

**EFFECT OF NON-RUBBER COMPONENTS
ON BASIC CHARACTERISTICS AND PHYSICAL PROPERTIES
OF NATURAL RUBBER FROM *HEVEA BRASILIENSIS***



**A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENTS FOR
THE DEGREE OF DOCTOR OF PHILOSOPHY
(POLYMER SCIENCE AND TECHNOLOGY)
FACULTY OF GRADUATE STUDIES
MAHIDOL UNIVERSITY**

2008

COPYRIGHT OF MAHIDOL UNIVERSITY

ผลขององค์ประกอบที่ไม่ใช่ยางต่อสมบัติพื้นฐานและสมบัติทางกายภาพของยางธรรมชาติ ฮีเวีย บราซิลเลียนซิส (EFFECT OF NON-RUBBER COMPONENTS ON BASIC CHARACTERISTICS AND PHYSICAL PROPERTIES OF NATURAL RUBBER FROM *HEVEA BRASILIENSIS*)

กัญจน์ นวมะวัตน์ 4637841 SCPO/D

ปร.ด. (วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีพอลิเมอร์)

คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์: จิตต์ศักดิ์ สักคาภิพาณิชย์, Ph.D. (CHEMICAL ENGINEERING),

ยาสุยูกิ ทานากะ, Ph.D. (POLYMER CHEMISTRY), ตราภรณ์ เตรียมโพธิ์, Ph.D. (MATERIAL SCIENCE AND ENGINEERING)

บทคัดย่อ

งานวิจัยผลของอากาศตามฤดูกาลที่ส่งผลกระทบต่อสมบัติของยางธรรมชาติจากต้นยางฮีเวีย ได้ทำการศึกษาโดยเก็บตัวอย่างน้ำยางเป็นระยะเวลาสองปี จากงานวิจัยพบว่าปริมาณยางของน้ำยางที่ได้จากการกรีดยางในฤดูหนาวจะมีปริมาณมาก ในขณะที่ผลของการถูกละลายพบได้จากน้ำยางที่กรีดยางในฤดูฝน ซึ่งในฤดูฝนปริมาณขององค์ประกอบที่ไม่ใช่ยางมีปริมาณมาก การศึกษาผลของโลหะไอออนต่อการพรีวัลคาไนซ์ของน้ำยางชั้นโดยเติมโลหะลงไปใต้น้ำยางชั้นก่อนกระบวนการพรีวัลคาไนซ์พบว่าโลหะที่มีอยู่ในน้ำยางเช่น ทองแดง เหล็ก และสังกะสี ส่งผลให้เกิดการถ่วงเวลาในการพรีวัลคาไนซ์เพื่อให้ถึงระดับที่ต้องการ นอกจากนี้ยังพบว่าโลหะไอออนส่งผลกระทบต่อเสถียรภาพของน้ำยางชั้น โดยเนื่องจากความเป็นประจุสองหน่วยอิเล็กตรอน ส่งผลต่อการเกิดโครงสร้างกิ่งก้านและเจล รวมไปถึงการดูดซับของโลหะที่อนุภาคยาง ทำให้เสถียรภาพมีค่าลดลง

การวิเคราะห์โครงสร้างกิ่งก้านของยางธรรมชาติในงานวิจัยนี้ทำการศึกษาโดยการสลายด้วยกระบวนการทางกายภาพ ด้วยการใช้สารลดความตึงผิวร่วมกับการปั่นล้างที่ความเร็วรอบสูง จากผลงานวิจัยพบว่าการลดลงของโปรตีนนั้นมีความสอดคล้องกับการแตกสลายเจลที่สนับสนุนว่าโปรตีนมีส่วนร่วมในการควบคุมการเกิดโครงสร้างกิ่งก้านที่ปลายด้านไอเมก้าโดยเกิดผ่านพันธะไฮโดรเจน จากผลการศึกษาความสามารถของกระบวนการดีโพรทีนไนซ์โดยการวิเคราะห์ SDS-PAGE การทำดีโพรทีนไนซ์ด้วยเอนไซม์สามารถตัดโปรตีนให้เหลือเป็นโอลิโกเปปไทด์ หรือเปปไทด์สั้นๆ ส่วนการปั่นล้างด้วยสารลดแรงตึงผิวจะไปทำให้ลักษณะธรรมชาติของโปรตีนเปลี่ยนไป โดยไม่เกิดการตัดโปรตีน ในขณะที่การทำปฏิกิริยาสะพอนิฟิเคชันนั้นคาดว่าทำปฏิกิริยากับทั้งโปรตีนและลิปิดในยางธรรมชาติ อย่างไรก็ตามการเกิดปฏิกิริยาเคมียังไม่ทราบแน่นอน จากผลการเก็บน้ำยางดีโพรทีนไนซ์เป็นเวลานานพบว่า ปริมาณเจลไม่สามารถเกิดได้เท่ากับกรณีน้ำยางสดปกติเนื่องมาจากการขาดโปรตีน ส่งผลให้สมบัติทางกายภาพของยางแข็ง นอกเหนือจากผลของการศึกษาการแข็งขึ้นของยางดีโพรทีนไนซ์ภายใต้สภาวะเร่งพบว่าโปรตีนที่เหลืออยู่รวมไปถึงกรดไขมันมีบทบาทต่อการเกิดเจลและการเปลี่ยนแปลงของสมบัติทางกายภาพ จากการวิเคราะห์โครงสร้างในระดับนาโนด้วยเทคนิค Atomic Force Microscopy (AFM) และ Confocal Fluorescence Microscopy พบว่าบนอนุภาคนั้นประกอบด้วยสององค์ประกอบที่มีความแตกต่างกันซึ่งจากการตรวจสอบพบว่ามาจากโปรตีนและลิปิด โดยเป็นเชื้อหุ้มอนุภาคยางแบบชั้นเดียว จากการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคฟลูออเรสเซนซ์เป็นหลักฐานยืนยันว่าอนุภาคนั้นเป็นลักษณะ core-shell โดยมีโปรตีนและลิปิดอยู่ชั้นนอกโดยลิปิดเป็นโมเลกุลที่มีหมู่เอมีนเป็นองค์ประกอบ เช่น ฟอสฟาทีลโคลีน และฟอสฟาทีลเอทาโนลามีน จากงานวิจัยพบว่าเกิดการเกิดฟิล์มยางโดยกระบวนการแพร่ของยางนั้นเกิดได้โดยผ่านการแตกออกได้เองของเชื้อหุ้มโปรตีนและลิปิด ซึ่งสอดคล้องกับการเพิ่มขึ้นของ Young's modulus ของผิวยาง ที่ได้จากการวัดระดับนาโนด้วยการกดของ AFM probe

EFFECT OF NON-RUBBER COMPONENTS ON BASIC CHARACTERISTICS AND PHYSICAL PROPERTIES OF NATURAL RUBBER FROM *HEVEA BRASILIENSIS*

KANJANEE NAWAMAWAT 4637841 SCPO/D

Ph.D. (POLYMER SCIENCE AND TECHNOLOGY)

THESIS ADVISORS: JITLADDA SAKDAPIPANICH, Ph.D. (CHEMICAL ENGINEERING), YASUYUKI TANAKA, Ph.D. (POLYMER CHEMISTRY), DARAPOND TRIAMPO, Ph.D. (MATERIAL SCIENCE AND ENGINEERING)

ABSTRACT

The effect of climate on the properties of natural rubber (NR) latex from the *Hevea* rubber tree was investigated by collecting fresh NR latex frequently over a period of two years. A high rubber content of NR latex exploiting in the cold season was observed, whereas a dilution effect was found in rainy season. There was a considerably higher amount of non-rubber materials in the rainy season. The effect of metal ions on pre-vulcanization of concentrated NR latex was characterized by extra-adding metal ions into the concentrated NR latex prior to the vulcanization process. The presence of metal ions caused a delay in the maturation time required to obtain a desirable pre-vulcanized level. The metal ions strongly affected the stability of concentrated NR latex by means of the divalent effect on the formation of branching and gel, involving the adsorption on NR particles leading to the reduction of latex stability.

The structure of branch-points in NR was analyzed by physical decomposition of branch-points using surfactant washing by high-speed centrifugation of NR latex. The diminution of nitrogen content is consistent with the disintegration of gel fraction. This suggests that the branching formation at ω -terminal derives from proteins *via* supramolecular bond. Based on the result of the evaluation of the performance of deproteinized reaction by SDS-PAGE, enzymatic deproteinization was proposed to cleave the proteins so that the retained proteins would be oligopeptides or short-chain proteins. Surfactant washing with high-speed centrifugation denatured the proteins without degradation, whereas saponification reaction decomposed both proteins and fatty acids, although NaOH treatment of latex was not identified. Gel formation in the storage deproteinized NR latex could not be as fully accomplished as in the normal NR due to the lack of proteins leading to the deterioration in physical properties. Accelerated storage hardening test disclosed that both residual proteins and fatty acids play a role in the formation of gel fractions including the change of physical properties in the deproteinized NR. Proteins and lipids on surface of NR particle were characterized in nano-scale by Atomic Force Microscopy (AFM) and Confocal fluorescence Microscopy. Different phase contrasts from the proteins and lipids monolayer on NR particle were discovered. The fluorescence technique provided evidence showing that proteins and lipids are tenaciously bound at the exterior layer of NR particles as a core-shell, in which lipid materials were disclosed to be amine functionalized molecules such as phosphatidyl choline and phosphatidyl ethanolamine. The film formation of NR was unveiled to reach the inter-diffusion step by spontaneous fragmentation of the protein-lipid membrane leading to the formation of a homogenous matrix of NR, which particularly corresponds to the increase of Young's modulus of NR surface measured by nanoindentation with AFM probe.

**KEY WORDS: NATURAL RUBBER/ PROTEINS/ BRANCHING/
GEL FORMATION/ MEMBRANE/ FILM FORMATION**

228 pp.