมเพานด์สูตรที่ 4 ที่ใช้สารตัวเติมคาร์บอนแบล็คซึ่งบ่งบอกว่ายาง

คอมเพนดท์ที่ใช้สารตัวเติมซิลิกามีความต้านทานการหมุนต่ำกว่ายางคอมเพนดท์ที่ใช้สารตัวเติมคาร์บอนแบล็ค เนื่องจากยางคอมเพนดท์ที่ใช้สารตัวเติมซิลิกาให้คุณสมบัติเสริมแรงที่ดีกว่าทำให้ยางมีการคงสภาพที่ดีกว่าพื้นผิวสัมผัสน้อยกว่า ทำให้ความการต้านทานการหมุนต่ำ

- สูตรยางคอมเพนดท์ที่ 4, 5 เปรียบเทียบชนิดของยาง เมื่อใช้สารตัวเติมคาร์บอนแบล็คพบว่าสูตรยางคอมเพนดท์ที่ 4 ใช้ยาง LoV เป็นส่วนผสมมี $\tan \delta$ ในช่วงอุณหภูมิ 0 -20°C สูงกว่ายางคอมเพนดท์สูตรที่ 5 ที่ใช้ยางแท่ง STR50CV เป็นส่วนผสมซึ่ง $\tan \delta$ ช่วงอุณหภูมิ 0 -20°C บอกลถึง Wet grip เป็นค่าที่บ่งบอกการยึดเกาะพื้นถนนขณะเปียกแสดงว่ายางคอมเพนดท์สูตรที่ 4 มีการยึดเกาะพื้นถนนขณะเปียกดีกว่าและ $\tan \delta$ ที่ช่วงอุณหภูมิ 50 - 70°C เป็นช่วงอุณหภูมิที่บอกลถึง Rolling Resistance ซึ่งเป็นค่าที่บ่งบอกการต้านทานการหมุนยางคอมเพนดท์สูตรที่ 4 มีส่วนผสมของยาง LoV มี $\tan \delta$ ต่ำ ทำให้ ความต้านทานการหมุนของยางต่ำกว่ายางคอมเพนดท์สูตรที่ 5 ที่ใช้ยาง STR50CV เนื่องจากยาง LoV มีปริมาณเจลต่ำ

สรุปที่ $\tan \delta$ ช่วงอุณหภูมิ 0 -20°C เป็นช่วงอุณหภูมิที่บอกลถึง Wet grip เป็นค่าที่บ่งบอกการยึดเกาะพื้นถนนขณะเปียกยางคอมเพนดท์ที่มีส่วนผสมของยาง LoV มี $\tan \delta$ สูงทำให้การยึดเกาะพื้นถนนขณะเปียกดีกว่ายางคอมเพนดท์ที่ใช้ยางแท่ง STR50CV เป็นส่วนผสมและ $\tan \delta$ ที่ช่วงอุณหภูมิ 50 - 70°C เป็นช่วงอุณหภูมิที่บอกลถึงค่า Rolling Resistance ซึ่งเป็นค่าที่บ่งบอกการต้านทานการหมุนยางคอมเพนดท์ที่มีส่วนผสมของยาง LoV มี $\tan \delta$ ต่ำทำให้ความต้านทานการหมุนของยางต่ำกว่ายางคอมเพนดท์ที่ใช้ยางแท่ง STR50CV เป็นส่วนผสมในส่วนชนิดของสารตัวเติมยางคอมเพนดท์ที่ใช้สารตัวเติมซิลิกามีความต้านทานการหมุนต่ำกว่ายางที่ใช้คาร์บอนแบล็ค ขณะที่ยางคอมเพนดท์ที่ใช้สารตัวเติมคาร์บอนแบล็คมีการยึดเกาะพื้นถนนขณะเปียกดีกว่าที่ใช้ซิลิกา

3. การใช้ประโยชน์จากผลงานนี้

ด้วยสมบัติของยาง LoV ที่ปรากฏข้างต้นสามารถนำยางที่ผลิตได้ไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆได้หลายชนิดได้แก่อุปกรณ์ทางการแพทย์, ผลิตภัณฑ์ที่ต้องการหลีกเลี่ยงการแพ้โปรตีน, อุปกรณ์การกีฬา, ผลิตภัณฑ์ที่ต้องการสีสั่นและยางล้อรถยนต์ เป็นต้นทั้งนี้เนื่องจากสมบัติต่างๆของยางที่มีได้แก่ลดพลังงานที่ใช้ในการผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ และยังไม่พบโปรตีนภูมิแพ้ ตามตารางที่ 3.1 เป็นยางที่ไม่มีสีและกลิ่น ตามตารางที่ 3.2 (ปริมาณจุลินทรีย์ต่ำจึงไม่เกิดการบูดเน่า) การที่ไม่มีสีเหลืองของยาง ทำให้นำมาใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์ที่ต้องการสีสั่นตามตารางที่ 3.3 ซึ่งสังเกตได้ชัดเจนว่าเมื่อนำยางที่ผลิตในระดับอุตสาหกรรมไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ พบว่าสีที่ได้จากยาง LoV ให้สีที่สดใสกว่ายางธรรมชาติ 5L โดยที่สมบัติทางกลของยางชนิดนี้ไม่ต่างจากยางธรรมชาติ 5L และยาง 50CV ดังภาพที่ 3.1 นอกจากนั้นยางนี้มีปริมาณเจลต่ำส่งผลให้มี สมบัติ heat build up และ % Compression set ต่ำ ต้านทานต่อการขยายรอยแตกสูง storage modulus และ Loss modulus ลดลง wet grip สูง แต่ rolling resistance ต่ำเป็นต้นทำให้ยางชนิดนี้จึงเหมาะนำไปใช้ทำผลิตภัณฑ์ได้หลากหลายชนิด

ตารางที่ 3.1 การทดสอบโปรตีนภูมิแพ้

ตัวอย่าง	ชนิดของโปรตีนที่พบ			
	REF or Hev b 1	Hev b 3	Hev b 5	Hev b 6
1 Control	X	X	✓	✓
2	X	X	X	X
3	X	X	X	X

หมายเหตุ 1. Control น้ำยางที่ไม่มีเอนไซม์ 2. น้ำยางที่เติมเอนไซม์โปรติเอส สภาวะกวน

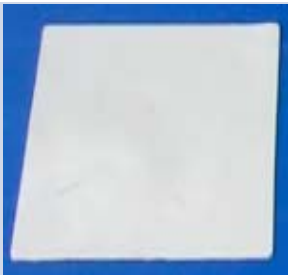
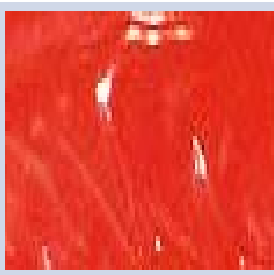
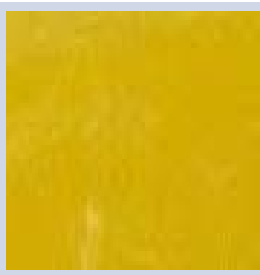
3. น้ำยางที่เติมเอนไซม์โปรติเอส สภาวะบ่ม

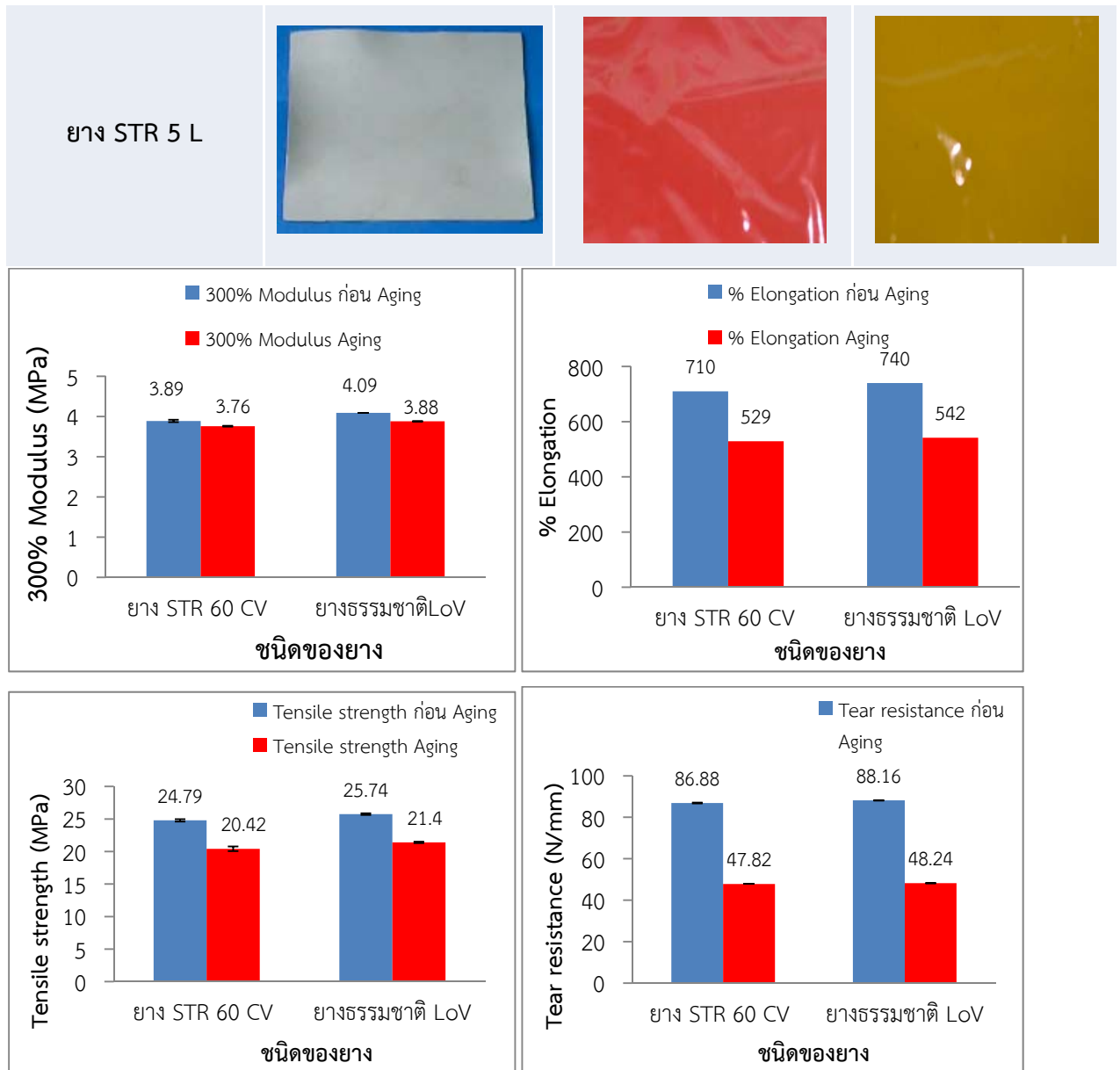
ตารางที่ 3.2 ผลการทดสอบปริมาณจุลินทรีย์ในน้ำยาง

Field latex with various chemicals treatment	Sample No.		Average	Log
	I	II		
Control	2.64×10^8	5.72×10^8	4.18×10^8	8.62
SDS + $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ + Protease stirred	1.50×10^3	1.60×10^3	1.55×10^3	3.19*
SDS + $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ + Protease matured	3.00×10^3	3.80×10^3	3.40×10^3	3.53*

*ในน้ำยาง 1 ml พบจุลินทรีย์ 1000 ตัว โดยทั่วไป อาหารที่บูดเสียจะพบปริมาณจุลินทรีย์ $10^6 = 1,000,000$

ตารางที่ 3.3 เปรียบเทียบสีของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากยางต่างชนิด

ตัวอย่าง	สีขาว	สีแดง	สีเหลือง
ยางธรรมชาติ LoV			



ภาพที่ 3.1 เปรียบเทียบสมบัติทางกลของยางยางธรรมชาติLoV และยาง STR 5 L

4. การนำผลวิจัยไปต่อยอดและการใช้ประโยชน์

ในการนี้ด้วยสมบัติของยาง LoVสามารถนำผลวิจัยที่ได้ไปขยายผลต่อยอดได้ดังตัวอย่างเช่น นำไปทำในรูปน้ำยางเพื่อใช้ในการทำผลิตภัณฑ์ด้วยกระบวนการจุ่ม เช่น ถุงมือ จุกนม หรือ ผลิตภัณฑ์อื่นๆที่ใช้น้ำยาง, นอกจากนั้นสามารถนำความรู้ไปต่อยอดเพื่อไปกำจัดกลิ่นในยางก้อนถ้วย ในการผลิตเป็นยางแท่ง, อีกทั้งด้วยสมบัติด้านไร้กลิ่นสามารถนำไปทำผลิตภัณฑ์ทางการแพทย์ซึ่งผู้วิจัยได้ส่งยางที่เตรียมได้ไปให้บริษัทที่อินเทอร์เน็ตรับเบอร์ จำกัด(ตามภาพที่4.1)และบริษัทสยามยูไนต์รีรับเบอร์ จำกัดทำผลิตภัณฑ์ยางปูพื้นราคาถูก (ตามภาพที่ 4.2) เป็นต้น และในอนาคต ควรนำไปทำผลิตภัณฑ์เพื่อใช้งานด้าน in plant เนื่องจากไม่พบโปรตีนภูมิแพ้



ภาพที่ 4.1ผลิตภัณฑ์ทางการแพทย์จากยาง LoV



ภาพที่ 4.2 ผลิตภัณฑ์ยางปูพื้นรถจากยาง LoV

5. สรุปผลการทดลอง

5.1 ปัจจัยที่มีผลต่อการเตรียมยางธรรมชาติให้มีความหนืดมูนนี้ต่ำและคงที่ ปริมาณไนโตรเจน และ ปริมาณเจลต่ำในระดับอุตสาหกรรมมีดังต่อไปนี้

ผลของระยะเวลาในการเกิดปฏิกิริยาพบว่าระยะเวลาที่มีผลต่อสมบัติยางดิบทั้งความหนืดมูนนี้ปริมาณ ไนโตรเจน และ ปริมาณเจลโดยพบว่าการใช้ระยะเวลาในการเกิดปฏิกิริยาที่สภาวะการกวนให้ประสิทธิภาพสูงกว่าที่สภาวะการบ่ม ถ้าหากบ่มเป็นเวลานาน 24 ชั่วโมง ให้ประสิทธิภาพเท่ากับการกวนที่ผ่านเกณฑ์ยาง LoV

ชนิดสารจับตัวและระยะเวลาที่ใช้ในการจับตัวสารจับตัว โดยสารที่จับตัวเร็วที่สุดคือแอลกอฮอล์ สามารถจับตัวทันที ตามด้วย 40% กลีเซอรีน ไนโตรเจน ใช้เวลา 12 ชั่วโมง และกรดฟอร์มิกจับตัวช้าสุดใช้เวลา 24 ชั่วโมง อีกทั้งยังได้มีสีดำส่วนสารจับตัวที่กล่าวมาข้างต้นยางที่ได้มีไม่มีสีนอกจากนั้นชนิดสารจับตัวมี

ผลต่อสมบัติยางดิบทั้งความหนืดมูนนี้ปริมาณไนโตรเจน และ ปริมาณเจล โดยพบว่าการใช้เกลือแคลเซียมไนเตรทให้ปริมาณไนโตรเจน และ ปริมาณเจลสูงกว่าการใช้แอลกอฮอล์จับตัวแต่ให้ความหนืดมูนนี้ที่ต่ำกว่า

ในการอบยางให้แห้ง พบว่าอุณหภูมิในการอบมีผลต่อปริมาณเจล และความหนืดมูนนี้แต่ไม่มีผลต่อปริมาณไนโตรเจน ยิ่งอบที่อุณหภูมิสูง ปริมาณเจลยิ่งเพิ่มขึ้น และความหนืดมูนนี้ยิ่งต่ำ อุณหภูมิที่ใช้ควรอยู่ที่ 90-100°C

ผลของโซเดียมเมตาไบซัลไฟด์ต่อสมบัติยาง พบว่าปริมาณสาร โซเดียมเมตาไบซัลไฟด์เพิ่มขึ้นทำให้ความหนืดมูนนี้ ปริมาณไนโตรเจน และ ปริมาณเจลเพิ่มมากขึ้นตาม แต่เพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย โดยปริมาณสาร โซเดียมเมตาไบซัลไฟด์ที่ใช้ควรอยู่ที่ร้อยละ 0.12ต่อปริมาณเนื้อยาง

ผลของเอนไซม์Proteaseต่อสมบัติยางพบว่าเมื่อปริมาณ Proteaseเพิ่มขึ้นให้ความหนืดมูนนี้ ปริมาณไนโตรเจน และ ปริมาณเจล ต่ำลง ทั้งที่การจับตัวด้วยแอลกอฮอล์ และเกลือแคลเซียมไนเตรทโดยที่จับตัวด้วยเกลือแคลเซียมไนเตรทให้ความหนืดมูนนี้ ต่ำกว่าจับตัวด้วยแอลกอฮอล์ แต่ให้ปริมาณไนโตรเจน และ ปริมาณเจลสูงกว่าแต่อย่างไรก็ตามผลที่ได้ยังผ่านเกณฑ์ที่กำหนดโดยปริมาณสารที่ใช้ควรอยู่ที่ร้อยละ 0.59ต่อปริมาณเนื้อยาง

ผลของHydroperseต่อสมบัติยางพบว่าเมื่อใช้ปริมาณHydroperseเพิ่มขึ้นทำให้ ความหนืดมูนนี้ ปริมาณไนโตรเจน และ ปริมาณเจล ลดลง โดยปริมาณสารที่ใช้ควรอยู่ที่ร้อยละ0.25 ต่อปริมาณเนื้อยาง

ผลของปริมาณสาร Sodium Dodecyl Sulfate (SDS)ต่อสมบัติยางพบว่าพบว่ามีปริมาณสาร 10% SDS ที่เพิ่มขึ้นทำให้ ความหนืดมูนนี้ปริมาณไนโตรเจน และ ปริมาณเจล ลดลง ไม่ว่าสารจับตัวเป็นแอลกอฮอล์ หรือเกลือแคลเซียม แต่เกลือแคลเซียมแสดงปริมาณไนโตรเจนและปริมาณเจล สูงกว่าที่SDS เท่ากันโดยปริมาณสารที่ใช้ควรอยู่ที่ร้อยละ 2.34ต่อปริมาณเนื้อยางแห้ง

ผลของฤดูกาลต่อสมบัติพื้นฐานยางดิบ พบว่าในช่วงฤดูใกล้ปิดกรีตมีผลต่อปริมาณเจลมากทำให้ปริมาณเจลสูง ถึงแม้ว่าได้ทำการลดน้ำหนักโมเลกุล ก็ไม่สามารถลดเจลได้

นอกจากนั้นในการเตรียมยาง LoV จำเป็นต้องใส่ไฮดรอกซิลแอมโมเนียมซัลเฟต(HAS)ในการเตรียมยางโดยปริมาณสารที่ใช้ควรอยู่ที่ร้อยละ0.94ต่อปริมาณเนื้อยาง

5.2 ผลของปริมาณเจลต่อการแปรภาพและสมบัติยาง

ปริมาณเจลมีผลต่อการแปรภาพและต่อสมบัติยางดังต่อไปนี้

1. เมื่อปริมาณเจลเพิ่มมีต่อคุณสมบัติต่างๆดังนี้

- เมื่อปริมาณเจลเพิ่มมากขึ้นทำให้พลังงานในการผสมยางคอมเพาเนนด์เพิ่มมากขึ้น
- เมื่อปริมาณเจลเพิ่มมากขึ้นทำให้อัตราการวัลคาไนซ์ช้าลงโดยที่อัตราการวัลคาไนซ์ เร็วในช่วงระยะตั้งทิ้งไว้ 7 วันแรกและเมื่อปริมาณเจลเพิ่มมากขึ้นอัตราการวัลคาไนซ์ช้าลงและคงที่ตั้งแต่ 30 วันขึ้นไป

นอกจากนั้นปริมาณเจลที่เพิ่มขึ้นไม่มีผลต่อความหนืดมูนนี้ของยางคอมเพาเนนด์เปานต์อย่างมีนัยสำคัญ

- เมื่อปริมาณเจลเพิ่มมากขึ้นทำให้ % Elongation at break ลดต่ำลง
- เมื่อปริมาณเจลเพิ่มมากขึ้นทำให้ heat build up เพิ่มขึ้น
- เมื่อปริมาณเจลเพิ่มมากขึ้นทำให้ % Compression set เพิ่มขึ้น
- เมื่อปริมาณเจลเพิ่มมากขึ้นทำให้ความต้านทานต่อการขยายรอยแตกลดต่ำลง
- เมื่อปริมาณเจลเพิ่มมากขึ้นทำให้storage modulus เพิ่มขึ้น
- เมื่อปริมาณเจลเพิ่มมากขึ้นทำให้ Loss modulus เพิ่มขึ้น
- เมื่อปริมาณเจลเพิ่มมากขึ้นทำให้wet grip ลดต่ำลง

- เมื่อปริมาณเจลเพิ่มมากขึ้นทำให้ rolling resistance เพิ่มมากขึ้น
 ดังนั้นยางที่มีปริมาณเจลด่ำเช่นยางLoV จึงมีสมบัติที่ดีกว่ายางที่มีเจลสูงเช่นยางแท่งทั่วไป ทั้งที่ใช้เขม่าดำและซิลิกาเป็นสารตัวเติมโดยสมบัติด้านmechanical ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยกเว้น% Elongation at break ที่ยางLoV สูงกว่า

2. เมื่อเปรียบเทียบระหว่างยางLoV และยางแท่ง STR50CV มีคุณสมบัติต่างกันดังนี้

-ยางLoV มีปริมาณเจลด่ำกว่ายางแท่ง STR50CV และมีอัตราการเพิ่มที่เร็วกว่า แต่จะคงที่เมื่อระยะเวลาผ่านไป 90 วันแต่อย่างไรก็ตามมีปริมาณน้อยกว่า

- ความหนืดยางLo Vและยางแท่ง STR50CV มีค่าคงที่
- พลังงานที่ใช้ในการผสมยางLoV ต่ำกว่าพลังงานในการผสมยางแท่ง STR50CV
- สมบัติ mechanical ระหว่างยางทั้งสองชนิดไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

5.3 ประโยชน์จากผลการวิจัย

ยาง LoV ที่ผลิตได้ นอกจากมีสมบัติ ความหนืดมูนนี้ต่ำและคงที่ ปริมาณไนโตรเจน และ ปริมาณเจลด่ำ แล้ว ยัง มีสมบัติที่ไร้กลิ่นและไม่พบโปรตีนภูมิแพ้เพิ่มอีกจึงทำให้สามารถนำยางที่ผลิตได้ไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆได้หลายชนิด ได้แก่อุปกรณ์ด้านการแพทย์, ผลิตภัณฑ์ที่ต้องการหลีกเลี่ยงการแพ้โปรตีน, อุปกรณ์การกีฬา, ผลิตภัณฑ์ที่ต้องการสีส่นและยางล้อรถยนต์ เป็นต้น นอกจากนั้นยังสามารถนำไปขยายผลต่อยอดได้เช่น นำไปทำในรูปน้ำยางเพื่อใช้ในการทำผลิตภัณฑ์ด้วยกระบวนการจุ่ม อีกทั้งผลิตภัณฑ์อื่นๆที่ใช้น้ำยาง เพื่อสมบัติเรื่องกลิ่นที่ไม่พึงประสงค์ และการแพ้โปรตีน

6. บรรณานุกรม

- Amnuaypornsr, S. Nimpai boon, A. and Sakdapipanich, J. 2009. Role of Phospholipids and Proteins on Gel Formation and Physical Properties of NR During Accelerated Storage ELASTOMERE UND KUNSTSTOFFE ELASTOMERS AND PLASTICS, KGK –Marz, p 88-92
- Cheong, S.F. and Ong, C.O. 1977. Lecture Notes RRIM Short Course on Natural Rubber Processing, 20.
- Ichikawa, N., Hwee, EA., and Tanaka, Y. 1993. Properties of deproteinised natural rubber latex. Edited by Abdul Aziz bin S.A Kadir. in Natural rubber current developments in product manufacture and applications. Cetaktama .Std. Bhd: Rubber Research Institute of Malaysia Kaula Lumpur, p. 101-110.
- Ishikawa H, Ishimi K, Sugiura M, Sowa A & Fujiwara N, 1993. Kinetics and mechanism of enzymatic hydrolysis of gelatin layers of X-ray film and release of silver particles. Journal of Fermentation and Bioengineering, 76, 300-305.
- KAWAHARA, S., ISONO, Y., SAKDAPIPANCH J. T., TANAKA, Y.' AIK-HWEE E. 2002. Rubber Division, ACS, Spring Technical Meeting, (24/04/2001), pp. 739-746

Konrad, I., Roland, M., Kasper, K., Halina S., Erik, M. and Per L. 1990. Protein-decorated micelle structure of sodium-dodecyl-sulfate-protein complexes as determined by neutron scattering, Eur. J. Biochem. 190, 311 -318 : 1990

Perrella, F.W., and Gaspari, A.A. 2002. Natural rubber latex protein reduction with an emphasis on enzyme treatment. Methods, vol. 27, p. 77-86.

Sekhar, B.C. 1960. Result of Screening of Additive Having A Viscosity-stabizing Effect on Natural Rubber, J. Polymer Science, 98,133.

Sethuraj, MR. et. al.1992. Natural Rubber: Biology Cultivation and Technology, Elsevier Publisher, Netherland, p 401

Tanaka, Y., 2001, Structure Characterization of Natural Polyisoprene, Rubb. Chem. Techol., 74, 355-375.

Yapa, P.A.J.1975. The preparation and properties of low nitrogen constant viscosity rubber, Q. Jl. Rubb. Res. Inst. Sri. Lanka (1957) 52, 1-9.

สรุปกิจกรรมแผนการดำเนินงาน

Out put	ผลสำเร็จ (%)	สาเหตุและการแก้ไข
1. นำผลที่ได้จากโครงการเดิมมาทดลองขยายเสกลโดยทำในระดับน้ำยาง 100 kg ที่สหกรณ์ยางในจังหวัดนครศรีฯ ทดสอบสมบัติยางดิบและค่าความหนืดมูนนี้ที่ได้ เตรียมยางคอมเพานด์ของยางที่เตรียมในรูปยางแผ่นและทดสอบสมบัติการแปรรูปเทียบกับยาง CV	100	ได้เปลี่ยนเสกลเป็น 60 kg แทน เนื่องจากมีปัญหาทางเทคนิคในด้านการจับตัว ไม่สามารถใช้น้ำยางเกิน 60 kg ได้
2. นำผลที่ได้จากการทดลองมาทดลองขยายเสกลโดยทำในระดับน้ำยาง 1000 kg ที่บริษัทยูเนี่ยนรับเบอร์โปรดักคอร์ดปอเรชั่นสองครั้ง	100	2. ทำที่องค์การสวนยางนาบอน โดยใช้ น้ำยาง 700 kg แทนเนื่องจากผู้บริหารเสียชีวิต
3. ทำการทดสอบติดตามผลค่าความหนืดและปริมาณเจลหลังจาก storage เป็นเวลาต่างๆ	-	3. เนื่องจากการรายงานผลความก้าวหน้ามีข้อสรุปเรื่องปริมาณเจลที่เพิ่มหลังจาก storage ที่ไม่ได้เป็นประเด็นสำคัญ เพราะไม่สามารถแก้ไขได้ และมาตรฐานใช้ปริมาณเจล เริ่มต้นที่ผลิต

4. ทำยางไร้ก้นไร้สี และทดสอบสมบัติการวัลคาไนซ์	100	ได้ส่งตัวอย่างยางไปผลิตเป็นผลิตภัณฑ์สองชนิดได้แก่ผลิตภัณฑ์ทางการแพทย์และทำยางที่ไม่ต้องการก้น
5. เตรียมยางคอมเพาท์และทดสอบสมบัติการแปรรูปเทียบกับยาง CV	100	
6. สรุปผลและเขียนรายงานวิจัย	100	

หมายเหตุ สิ่งที่ทำเกินแผนงาน คือส่งยาง LoV ที่ผลิตได้ไปทำเป็นผลิตภัณฑ์จริง 2 โรงงานได้แก่ โรงงานที่ผลิตอุปกรณ์ทางการแพทย์ และโรงงานที่ผลิตยางปูพื้นราคาแพงที่ไม่ต้องการก้นยางเป็นต้น

ความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิในการรายงานความก้าวหน้ารอบ 6 เดือน

โครงการวิจัย การพัฒนายางธรรมชาติให้มีความหนืดมูนนี้ต่ำและคงที่ ปริมาณไนโตรเจน และปริมาณเจลต่ำ
ในระดับอุตสาหกรรม (ระยะที่ 2)

หัวหน้าโครงการ ผศ.ดร.อรสา ภัทรไพบุญชัย

ตารางสรุปความเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ นักวิจัย และผู้ประสานงาน (เฉพาะประเด็นสำคัญ)

ความก้าวหน้าของงานเมื่อเทียบกับแผนที่วางไว้

ความเห็นผู้ทรงคุณวุฒิ	คำชี้แจงของนักวิจัย	การจัดการของผู้ประสานงาน
-		

เนื้อหาและคุณภาพของรายงาน

ความเห็นผู้ทรงคุณวุฒิ	คำชี้แจงของนักวิจัย	การจัดการของผู้ประสานงาน
1. ควรเพิ่มภาพประกอบ เพื่อสังเกตการจับตัวยางและสีของยาง	เพิ่งได้รับเอกสารนี้เมื่อวันที่ 15 มกราคม 2559 จึงไม่ได้ถ่ายภาพการจับตัวในระดับอุตสาหกรรมไว้ ส่วนสีของยางเหมือนการจับตัวยางปกติทั่วไปแต่เมื่อมาอบจริงๆตามที่ใช้ในอุตสาหกรรมใช้ที่อุณหภูมิสูงเกินที่ใช้ในห้องปฏิบัติการสีเลยเข้มกว่าเล็กน้อย เท่าที่นำเสนอมีในระดับห้องปฏิบัติการ และระดับสหกรณ์ซึ่งได้เสนอไว้ในรายงานและในภาคผนวก	☐ ชี้แจงได้กระจ่างและเห็นชอบตามคำชี้แจงของนักวิจัย ☐ ชี้แจงไม่กระจ่าง ให้ความเห็นไม่ได้ และส่งให้ผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาใหม่แล้ว ซึ่งผู้ทรงคุณวุฒิเห็นชอบด้วยแล้ว ☐ นักวิจัยแก้ไขตามคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิ

ความครบถ้วนของสิ่งที่ทำ

ความเห็นผู้ทรงคุณวุฒิ	คำชี้แจงของนักวิจัย	การจัดการของผู้ประสานงาน
-----------------------	---------------------	--------------------------

-		
---	--	--

ความก้าวหน้าของงานวิจัย มีทิศทางที่สามารถตอบวัตถุประสงค์ของแผนงานวิจัยได้หรือไม่

ความเห็นผู้ทรงคุณวุฒิ	คำชี้แจงของนักวิจัย	การจัดการของผู้ประสานงาน
ยังหาเงื่อนไขที่เหมาะสมยังไม่ได้	ในรายงานฉบับสมบูรณ์ได้สรุปเงื่อนไขที่เหมาะสมในการเตรียม	☐ ชี้แจงได้กระจ่างและเห็นชอบตามคำชี้แจงของนักวิจัย ☐ ชี้แจงไม่กระจ่าง ให้ความเห็นไม่ได้ และส่งให้ผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาใหม่แล้ว ซึ่งผู้ทรงคุณวุฒิเห็นชอบด้วยแล้ว ☐ นักวิจัยแก้ไขตามคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิ

ข้อควรพิจารณาที่นักวิจัยต้องเอาใจใส่ในระยะต่อไป

ความเห็นผู้ทรงคุณวุฒิ	คำชี้แจงของนักวิจัย	การจัดการของผู้ประสานงาน
1. การใช้สารจับตัวเพื่อให้ได้สมบัติที่ต้องการ ควรคำนึงถึงผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมและการนำสารจับตัวกลับมาใช้ใหม่ได้อีก เนื่องจากใช้ในปริมาณที่ค่อนข้างสูง และการจับตัวของเนื้อเยื่อที่สมบูรณ์หรือไม่อย่างไร ระยะเวลาในการจับตัวที่ยาวนานจะส่งผลต่อสมบัติทางกายภาพของยางด้วยเช่นกัน	สารที่ใช้จับตัวที่ใช้ ได้เลือกใช้เกลือ calcium nitrate และได้ทดลองนำสารจับตัวกลับมาใช้ใหม่ได้โดยเพิ่มเกลือเพิ่มลงไปอีก 5% ได้รายงานไว้ในภาคผนวก) สำหรับปัญหาเรื่องระยะเวลาในการจับตัวที่ยาวนานพบว่าไม่มีผลต่อสมบัติทางกายภาพของยาง	☐ ชี้แจงได้กระจ่างและเห็นชอบตามคำชี้แจงของนักวิจัย ☐ ชี้แจงไม่กระจ่าง ให้ความเห็นไม่ได้ และส่งให้ผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาใหม่แล้ว ซึ่งผู้ทรงคุณวุฒิเห็นชอบด้วยแล้ว ☐ นักวิจัยแก้ไขตามคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิ
2. หากจะทดลองใช้น้ำยางข้นเป็นวัตถุดิบยางเบื้องต้น คงจะทำได้ยาก ในทางปฏิบัติเนื่องจากเป็นเรื่องที่ยุ่งยากและทำให้ต้นทุนการผลิตสูง	เห็นด้วยกับผู้ทรงคุณวุฒิ เป็นอย่างยิ่ง ในเรื่องที่ยุ่งยากและทำให้ต้นทุนการผลิตสูง เหตุที่นำเสนอใช้น้ำยางข้นเป็นวัตถุดิบนั้น เพื่อที่จะแสดงให้เห็นชัดว่าปริมาณ Mg มีความสำคัญต่อปริมาณเจล จึงเลือกใช้น้ำยางข้นมาใช้ เนื่องจากมีปริมาณ Mg ต่ำเมื่อมาทำยาง LoV ยางที่ได้จึงมีปริมาณเจล ต่ำกว่าที่ใช้น้ำยางสดทำ	☐ ชี้แจงได้กระจ่างและเห็นชอบตามคำชี้แจงของนักวิจัย ☐ ชี้แจงไม่กระจ่าง ให้ความเห็นไม่ได้ และส่งให้ผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาใหม่แล้ว ซึ่งผู้ทรงคุณวุฒิเห็นชอบด้วยแล้ว ☐ นักวิจัยแก้ไขตามคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิ

ข้อคิดเห็นอื่นๆ

ความเห็นผู้ทรงคุณวุฒิ	คำชี้แจงของนักวิจัย	การจัดการของผู้ประสานงาน
1. ขอให้ตรวจสอบชื่อหน่วยงานให้ถูกต้อง เช่น องค์การสวนยางกรุงเทพมหานคร จ.นครศรีธรรมราช, สถาบันวิจัยยาง สงขลา	1. ได้แก้ไขตามที่เสนอแนะ 2. ได้แก้ไขตามที่เสนอแนะ	☐ ชี้แจงได้กระจ่างและเห็นชอบตามคำชี้แจงของนักวิจัย ☐ ชี้แจงไม่กระจ่าง ให้ความเห็นไม่ได้ และส่งให้ผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาใหม่แล้ว ซึ่งผู้ทรงคุณวุฒิเห็นชอบด้วยแล้ว

2. เขียนหัวข้อให้เป็นระบบไม่ควรมีข้อซ้ำซ้อน	3. ได้แก้ไขตามที่เสนอแนะ	☐ นักวิจัยแก้ไขตามคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิ
3. ตรวจสอบความถูกต้องของชื่อมาตรฐาน ISO/CD 20001		

ความเห็นโดยรวมที่มีต่อโครงการนี้ในระยะที่ผ่านมาทั้งหมด

ความเห็นผู้ทรงคุณวุฒิ	คำชี้แจงของนักวิจัย	การจัดการของผู้ประสานงาน
1. นักวิจัยได้พยายามวิเคราะห์และสังเคราะห์งานที่ทำได้ เพื่อจะเป็นไปตามวัตถุประสงค์ และใช้ความรู้อย่างเต็มที่	1. ขอบคุณ	☐ ชี้แจงได้กระจ่างและเห็นชอบตามคำชี้แจงของนักวิจัย ☐ ชี้แจงไม่กระจ่าง ให้ความเห็นไม่ได้ และส่งให้ผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาใหม่แล้ว ซึ่งผู้ทรงคุณวุฒิเห็นชอบด้วยแล้ว ☐ นักวิจัยแก้ไขตามคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิ

ความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิในการประเมินจากการประชุมรายงานความก้าวหน้า 8 เดือน

โครงการวิจัย การพัฒนายางธรรมชาติให้มีความหนืดมนี่ต่ำและคงที่ ปริมาณไนโตรเจน และปริมาณเจลต่ำในระดับ
อุตสาหกรรม (ระยะที่ 2)

หัวหน้าโครงการวิจัย ผศ.ดร. อรสา ภัทรไพบุญชัย

เพื่อให้ สกว. เห็นภาพชัดเจนว่า ข้อเสนอโครงการมีการพัฒนาอย่างรอบคอบ จึงขอให้ผู้ประสานงานแนบตารางข้างล่าง
นี้มาพร้อมกับรายงานการพัฒนาข้อเสนอโครงการด้วย

ตารางสรุปความเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ นักวิจัย และผู้ประสานงาน (เฉพาะประเด็นสำคัญ)

1. ข้อคิดเห็น/ข้อเสนอแนะต่อโครงการวิจัย

ความเห็นผู้ทรงคุณวุฒิ	คำชี้แจงของนักวิจัย	การจัดการของผู้ประสานงาน
ผู้ทรงคุณวุฒิท่านที่ 1 1. อาจต้องหาตัวตัดสายโซ่โมเลกุลที่เหมาะสม หรือ อาจใช้ตัวอื่นร่วมด้วยเพื่อลดมนี่ให้ต่ำลง	ได้ทดลองใช้สารตามที่ผู้ทรง เสนอแนะ และได้รายงานใน รายงานความก้าวหน้าไปแล้ว	☐ ชี้แจงได้กระจ่างและเห็นชอบตามคำชี้แจงของนักวิจัย ☐ ชี้แจงไม่กระจ่าง ให้ความเห็นไม่ได้และ ส่งให้ผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาใหม่แล้ว ซึ่งผู้ทรงคุณวุฒิเห็นชอบด้วยแล้ว ☐ นักวิจัยแก้ไขตามคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิ
2. ประเด็นปัญหาในการจับตัวที่ค่อนข้างนานอาจ ส่งผลต่อสีที่ต้องการ	2. จากการทดลองไม่มีผล โดยยารที่เตรียมได้ยังคงมีสี ขาวและมีสมบัติผ่านตาม เกณฑ์	☐ ชี้แจงได้กระจ่างและเห็นชอบตามคำชี้แจงของนักวิจัย ☐ ชี้แจงไม่กระจ่าง ให้ความเห็นไม่ได้และ ส่งให้ผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาใหม่แล้ว ซึ่งผู้ทรงคุณวุฒิเห็นชอบด้วยแล้ว ☐ นักวิจัยแก้ไขตามคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิ
3. การทดลองหรือกระบวนการผลิต ที่อาจต้องผ่าน prebreakerเพื่อควบคุมค่า Mooney viscosity ให้ต่ำลง เพราะปัญหาขณะนี้คือ ค่าผ่านตาม มาตรฐานที่กำหนดยกเว้น Mooney viscosity	3. น่าจะมีการเข้าใจผิด Mooney viscosity ไม่มี ปัญหา แต่ที่มีปัญหานั้นคือ ไม่สามารถควบคุมให้เจลไม่ เพิ่มเมื่อตั้งทิ้งไว้นานเกินสอง อาทิตย์	☐ ชี้แจงได้กระจ่างและเห็นชอบตามคำชี้แจงของนักวิจัย ☐ ชี้แจงไม่กระจ่าง ให้ความเห็นไม่ได้และ ส่งให้ผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาใหม่แล้ว ซึ่งผู้ทรงคุณวุฒิเห็นชอบด้วยแล้ว ☐ นักวิจัยแก้ไขตามคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิ
ผู้ทรงคุณวุฒิท่านที่ 2 1. ให้นักวิจัยเตรียมผลที่ได้ดีที่สุดที่สุด ประมาณ 500 กรัม เพื่อส่งให้ญี่ปุ่นทดสอบ (ต้องติดต่อขอตัวอย่าง ยาง LoV)	1. ได้เตรียมยางที่ให้ผลดีที่สุดที่สุด ส่งให้ญี่ปุ่นทดสอบประมาณ 500 กรัม แต่ไม่ได้ผล กลับมา และติดต่อขอ	☐ ชี้แจงได้กระจ่างและเห็นชอบตามคำชี้แจงของนักวิจัย ☐ ชี้แจงไม่กระจ่าง ให้ความเห็นไม่ได้และ ส่งให้ผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาใหม่แล้ว ซึ่งผู้ทรงคุณวุฒิเห็นชอบด้วยแล้ว

	ตัวอย่าง ยาง LoV แต่พบว่าอินโดนีเซียยังไม่มีการผลิต	☐ นักวิจัยแก้ไขตามคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิ
2. ให้ทดลองใช้ยางจากการสรุปที่ได้ผลดีที่สุด เตรียม compound เพื่อทดสอบสมบัติทางกายภาพต่างๆ ที่เน้นเรื่อง rolling resistance (ใช้สูตรที่ อ.กฤษณา ได้สรุปไว้แล้ว)	2. ได้ทำตามที่คุณผู้ทรงคุณวุฒิเสนอแนะ	☐ ชี้แจงได้กระจ่างและเห็นชอบตามคำชี้แจงของนักวิจัย ☐ ชี้แจงไม่กระจ่าง ให้ความเห็นไม่ได้และ ส่งให้ผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาใหม่แล้ว ซึ่งผู้ทรงคุณวุฒิเห็นชอบด้วยแล้ว ☐ นักวิจัยแก้ไขตามคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิ

2. ข้อสังเกต

ความเห็นผู้ทรงคุณวุฒิ	คำชี้แจงของนักวิจัย	การจัดการของผู้ประสานงาน
ผู้ทรงคุณวุฒิท่านที่ 1 1. ขอให้สามารถปฏิบัติได้ในระดับอุตสาหกรรมและมีต้นทุนต่ำ หากได้ผลิตภัณฑ์ที่ต้องการอาจเปลี่ยนประเด็นในการเพิ่มมูลค่าโดยเฉพาะทางการแพทย์	1.ขอบคุณ	☐ ชี้แจงได้กระจ่างและเห็นชอบตามคำชี้แจงของนักวิจัย ☐ ชี้แจงไม่กระจ่าง ให้ความเห็นไม่ได้และ ส่งให้ผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาใหม่แล้ว ซึ่งผู้ทรงคุณวุฒิเห็นชอบด้วยแล้ว ☐ นักวิจัยแก้ไขตามคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิ

3. ข้อคิดเห็นอื่นๆ

ความเห็นผู้ทรงคุณวุฒิ	คำชี้แจงของนักวิจัย	การจัดการของผู้ประสานงาน
		☐ ชี้แจงได้กระจ่างและเห็นชอบตามคำชี้แจงของนักวิจัย ☐ ชี้แจงไม่กระจ่าง ให้ความเห็นไม่ได้และ ส่งให้ผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาใหม่แล้ว ซึ่งผู้ทรงคุณวุฒิเห็นชอบด้วยแล้ว ☐ นักวิจัยแก้ไขตามคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิ

ความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิในการประเมินจากร่างรายงานฉบับสมบูรณ์ ปี 2556
โครงการวิจัย การพัฒนายางธรรมชาติให้มีความหนืดมนีต่ำและคงที่ ปริมาณไนโตรเจนและปริมาณเจลต่ำในระดับอุตสาหกรรม (ระยะที่ 2)
หัวหน้าโครงการวิจัย ผศ.ดร.อรสา ภัทรไพบูลย์ชัย

ตารางสรุปความเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ นักวิจัย และผู้ประสานงาน (เฉพาะประเด็นสำคัญ)

1. โดยรวมแล้วผลงานที่ได้นี้เป็นงานที่น่าทำทำเพียงไร มีความยาก-ง่ายระดับใด และผลที่ได้แสดงให้เห็นว่านักวิจัยได้ใช้ความอุตสาหพยายามเพียงไร

ความเห็นผู้ทรงคุณวุฒิ	คำชี้แจงของนักวิจัย	การจัดการของผู้ประสานงาน
1. งานวิจัยประสบผลสำเร็จด้วยความพยายามของนักวิจัย จากการศึกษาพบว่า มีการใช้สาร SDS ในปริมาณที่ค่อนข้างสูง 1-2% on latex เพื่อทำให้ % gel ได้ตามมาตรฐานที่กำหนด ผู้วิจัยควรเพิ่มเติมเนื้อหาสรุปต้นทุนของสารเคมีที่ใช้ในการผลิต เพื่อได้ศึกษาว่ามีความคุ้มค่าในการผลิตอย่างไร	1. ได้เคยสรุปไว้ในระดับห้องปฏิบัติการไว้ใน phase I แล้ว ซึ่งนำผลดังกล่าวมาขยายผลในระดับอุตสาหกรรม เท่านั้น โดยในครั้งนี้ได้สรุปไว้ในภาคผนวก	☐ ชี้แจงได้กระจ่างและเห็นชอบตามคำชี้แจงของนักวิจัย ☐ ชี้แจงไม่กระจ่าง ให้ความเห็นไม่ได้และส่งให้ผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาใหม่แล้ว ซึ่งผู้ทรงคุณวุฒิเห็นชอบด้วยแล้ว ☐ นักวิจัยแก้ไขตามคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิ

2. เมื่อเทียบกับวัตถุประสงค์และ output (โปรดดูเอกสารแนบ 1 ท้ายสัญญา) ท่านพบว่าโครงการวิจัยได้

ความเห็นผู้ทรงคุณวุฒิ	คำชี้แจงของนักวิจัย	การจัดการของผู้ประสานงาน
-		

3. ท่านมีความเห็นต่อคุณภาพของร่างรายงานฉบับสมบูรณ์ในประเด็นต่าง ๆ ดังนี้

ความเห็นผู้ทรงคุณวุฒิ	คำชี้แจงของนักวิจัย	การจัดการของผู้ประสานงาน
1. ทำให้การรอบที่อุณหภูมิสูงเกี่ยวข้องอย่างไรกับปริมาณไนโตรเจนในยาง	1. ได้สรุปไว้ในรายงานหน้า 30 ว่าอุณหภูมิในการอบไม่ส่งผลต่อปริมาณไนโตรเจน ดังนั้นจึงไม่เข้าใจคำถาม	☐ ชี้แจงได้กระจ่างและเห็นชอบตามคำชี้แจงของนักวิจัย ☐ ชี้แจงไม่กระจ่าง ให้ความเห็นไม่ได้และส่งให้ผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาใหม่แล้ว ซึ่งผู้ทรงคุณวุฒิเห็นชอบด้วยแล้ว ☐ นักวิจัยแก้ไขตามคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิ
2. ในส่วนของสารจับตัวไม่ได้ระบุว่าใช้ในอัตราส่วนเท่าไรต่อน้ำยาง และในทางปฏิบัติไม่ทราบหากสารจับตัวส่วนที่เหลือจะสามารถนำกลับมาใช้ต่อไปได้อีกหรือไม่และหากใช้ได้จะสามารถใช้ได้กี่ครั้ง	2. ได้ทำวิจัยโดยใช้อัตราส่วนของสารจับตัวต่อน้ำยาง เป็น 1:1 และสารจับตัวสามารถนำมาใช้ใหม่ได้โดยเติมปริมาณเกลือเพิ่มเป็น 40% โดยน้ำหนัก	☐ ชี้แจงได้กระจ่างและเห็นชอบตามคำชี้แจงของนักวิจัย ☐ ชี้แจงไม่กระจ่าง ให้ความเห็นไม่ได้และส่งให้ผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาใหม่แล้ว ซึ่งผู้ทรงคุณวุฒิเห็นชอบด้วยแล้ว ☐ นักวิจัยแก้ไขตามคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิ
3. นักวิจัยพยายามให้ข้อมูลโดยรวม แต่ยังไม่ชัดเจนและไม่ชัดเจน และมีการสังเคราะห์ค่อนข้างน้อย ควรเพิ่มเติมการวิเคราะห์ผลบางส่วน	3. ขอบเขตที่เสนอแนะแต่ไม่เข้าใจคำว่า "บางส่วน" อยู่ในส่วนใด เลยแก้ไขไม่ถูก	☐ ชี้แจงได้กระจ่างและเห็นชอบตามคำชี้แจงของนักวิจัย ☐ ชี้แจงไม่กระจ่าง ให้ความเห็นไม่ได้และส่งให้ผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาใหม่แล้ว ซึ่งผู้ทรงคุณวุฒิเห็นชอบด้วยแล้ว ☐ นักวิจัยแก้ไขตามคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิ
4. รูปแบบการรายงานนักวิจัยควรเพิ่มหัวข้อ บทนำ, ที่มาและความสำคัญ,	4. รายงานได้เขียนตามรูปแบบ สกว. ซึ่งไม่ใช่	☐ ชี้แจงได้กระจ่างและเห็นชอบตามคำชี้แจงของนักวิจัย

ความเห็นผู้ทรงคุณวุฒิ	คำชี้แจงของนักวิจัย	การจัดการของผู้ประสานงาน
ทฤษฎีและการทบทวนเอกสาร ตามหลักสากลการทำรายงาน	วิทยานิพนธ์.	☐ ชี้แจงไม่กระจ่าง ให้ความเห็นไม่ได้และส่งให้ผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาใหม่แล้ว ซึ่งผู้ทรงคุณวุฒิเห็นชอบด้วยแล้ว ☐ นักวิจัยแก้ไขตามคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิ

5. ความสมบูรณ์ของรายงาน

ความเห็นผู้ทรงคุณวุฒิ	คำชี้แจงของนักวิจัย	การจัดการของผู้ประสานงาน
1. นักวิจัยควรเพิ่มเติมวิธีการหาโปรตีนชนิดภูมิแพ้หรือเอกสารอ้างอิง	1. เนื่องจากไม่ได้ทำการทดสอบเอง นอกจากนั้นไม่ได้มีในสัญญา ของทุน จึงไม่ได้ใส่ในรายงานมีคนละประเด็นไม่เกี่ยวข้องกับสัญญา	☐ ชี้แจงได้กระจ่างและเห็นชอบตามคำชี้แจงของนักวิจัย ☐ ชี้แจงไม่กระจ่าง ให้ความเห็นไม่ได้และส่งให้ผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาใหม่แล้ว ซึ่งผู้ทรงคุณวุฒิเห็นชอบด้วยแล้ว ☐ นักวิจัยแก้ไขตามคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิ
2. Abstract ควรแก้ไขไวยากรณ์ และปรับประโยคให้สั้นลง (บางประโยคยาวถึง 4-5 บรรทัด) ควรสรุปสถานะที่เหมาะสมในการเตรียมยาง LoV ด้วย และบรรทัดสุดท้าย “อัตราเร็วกว่า” คืออะไรแก้ไขให้ถูกต้องด้วย	2. ได้แก้ไขตามที่ผู้ทรงฯ เสนอแนะ	☐ ชี้แจงได้กระจ่างและเห็นชอบตามคำชี้แจงของนักวิจัย ☐ ชี้แจงไม่กระจ่าง ให้ความเห็นไม่ได้และส่งให้ผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาใหม่แล้ว ซึ่งผู้ทรงคุณวุฒิเห็นชอบด้วยแล้ว ☐ นักวิจัยแก้ไขตามคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิ
3. ตาราง 1.1 และ 1.2 น่าจะมีข้อมูลไม่ครบถ้วน/ หรือการเขียนอธิบายวิธีทำไม่ชัดเจน ขอให้ทบทวนเนื้อหาส่วนอื่นๆ ด้วย	3. ชัดเจนในตัวแล้ว ไม่ทราบว่าจะสงสัยอะไร บอกเวลาไว้ในตารางชัดเจน	☐ ชี้แจงได้กระจ่างและเห็นชอบตามคำชี้แจงของนักวิจัย ☐ ชี้แจงไม่กระจ่าง ให้ความเห็นไม่ได้และส่งให้ผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาใหม่แล้ว ซึ่งผู้ทรงคุณวุฒิเห็นชอบด้วยแล้ว ☐ นักวิจัยแก้ไขตามคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิ
4. ในการสรุปผลงานวิจัยควรมีข้อมูลว่าการผลิตยาง LoV มีกระบวนการผลิตอย่างไร ในแต่ละขั้นตอนใช้สารเคมีอะไร และในปริมาณเท่าไร รวมถึงเงื่อนไขอื่นๆ ในการผลิตเพื่อให้ได้ยาง STR เกรด LoV ตามมาตรฐาน ISO	4. ไม่สามารถบอกได้อย่างละเอียดเนื่องจากจดสิทธิบัตร แต่ในแต่ละขั้นตอนบอกรายละเอียดอยู่แล้วเพียงไม่สรุป	☐ ชี้แจงได้กระจ่างและเห็นชอบตามคำชี้แจงของนักวิจัย ☐ ชี้แจงไม่กระจ่าง ให้ความเห็นไม่ได้และส่งให้ผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาใหม่แล้ว ซึ่งผู้ทรงคุณวุฒิเห็นชอบด้วยแล้ว ☐ นักวิจัยแก้ไขตามคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิ
5. หน้า ที่ 3 ตารางที่ 1.2 ควรระบุระยะเวลาที่ใช้ในการกวนด้วย	5. มีอยู่แล้วในตาราง หากศึกษาอย่างละเอียด	☐ ชี้แจงได้กระจ่างและเห็นชอบตามคำชี้แจงของนักวิจัย ☐ ชี้แจงไม่กระจ่าง ให้ความเห็นไม่ได้และส่งให้ผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาใหม่แล้ว ซึ่งผู้ทรงคุณวุฒิเห็นชอบด้วยแล้ว ☐ นักวิจัยแก้ไขตามคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิ
6. ภาพที่ 1.1 หน้า 4 กราฟแท่งแต่ละสีคืออะไร ระบุให้ชัดเจนด้วย	6. เป็น benchmark ของสถานะการกวนที่ 9 ชั่วโมงเทียบกับสถานะการบ่ม	☐ ชี้แจงได้กระจ่างและเห็นชอบตามคำชี้แจงของนักวิจัย ☐ ชี้แจงไม่กระจ่าง ให้ความเห็นไม่ได้และส่งให้ผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาใหม่แล้ว ซึ่งผู้ทรงคุณวุฒิเห็นชอบด้วยแล้ว ☐ นักวิจัยแก้ไขตามคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิ

ความเห็นผู้ทรงคุณวุฒิ	คำชี้แจงของนักวิจัย	การจัดการของผู้ประสานงาน
		พิจารณาใหม่แล้ว ซึ่งผู้ทรงคุณวุฒิเห็นชอบด้วยแล้ว ☐ นักวิจัยแก้ไขตามคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิ
7. ในกราฟแสดงผลการวิเคราะห์สมบัติยางแท่งทุกกราฟให้เพิ่มเส้นเกณฑ์กำหนด (specification) ตามที่ ISO2000 กำหนดไว้สำหรับอ้างอิงด้วย	7. ได้เพิ่มตามที่ผู้ทรงฯแนะนำ	☐ ชี้แจงได้กระจ่างและเห็นชอบตามคำชี้แจงของนักวิจัย ☐ ชี้แจงไม่กระจ่าง ให้ความเห็นไม่ได้และส่งให้ผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาใหม่แล้ว ซึ่งผู้ทรงคุณวุฒิเห็นชอบด้วยแล้ว ☐ นักวิจัยแก้ไขตามคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิ
8. ควรปรับสภาวะที่เหมาะสม (หรือดีที่สุด) ที่นักวิจัยเลือกใช้ในการทดลองแต่ละปัจจัยย่อย (ข้อ 1.1.1 – ข้อ 1.1.5) เพื่อที่จะได้ใช้สภาวะพื่นๆ ในการศึกษาข้อ 1.1.6 และใช้ในการผลิตระดับอุตสาหกรรมต่อไป	8. ไม่เข้าใจข้อเสนอแนะ ทำให้แก้ไขไม่ถูก	☐ ชี้แจงได้กระจ่างและเห็นชอบตามคำชี้แจงของนักวิจัย ☐ ชี้แจงไม่กระจ่าง ให้ความเห็นไม่ได้และส่งให้ผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาใหม่แล้ว ซึ่งผู้ทรงคุณวุฒิเห็นชอบด้วยแล้ว ☐ นักวิจัยแก้ไขตามคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิ
9. ข้อ 1.1.1 เพิ่มบทวิเคราะห์ว่าทำไมการกวนไม่บ่มจึงให้ค่าสมบัติทั้งสามต่ำกว่าการบ่ม และนักวิจัยสรุปว่าจะใช้การบ่มร่วมด้วยหรือไม่ เพราะเหตุใด	9. ได้อธิบายไว้ชัดเจนแล้ว ขอให้กลับไปอ่านใหม่อีกครั้ง	☐ ชี้แจงได้กระจ่างและเห็นชอบตามคำชี้แจงของนักวิจัย ☐ ชี้แจงไม่กระจ่าง ให้ความเห็นไม่ได้และส่งให้ผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาใหม่แล้ว ซึ่งผู้ทรงคุณวุฒิเห็นชอบด้วยแล้ว ☐ นักวิจัยแก้ไขตามคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิ
10. ข้อ 1.1.2 ใช้สภาวะการกวน 9 ชั่วโมงและไม่บ่มใช่หรือไม่	10. ถูกต้อง	☐ ชี้แจงได้กระจ่างและเห็นชอบตามคำชี้แจงของนักวิจัย ☐ ชี้แจงไม่กระจ่าง ให้ความเห็นไม่ได้และส่งให้ผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาใหม่แล้ว ซึ่งผู้ทรงคุณวุฒิเห็นชอบด้วยแล้ว ☐ นักวิจัยแก้ไขตามคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิ
11. ตาราง 1.7 หน้า 17 เพิ่มข้อมูลปริมาณ SDS ที่ใช้แปรปริมาณในการทดลองนี้ด้วย และจากตารางมีการแปรระยะเวลาในการจับตัว ดังนั้นควรสรุปผลการทดลองที่ได้จากการศึกษาด้วย	11. ได้แก้ไขตามที่ผู้ทรงฯเสนอแนะ	☐ ชี้แจงได้กระจ่างและเห็นชอบตามคำชี้แจงของนักวิจัย ☐ ชี้แจงไม่กระจ่าง ให้ความเห็นไม่ได้และส่งให้ผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาใหม่แล้ว ซึ่งผู้ทรงคุณวุฒิเห็นชอบด้วยแล้ว ☐ นักวิจัยแก้ไขตามคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิ
12. ตารางที่ 1.11, 1.12 และ 1.15 เพิ่มค่าเกณฑ์กำหนด (specification) ตาม ISO 2000 เพื่อเป็นค่าอ้างอิงด้วย	12. ไม่เห็นด้วยเนื่องจากเป็นผล ไม่จำเป็นเพราะได้สรุปในการอธิบายผล	☐ ชี้แจงได้กระจ่างและเห็นชอบตามคำชี้แจงของนักวิจัย ☐ ชี้แจงไม่กระจ่าง ให้ความเห็นไม่ได้และส่งให้ผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาใหม่แล้ว ซึ่งผู้ทรงคุณวุฒิเห็นชอบด้วยแล้ว ☐ นักวิจัยแก้ไขตามคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิ
13. ข้อ 2 ตั้งแต่หน้า 33 เป็นต้นไปเปลี่ยนคำว่า “แปรสภาพ” เป็น “แปรรูป” ด้วย	13. ได้แก้ไขตามที่ผู้ทรงฯเสนอแนะ	☐ ชี้แจงได้กระจ่างและเห็นชอบตามคำชี้แจงของนักวิจัย ☐ ชี้แจงไม่กระจ่าง ให้ความเห็นไม่ได้และส่งให้ผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาใหม่แล้ว ซึ่งผู้ทรงคุณวุฒิเห็นชอบด้วยแล้ว

ความเห็นผู้ทรงคุณวุฒิ	คำชี้แจงของนักวิจัย	การจัดการของผู้ประสานงาน
		☐ นักวิจัยแก้ไขตามคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิ
14. ข้อ 2.3.1 เพื่อรายละเอียดการคำนวณค่าพลังงานในการผสมด้วย	14. ได้แก้ไขตามที่ผู้ทรงฯ เสนอแนะ	☐ ชี้แจงได้กระจ่างและเห็นชอบตามคำชี้แจงของนักวิจัย ☐ ชี้แจงไม่กระจ่าง ให้ความเห็นไม่ได้และส่งให้ผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาใหม่แล้ว ซึ่งผู้ทรงคุณวุฒิเห็นชอบด้วยแล้ว ☐ นักวิจัยแก้ไขตามคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิ

5. ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม (เช่น ประเด็นที่ควรทำเพิ่ม, การขยายผลด้านผู้ใช้ ฯลฯ)

ความเห็นผู้ทรงคุณวุฒิ	คำชี้แจงของนักวิจัย	การจัดการของผู้ประสานงาน
1. ควรเพิ่มเติมการวิเคราะห์ต้นทุนของยาง LoV เปรียบเทียบกับยางSTR 50 CV ทางการค้าในการผลิตระดับอุตสาหกรรมด้วย	1. วิเคราะห์ต้นทุนของยาง LoV ได้โดยมีต้นทุนต่อกิโลกรัมเป็น 98 บาทโดยไม่รวมค่าแรงและพลังงาน แต่ไม่สามารถวิเคราะห์ต้นทุนของยางSTR 50 CV ทางการค้าได้ ทราบเพียงแต่ราคาขายเป็น 85.50 บาท ต่อกิโลกรัม ณ วันที่ซื้อ 23 พฤษภาคม 2557	☐ ชี้แจงได้กระจ่างและเห็นชอบตามคำชี้แจงของนักวิจัย ☐ ชี้แจงไม่กระจ่าง ให้ความเห็นไม่ได้และส่งให้ผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาใหม่แล้ว ซึ่งผู้ทรงคุณวุฒิเห็นชอบด้วยแล้ว ☐ นักวิจัยแก้ไขตามคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิ

6. การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

ความเห็นผู้ทรงคุณวุฒิ	คำชี้แจงของนักวิจัย	การจัดการของผู้ประสานงาน
1. ผลงานวิจัยมีแนวโน้มว่าจะนำไปใช้ประโยชน์ได้ โดยใช้ผลผลิตยาง LoV ในระดับอุตสาหกรรม หากมีความคุ้มค่า และสามารถถ่ายทอดเทคโนโลยีให้ผู้ประกอบการทำในเชิงธุรกิจได้	1. ขอบคุณ คงต้องรอให้ผู้ประกอบการทำในเชิงธุรกิจต่อไป	☐ ชี้แจงได้กระจ่างและเห็นชอบตามคำชี้แจงของนักวิจัย ☐ ชี้แจงไม่กระจ่าง ให้ความเห็นไม่ได้และส่งให้ผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาใหม่แล้ว ซึ่งผู้ทรงคุณวุฒิเห็นชอบด้วยแล้ว ☐ นักวิจัยแก้ไขตามคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิ