

245533

ห้องสมุดงานวิจัย สำนักงานคณะกรรมการการวิจัยแห่งชาติ



245533

รายงานการวิจัย

การลดน้ำหนักโมเลกุลของยางธรรมชาติ
ด้วยเทคนิคคลื่นไมโครเวฟเหนี่ยวนำความร้อน
Molecular Weight Reduction of Natural Rubber
by Microwave-Induced Thermolysis Technique

นายสุรัตน์ อารีรัตน์

ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากงบประมาณเงินรายได้ ประจำปีงบประมาณ 2554

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

000250637

ห้องสมุดงานวิจัย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ



245533

รายงานการวิจัย
การลดน้ำหนักโมเลกุลของยางธรรมชาติ
ด้วยเทคนิคคลื่นไมโครเวฟเหนี่ยวนำความร้อน
Molecular Weight Reduction of Natural Rubber
by Microwave-Induced Thermolysis Technique



นายสุรัตน์ อารีรัตน์

ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากงบประมาณเงินรายได้ ประจำปีงบประมาณ 2554

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณเงินรายได้คณะวิศวกรรมศาสตร์ที่ได้สนับสนุนเงินทุนในการทำวิจัย

ขอขอบคุณ ดร. โชคชัย แสงดาว อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร ที่ให้คำปรึกษาและความช่วยเหลือในการตัดแปลงเครื่องกำเนิดคลื่นไมโครเวฟให้มีกำลังวัตต์สูงขึ้น

ขอขอบคุณบริษัท ไออาร์พีซี ที่ให้ความกรุณาอนุเคราะห์สอะเซทิลีนแบล็คสำหรับใช้ในการทำวิจัย

หากเกิดความผิดพลาดประการใดในงานวิจัยนี้ข้าพเจ้าขออภัยไว้ ณ ที่นี้ และข้าพเจ้ายินดีที่จะนำข้อมูลอันจะเกิดประโยชน์กับผู้ที่สนใจ สามารถนำไปประกอบการศึกษาค้นคว้า เพื่อเป็นประโยชน์ในวันข้างหน้าข้าพเจ้าจะยินดียิ่ง คุณประโยชน์อันใดที่พึงมาจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ข้าพเจ้าขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

สุรัตน์ อาริรัตน์

ชื่อโครงการ (ภาษาไทย) การลดน้ำหนักโมเลกุลของยางธรรมชาติด้วย
เทคนิคคลื่นไมโครเวฟเหนี่ยวนำความร้อน

ชื่อโครงการ(ภาษาอังกฤษ) Molecular Weight Reduction of Natural Rubber
by Microwave Induced Thermolysis

แหล่งเงิน.....งบประมาณเงินรายได้.....

ประจำปีงบประมาณ..... 2554..... จำนวนเงินที่ได้รับการสนับสนุน..... 64,900..... บาท

ระยะเวลาทำการวิจัย..... 1..... ปี ตั้งแต่ 01 ต.ค 2553 ถึง..... 30 ก.ย 2554.....

ชื่อ-สกุล หัวหน้าโครงการ และผู้ร่วมโครงการวิจัย พร้อมระบุ หน่วยงานต้นสังกัดและ อีเมลล์

ชื่อ-สกุล (ภาษาไทย) นายสุรัตน์ อารีรัตน์

ชื่อ-สกุล (ภาษาอังกฤษ) Mr. Surat Areerat

ตำแหน่งทางวิชาการ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สัดส่วนการวิจัย 100%

สาขาวิชา วิศวกรรมเคมี คณะ วิศวกรรมศาสตร์

โทรศัพท์ 02-329-8360-3 ต่อ 144 โทรสาร 02-3298360-3 กด 4

E-mail kasurat@kmitl.ac.th

คำสำคัญ (Keywords) การลดน้ำหนักโมเลกุล การสลายตัวเชิงความร้อน ยางธรรมชาติ คลื่นไมโครเวฟ
อะเซทิลีนแบล็ค

บทคัดย่อ

245533

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการลดน้ำหนักโมเลกุลของยางธรรมชาติด้วยกระบวนการสลายตัวเชิงความร้อน (Thermolysis) จากการเหนี่ยวนำโมเลกุลอะเซทิลีนแบล็ค (Acetylene Black) ด้วยคลื่นไมโครเวฟเพื่อให้เกิดการสลายในเนื้อยางธรรมชาติ ทั้งนี้ได้ศึกษาปัจจัยที่มีความสำคัญคือ กำลังวัตต์ของเครื่องไมโครเวฟในช่วง 360–1600 W เวลาที่ใช้ในการสลายตัวทางความร้อน 5–20 นาที โดยควบคุมปริมาณอะเซทิลีนแบล็คและน้ำหนักของยางธรรมชาติคงที่ 0.1 phr และ 0.1 กรัม ตามลำดับ ทำการศึกษาความสามารถในการลดน้ำหนักโมเลกุลของยางธรรมชาติโดยใช้เทคนิคเจลเพอร์มิเอชันโครมาโทกราฟี (GPC) ทดสอบหาค่าเฉลี่ยของน้ำหนักโมเลกุลและค่าการกระจายแบบผสม (PDI) ของยางธรรมชาติ และใช้เทคนิคฟูรีเออร์ทรานสฟอร์มอินฟราเรดสเปกโทรมิเตอร์ (FT-IR) เพื่อตรวจสอบหมู่ฟังก์ชันภายในโครงสร้าง พบว่าเมื่อให้ระยะเวลาในการเหนี่ยวนำที่ 5 นาทีนั้น ผลของการเพิ่มกำลังไมโครเวฟนั้นไม่ส่งผลต่อการลดน้ำหนักโมเลกุลของยางธรรมชาติ แต่อย่างไรก็ตาม เมื่อเพิ่มระยะเวลาในการเหนี่ยวนำขึ้น พบว่าผลของการเพิ่มกำลังวัตต์ของเครื่องไมโครเวฟส่งผลให้

245533

น้ำหนักโมเลกุลและค่าการกระจายตัวแบบผสมของยางธรรมชาติมีแนวโน้มลดลงอย่างรวดเร็ว โดยที่กำลังของเครื่องไมโครเวฟ 1600 W และระยะเวลาในการเหนี่ยวนำ 20 นาที ส่งผลให้น้ำหนักโมเลกุลของยางธรรมชาติลดลงเหลือ 2.37×10^5 g/mol และค่าการกระจายตัวแบบผสมเท่ากับ 1.18 (-) ซึ่งสามารถลดได้จากยางธรรมชาติที่มีน้ำหนักโมเลกุลเริ่มต้นเท่ากับ 1.23×10^6 g/mol และค่าการกระจายตัวแบบผสมเท่ากับ 4.16 (-) เมื่อวิเคราะห์หมู่ฟังก์ชันที่เกิดขึ้นหลังจากการลดน้ำหนักโมเลกุลของยางธรรมชาติด้วย FT-IR นั้นพบว่า ไม่มีความแตกต่างกันระหว่างยางธรรมชาติก่อนการลดน้ำหนักโมเลกุลแต่มีสายโซ่ที่สั้นกว่า นอกจากนี้สามารถวิเคราะห์จลนพลศาสตร์ของปฏิกิริยาเพื่ออธิบายการแตกสลายของพันธะพบว่าเป็นปฏิกิริยาอันดับสองซึ่งค่าคงที่อัตราจะเพิ่มขึ้นตามกำลังของเครื่องไมโครเวฟที่เพิ่มขึ้น โดยค่าคงที่อัตราที่มีค่ามากที่สุดคือ $9.96 \times 10^{-6} \text{ min}^{-1}$ ที่กำลังของเครื่องไมโครเวฟเท่ากับ 1600 W

Abstract**245533**

This research studied the effects of microwave power (360–1600 W) and reaction time (5–20 minutes) on molecular weight reduction of natural rubber in microwave-induced pyrolysis of NR-Acetylene black mixture. The molecular weight and polydispersity index (PDI) of natural rubber were detected by using Gel Permeation Chromatography (GPC). Functional groups of natural rubber were analyzed by Fourier Transform Infrared (FT-IR) technique. At induction time of 5 minutes, decreasing average molecular weight of natural rubber with increasing microwave power was insignificant; however, while the induction time greater than 5 minutes, the molecular weights of natural rubber decreased rapidly with increasing microwave power. At induction time of 20 minutes and microwave power of 1600 W, the molecular weight of 2.37×10^5 g/mol and polydispersity of 1.18 (-) were obtained, whereas molecular weight and polydispersity of virgin NR were 1.23×10^6 g/mol and 4.16 (-). The FT-IR analysis indicated that the functional groups of microwave-induced NR in pyrolysis process were similar to those of virgin NR, while molecular weight of induced NR was less than that of virgin NR. In addition, the kinetics of molecular weight reduction of natural rubber was a second order reaction that the rate constant increased with microwave power. At microwave power of 1600 W, the rate constant was $9.96 \times 10^{-6} \text{ min}^{-1}$.

สารบัญเรื่อง

| | หน้า |
|---|------|
| กิตติกรรมประกาศ..... | 2 |
| บทคัดย่อภาษาไทย..... | 3 |
| บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... | 4 |
| สารบัญ | 5 |
| สารบัญตาราง..... | 6 |
| สารบัญรูปภาพ..... | 7 |
| | |
| 1 บทนำ..... | 9 |
| 2 การทดลอง..... | 10 |
| 2.1 การเตรียมวัตถุดิบ | 10 |
| 2.2 กระบวนการลดน้ำหนัก โมเลกุลของยางธรรมชาติ..... | 10 |
| 2.3 เครื่องมือวิเคราะห์ | 11 |
| 3 ผลการทดลอง..... | 12 |
| 3.1 ผลการวิเคราะห์อุณหภูมิการสลายตัวของยางธรรมชาติ..... | 12 |
| 3.2 ผลของการเติมอนุภาคอะเซทิลีนแบล็คต่ออุณหภูมียางธรรมชาติ | 13 |
| 3.3 ผลของกำลังวัตต์ต่อน้ำหนัก โมเลกุลของยางธรรมชาติ | 14 |
| 3.4 ผลของเวลาในการเหนี่ยวนำต่อการลดน้ำหนัก โมเลกุลยางธรรมชาติ..... | 15 |
| 3.5 การศึกษาจลนพลศาสตร์ของการแตกสลายของโมเลกุลยางธรรมชาติ..... | 16 |
| 3.6 การศึกษาผลของการลดน้ำหนัก โมเลกุลโดยการเหนี่ยวนำด้วยไมโครเวฟที่มีต่อหมู่ฟังก์ชันของยางธรรมชาติโดยใช้เครื่อง FTIR..... | 17 |
| 4 สรุปผลการทดลอง | 19 |
| 5 เอกสารอ้างอิง..... | 20 |
| ภาคผนวก | 21 |
| ภาคผนวก ก. การทดสอบหาค่ามวล โมเลกุลของยางธรรมชาติโดยใช้ GPC..... | 21 |
| ภาคผนวก ข. การวิเคราะห์จลนพลศาสตร์การลดมวล โมเลกุลของยางธรรมชาติ..... | 26 |

สารบัญตาราง

| | หน้า |
|--------------|--|
| ตารางที่ 1 | ค่าคงที่อัตราที่กำลั้งวัตต์ต่างๆ 17 |
| ตารางที่ ก-1 | ข้อมูลที่ได้จากเครื่อง GPC และค่าที่คำนวณจากโครมาโทแกรม 25 |
| ตารางที่ ข-1 | ค่าองศาการแตกสลายของพอลิเมอร์ (DP_w) ที่เวลาและกำลั้งต่างๆของเครื่อง ไมโครเวฟ..... 26 |

สารบัญรูปลูกภาพ

| | | หน้า |
|------------|---|------|
| รูปที่ 1 | เครื่อง ไมโครเวฟที่ดัดแปลงเพื่อเพิ่มกำลังวัตต์สูงสุดเป็น 1600 วัตต์..... | 10 |
| รูปที่ 2 | ลักษณะภายในของเครื่อง ไมโครเวฟที่ดัดแปลง..... | 11 |
| รูปที่ 3 | TGA Thermogram ของสารละลายยางธรรมชาติที่ผสมกับอะเซทิลีนแบล็ค | 12 |
| รูปที่ 4 | อุณหภูมิของยางธรรมชาติเปรียบเทียบระหว่างการเติมและไม่เติมอนุภาคอะเซทิลีนแบล็ค | 13 |
| รูปที่ 5 | อุณหภูมิของยางธรรมชาติที่เติมอนุภาคอะเซทิลีนแบล็ค | 14 |
| รูปที่ 6 | GPC โครมาโทแกรมแสดงผลของกำลังวัตต์ของเตาไมโครเวฟต่อการกระจายตัวของน้ำหนักโมเลกุลของยางธรรมชาติที่ระยะเวลาในการเหนี่ยวนำ 15 นาที | 14 |
| รูปที่ 7 | ผลของกำลังวัตต์ของเตาไมโครเวฟต่อค่าการกระจายตัวแบบผสมของยางธรรมชาติ..... | 15 |
| รูปที่ 8 | ผลของระยะเวลาในการเหนี่ยวนำต่อการลดน้ำหนักโมเลกุลของยางธรรมชาติ | 16 |
| รูปที่ 9 | แบบจำลองอธิบายความสามารถในการลดน้ำหนักโมเลกุลที่กำลังวัตต์ต่าง | 17 |
| รูปที่ 10 | FTIR สเปกตรัมของยางธรรมชาติที่ผ่านกระบวนการลดน้ำหนักโมเลกุลด้วยไมโครเวฟ..... | 18 |
| รูปที่ ก.1 | กราฟความสัมพันธ์ระหว่างมวลโมเลกุลของยางธรรมชาติกับ Elution Time..... | 21 |
| รูปที่ ก.2 | โครมาโทแกรมแสดงการกระจายมวลโมเลกุลของยางธรรมชาติไม่ผสมอะเซทิลีนแบล็ค | 22 |
| รูปที่ ก.3 | โครมาโทแกรมแสดงการกระจายมวลโมเลกุลของยางผสมอะเซทิลีนแบล็ค | 22 |
| รูปที่ ก.4 | โครมาโทแกรมแสดงการกระจายมวลโมเลกุลของยางผสมอะเซทิลีนแบล็คผสมอะเซทิลีนแบล็ค 0.1 phr ที่กำลังของเครื่องไมโครเวฟ 720 วัตต์..... | 23 |
| รูปที่ ก.5 | โครมาโทแกรมแสดงการกระจายมวลโมเลกุลของยางผสมอะเซทิลีนแบล็คผสมอะเซทิลีนแบล็ค 0.1 phr ที่กำลังของเครื่องไมโครเวฟ 1440 วัตต์..... | 23 |
| รูปที่ ก.6 | โครมาโทแกรมแสดงการกระจายมวลโมเลกุลของยางผสมอะเซทิลีนแบล็คผสมอะเซทิลีนแบล็ค 0.1 phr ที่กำลังของเครื่องไมโครเวฟ 1440 วัตต์..... | 24 |
| รูปที่ ข.1 | จลนพลศาสตร์ของปฏิกิริยาการลดมวลโมเลกุลของยางธรรมชาติลำดับสองที่กำลังของเครื่องไมโครเวฟ 360 วัตต์ | 27 |
| รูปที่ ข.2 | จลนพลศาสตร์ของปฏิกิริยาการลดมวลโมเลกุลของยางธรรมชาติลำดับสองที่กำลังของเครื่องไมโครเวฟ 720 วัตต์ | 27 |
| รูปที่ ข.3 | จลนพลศาสตร์ของปฏิกิริยาการลดมวลโมเลกุลของยางธรรมชาติลำดับสองที่กำลังของเครื่องไมโครเวฟ 1,440 วัตต์ | 28 |
| รูปที่ ข.4 | จลนพลศาสตร์ของปฏิกิริยาการลดมวลโมเลกุลของยางธรรมชาติลำดับสองที่กำลังของเครื่องไมโครเวฟ 1,600 วัตต์ | 28 |

สัญลักษณ์

ตัวอักษร

| | | |
|---------------|-----|---|
| DP_n | คือ | องศาการสลายพอลิเมอร์ |
| $DP_n(t_0)$ | คือ | องศาการสลายพอลิเมอร์ที่เวลาเริ่มต้น |
| $DP_n(t)$ | คือ | องศาการสลายพอลิเมอร์ที่เวลาใดๆ |
| \bar{M}_n | คือ | น้ำหนักโมเลกุลเฉลี่ยเชิงจำนวนของพอลิเมอร์ (number-average molecular weight) |
| \bar{M}_w | คือ | น้ำหนักโมเลกุลเฉลี่ยเชิงน้ำหนักของพอลิเมอร์ (weight-average molecular weight) |
| $M_{monomer}$ | คือ | น้ำหนักโมเลกุลของหน่วยซ้ำของพอลิเมอร์ |
| k | คือ | ค่าคงที่อัตรา |
| t | คือ | เวลาในการทำปฏิกิริยา |
| PDI | คือ | การกระจายตัวแบบผสม (Polydispersity index) |
| W | คือ | กำลังวัตต์ |