



รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ การปรับปรุงผิวของไคโตซานโดยใช้เทคนิคแอตไมเซลล์าร์พอลิเมอร์
เซชันเพื่อนำมาเป็นสารตัวเติมในยางธรรมชาติ

โดย ศศินันท์ ทองมาก และคณะ

เมษายน 2555

สัญญาเลขที่ RDG5450060

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ การปรับปรุงผิวของไคโตซานโดยใช้เทคนิคแอตไมเซลล์าร์พอลิเมอร์
เซชันเพื่อนำมาเป็นสารตัวเติมในยางธรรมชาติ

คณะผู้วิจัย

สังกัด

- | | |
|--------------------|-------------------------------------|
| 1.ศศินันท์ ทองมาก | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย |
| 2.บุษรัตน์ บุษะบา | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย |
| 3.สุนันทา แวสุวรรณ | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย |

ชุดโครงการ โครงการวิจัยขนาดเล็กเรื่องยางพารา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตนครศรีธรรมราช

สนับสนุนโดยสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย(สกว.)
(ความเห็นในรายงานนี้เป็นของผู้วิจัย สกว.ไม่จำเป็นต้องเห็นด้วยเสมอไป)

บทสรุปย่อรายงานสำหรับผู้บริหาร

ชื่อโครงการ (ภาษาไทย) การปรับปรุงผิวของไคโตซานโดยใช้เทคนิคแอดไมเซลล์พอลิเมอร์ไรเซชัน
เพื่อนำมาเป็นสารตัวเติมในน้ำยางธรรมชาติ

(ภาษาอังกฤษ) Modification surface of chitosan using admicellar polymerization
technic for mixed with natural rubber.

ชื่อหัวหน้าโครงการ หน่วยงานสังกัด และที่อยู่

ชื่อ-สกุล นางสาวศศินันท์ ทองมาก

หน่วยงาน สาขาเทคโนโลยียางและพอลิเมอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

ที่อยู่ 109 ม.2 ต.ถ้ำใหญ่ อ.ทุ่งสง จ.นครศรีธรรมราช

โทรศัพท์ 075-411144 โทรสาร 075-411745 E-mail sasinan_10@hotmail.com

นักศึกษา/ผู้ร่วมวิจัย

1.นางสาวบุษรัตน์ บุญชะบา

2.นางสาวสุนัฏา แวสุวรรณ

3.นางสาวกุลธิดา พูลเพิ่ม

งบประมาณทั้งโครงการ 147,000 บาท

ระยะเวลาดำเนินการ 9 เดือน ตั้งแต่วันที่ 1 สิงหาคม 2554 ถึงวันที่ 30 เมษายน 2555

ความสำคัญและที่มาของปัญหา

ผลิตภัณฑ์ยางที่หมดอายุการใช้งานแล้ว ส่วนใหญ่กลายเป็นขยะซึ่งก่อให้เกิดปัญหามลภาวะทางสิ่งแวดล้อมเป็นอย่างมากเนื่องจากเป็นวัสดุที่ย่อยสลายตามธรรมชาติได้ยาก ปัจจุบันจึงมีการคิดค้นวิธีการแก้ไขปัญหาดังกล่าว แนวทางหนึ่งที่น่าสนใจคือ การผลิตผลิตภัณฑ์ยางที่สามารถย่อยสลายได้ง่ายในสิ่งแวดล้อม โดยการนำยางธรรมชาติมาผสมกับพอลิเมอร์ทางชีวภาพที่สามารถย่อยสลายได้ง่าย ไคโตซานเป็นพอลิเมอร์ทางชีวภาพชนิดหนึ่งที่ย่อยสลายได้ตามธรรมชาติซึ่งสามารถสกัดได้จากเปลือกนอกของสัตว์จำพวก กุ้ง ปู และปลาหมึก เนื่องจากไคโตซานยังเป็นแหล่งอาหารและพลังงานของจุลินทรีย์ จึงทำให้ถูกย่อยสลายได้ง่าย จึงมีแนวคิดที่นำเอาไคโตซานมาผสมกับยางธรรมชาติเพื่อให้เกิดการย่อยสลายในสิ่งแวดล้อมได้ดีขึ้น แต่พบว่าการเติมไคโตซานทำให้สมบัติเชิงกลของยางธรรมชาติลดลงเนื่องจากโครงสร้างของไคโตซานมีความเป็นขั้วบวกแต่ยางธรรมชาติไม่มีขั้วเป็นสาเหตุให้สมบัติทางกายภาพด้อยลง ดังนั้นจึงมีแนวคิดที่จะปรับปรุงผิวของไคโตซานก่อนนำมา

ผสมกับยางธรรมชาติ โดยใช้เทคนิคแอคไมเซลล์าร์พอลิเมอร์ไรเซชันซึ่งเป็นเทคนิคที่ใช้สารเคมีในปริมาณน้อยจึงเป็นการช่วยประหยัดต้นทุนการผลิต เนื่องจากในยางธรรมชาติมีองค์ประกอบไฮโดรคาร์บอนของ พอลิไอโซพรีนชนิดเส้นตรงมากถึง 99.99% ดังนั้นการเลือกสร้างฟิล์มบางของพอลิไอโซพรีนเคลือบบนผิวโคโคซานจะทำให้สามารถรวมเป็นเนื้อเดียวกับยางได้ดีขึ้น ซึ่งสามารถเติมโคโคซานลงไปได้อย่างได้มากขึ้นเพื่อเป็นการช่วยให้เกิดการสลายตัวทางชีวภาพได้เร็วขึ้น

วัตถุประสงค์

1. ศึกษาสมบัติเชิง ลัทธิฐานวิทยาและการเสื่อมสลายทางชีวภาพของยางธรรมชาติผสมโคโคซาน ที่ผ่านการปรับปรุงผิวด้วยเทคนิคแอคไมเซลล์าร์พอลิเมอร์ไรเซชัน

ผลการดำเนินงาน

งานวิจัยนี้เป็นการนำเทคนิคแอคไมเซลล์าร์พอลิเมอร์ไรเซชันมาใช้ปรับปรุงผิวโคโคซานโดยใช้คลื่นไมโครเวฟและความร้อนจากอ่างควบคุมอุณหภูมิเป็นตัวเหนี่ยวนำให้เกิดปฏิกิริยาในการสังเคราะห์ฟิล์มพอลิไอโซพรีนเคลือบบนผิวของโคโคซาน ภายใต้ระบบที่ใช้เซทิลไตรเมทิลแอมโมเนียม(CTAB)เป็นสารลดแรงตึงผิวและใช้ไอโซพรีนเป็นมอนอเมอร์ นำโคโคซานที่ทำการปรับปรุงผิวแล้วมาทำการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของพื้นผิว ด้วยเทคนิคฟูเรียร์ทรานส์ฟอร์ม อินฟราเรดสเปกโตรสโกปี (Fourier Transform Infrared Spectroscopy; FT-IR) และเทอร์โมล กราวิเมตริกอนาไลซิส (Thermal Gravimetric Analysis; TGA) ผลการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค FT-IR แสดงให้เห็นว่ามีฟิล์มพอลิไอโซพรีนเคลือบบนผิวของโคโคซาน จากนั้นนำโคโคซานมาผสมกับยางธรรมชาติโดยแปรปริมาณของโคโคซานเป็น 0, 10, 20, 30 และ 40 phr ทำการศึกษาการย่อยสลายทางชีวภาพของยางผสมโคโคซาน โดยใช้ระยะเวลาในการฝังดินพบว่า น้ำหนักของชิ้นงานมีแนวโน้มลดลงเมื่อเวลาในการฝังดินและปริมาณของโคโคซานเพิ่มขึ้น

สรุปผลการวิจัย

จากการทำวิจัยในครั้งนี้พบว่า การปรับปรุงผิวของโคโคซานโดยใช้เทคนิคแอคไมเซลล์าร์พอลิเมอร์ไรเซชัน จะทำให้โคโคซานผสมเข้ากับยางได้ดีขึ้นมีสมบัติเชิงกลที่ดีกว่ายางที่ผสมกับโคโคซานที่ไม่ได้ทำการปรับปรุงผิว ส่วนสมบัติการย่อยสลายทางชีวภาพนั้นยางผสมโคโคซานจะมีน้ำหนักลดลงเมื่อเวลาในการฝังดินเพิ่มขึ้นและยางที่ผสมโคโคซานในปริมาณมากกว่าจะมีน้ำหนักหายไปมากกว่า

ข้อเสนอแนะ

ควรศึกษาการย่อยสลายของไคโตซานโดยเพิ่มเวลาในการศึกษาให้มากขึ้นเพื่อดูผลการเปลี่ยนแปลง

ผลงานทางวิชาการที่คาดว่าจะเกิดขึ้น

1.นำเสนอผลงานวิจัยในงานประชุมวิชาการ

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการนำเทคนิคแอตโมเซลล์าร์ฟอลิเมอร์ไรเซชันมาใช้ปรับปรุงผิวไคโตซาน โดยใช้คลื่นไมโครเวฟและความร้อนจากอ่างควบคุมอุณหภูมิเป็นตัวเหนี่ยวนำให้เกิดปฏิกิริยาในการสังเคราะห์ฟิล์มพอลิไอโซพรินเคลือบบนผิวของไคโตซาน ภายใต้ระบบที่ใช้เซทิลไตรเมทิลแอมโมเนียม(CTAB)เป็นสารลดแรงตึงผิวและใช้ไอโซพรินเป็นมอนอเมอร์ นำไคโตซานที่ทำการปรับปรุงผิวแล้วมาทำการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของพื้นผิว ด้วยเทคนิคฟูเรียร์ทรานส์ฟอร์มอินฟราเรดสเปกโตรสโกปี (Fourier Transform Infrared Spectroscopy; FT-IR) และเทอร์โมอลกราวิเมตริกอนาไลซิส (Thermal Gravimetric Analysis; TGA) ผลการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค FT-IR แสดงให้เห็นว่ามีฟิล์มพอลิไอโซพรินเคลือบบนผิวของไคโตซาน จากนั้นนำไคโตซานมาผสมกับยางธรรมชาติโดยแปรปริมาณของไคโตซานเป็น 0, 10, 20, 30 และ 40 phr ทำการศึกษาการย่อยสลายทางชีวภาพของยางผสมไคโตซานโดยใช้ระยะเวลาในการฝังดินพบว่า น้ำหนักของชิ้นงานมีแนวโน้มลดลงเมื่อเวลาในการฝังดินและปริมาณของไคโตซานเพิ่มขึ้น

Abstract

Admicellar polymerization was used to produce a thin layer of polyisoprene on the surface of chitosan particles using cethyl trimethyl ammonium bromide (CTAB) as the surfactant template and induced reaction using microwave and water bath. The admicellar-treated chitosan particles were characterized by Fourier-transformed infrared spectroscopy (FT-IR) and gravimetric analysis. FT-IR analysis suggested successful coating of polyisoprene on the surface of chitosan particles. Then the chitosan was mixed with natural rubber. Quantities of the chitosan were varied 0, 10, 20, 30 and 40 phr. The biodegradation of the sample was examined by using soil burial test. The results showed that weigth of the sample decreased when the time for test and quantity of chitosan increased.

1.บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

ผลิตภัณฑ์ยางที่หมดอายุการใช้งานแล้ว ส่วนใหญ่กลายเป็นขยะซึ่งก่อให้เกิดปัญหามลภาวะทางสิ่งแวดล้อมเป็นอย่างมากเนื่องจากเป็นวัสดุที่ย่อยสลายตามธรรมชาติได้ยาก ปัจจุบันจึงมีการคิดค้นวิธีการแก้ไขปัญหาดังกล่าว แนวทางหนึ่งที่ได้รับ ความสนใจคือ การผลิตผลิตภัณฑ์ยางที่สามารถย่อยสลายได้ง่ายในสิ่งแวดล้อม โดยการนำยางธรรมชาติมาผสมกับพอลิเมอร์ทางชีวภาพที่สามารถย่อยสลายได้ง่าย ไคโตซานเป็นพอลิเมอร์ทางชีวภาพชนิดหนึ่งที่ย่อยสลายได้ตามธรรมชาติซึ่งสามารถสกัดได้จากเปลือกนอกของสัตว์จำพวก กุ้ง ปู และปลาหมึก เนื่องจากไคโตซานยังเป็นแหล่งอาหารและพลังงานของจุลินทรีย์จึงทำให้ถูกย่อยสลายได้ง่าย จึงมีแนวคิดที่นำเอาไคโตซานมาผสมกับยางธรรมชาติเพื่อให้เกิดการย่อยสลายในสิ่งแวดล้อมได้ดีขึ้น แต่พบว่าการเติมไคโตซานทำให้สมบัติเชิงกลของยางธรรมชาติลดลงเนื่องจากโครงสร้างของไคโตซานมีความเป็นขั้วบวกแต่ยางธรรมชาติไม่มีขั้ว เป็นสาเหตุให้สมบัติทางกายภาพด้อยลง ดังนั้นจึงมีแนวคิดที่จะปรับปรุงผิวของไคโตซานก่อนนำมาผสมกับยางธรรมชาติ โดยใช้เทคนิคแอคไมเซลล์าร์พอลิเมอร์ไรเซชันซึ่งเป็นเทคนิคที่ใช้สารเคมีในปริมาณน้อยจึงเป็นการช่วยประหยัดต้นทุนการผลิต เนื่องจากในยางธรรมชาติมีองค์ประกอบไฮโดรคาร์บอนของ พอลิไอโซพรีนชนิดเส้นตรงมากถึง 99.99% ดังนั้นการเลือกสร้างฟิล์มบางของพอลิไอโซพรีนเคลือบบนผิวไคโตซานจะทำให้สามารถรวมเป็นเนื้อเดียวกับยางได้ดีขึ้น ซึ่งสามารถเติมไคโตซานลงไปได้อย่างได้มากขึ้น เพื่อเป็นการช่วยให้เกิดการสลายตัวทางชีวภาพได้เร็วขึ้น

1.2 วัตถุประสงค์

1. ศึกษาสมบัติเชิงกลและการเสื่อมสลายทางชีวภาพของยางธรรมชาติผสมไคโตซานที่ผ่านการปรับปรุงผิวด้วยเทคนิคแอคไมเซลล์าร์พอลิเมอร์ไรเซชัน

2.ทฤษฎี

2.1 ยางธรรมชาติ

2.1.1 โครงสร้าง และสมบัติของยางธรรมชาติ

ยางธรรมชาติเป็นพอลิเมอร์ที่มีไฮโดรคาร์บอนเป็นองค์ประกอบร้อยละ 95 ที่เหลือเป็นโปรตีน ไขมัน และเกลืออนินทรีย์อื่นๆ มีน้ำหนักโมเลกุลสูงกว่า 1,300,000 กรัมต่อโมล ยางธรรมชาติมีชื่อทางเคมี คือ *cis*-1,4-polyisoprene เนื่องจากส่วนประกอบของยางธรรมชาติเป็นไฮโดรคาร์บอนที่ไม่มีขั้ว ดังนั้นยางจึงละลายได้ดีในตัวทำละลายที่ไม่มีขั้ว เช่น เบนซีน เฮกเซน เป็นต้น โดยทั่วไปยางธรรมชาติมีโครงสร้างการจัดเรียงตัวของโมเลกุลแบบอสัณฐาน (amorphous) แต่ในบางสภาวะโมเลกุลของยางสามารถจัดเรียงตัวค่อนข้างเป็นระเบียบที่อุณหภูมิต่ำหรือเมื่อถูกยืด จึงสามารถเกิดผลึก (crystallize) ได้การเกิดผลึกเนื่องจากอุณหภูมิต่ำ (low temperature crystallization) จะทำให้ยางแข็งมากขึ้น แต่ถ้าอุณหภูมิสูงขึ้น ยางก็จะอ่อนลงและกลับสู่สภาพเดิม ในขณะที่การเกิดผลึกเนื่องจากการยืดตัว (strain induced crystallization) ทำให้ยางมีสมบัติเชิงกลดี นั่นคือยางจะมีความทนทานต่อแรงดึง (tensile strength) ความทนทานต่อการฉีกขาด (tear resistance) และความทนทานต่อการขัดสี (abrasion resistance)

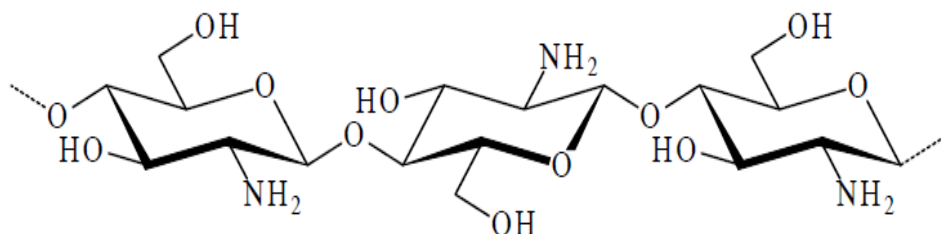
ลักษณะเด่นอีกอย่างของยางธรรมชาติ คือ ความยืดหยุ่น (elasticity) ยางธรรมชาติมีความยืดหยุ่นสูง เมื่อแรงภายนอกที่มากระทำกับมันหมดไป ยางก็จะกลับคืนสู่รูปร่างและขนาดเดิม ยางธรรมชาติยังมีสมบัติดีเยี่ยมด้านการเหนียวติดกัน (tack) ซึ่งเป็นสมบัติสำคัญของการผลิตผลิตภัณฑ์ที่ต้องอาศัยการประกอบ (assemble) ชิ้นส่วนต่างๆ เข้าด้วยกัน เช่น ยางรถยนต์ สายพานยาง เป็นต้น แต่ยางธรรมชาติที่เป็นยางดิบจะมีขีดจำกัดในการใช้งาน เนื่องจากมีสมบัติเชิงกลต่ำ และลักษณะทางกายภาพจะไม่เสถียรขึ้นอยู่กับการเปลี่ยนแปลงแปลงอุณหภูมิมาก กล่าวคือ ยางจะอ่อนนุ่มและเหนียวเหนอะหนะเมื่อร้อน แต่จะแข็งเปราะเมื่ออุณหภูมิต่ำ ด้วยเหตุนี้การใช้ประโยชน์จากยางจำเป็นต้องมีการผสมยางกับสารเคมีต่างๆ เช่น กำมะถัน เรซิน และ สารตัวเร่งต่างๆ เป็นต้น หลังจากการบดผสมยาง หรือยางคอมปาวด์ (rubber compound) ที่ได้จะถูกนำไปขึ้นรูปในแม่พิมพ์ภายใต้ความร้อนและความดัน กระบวนการนี้เรียกว่าวัลคาไนเซชัน (vulcanization) ยางที่ผ่านการขึ้นรูปนี้ เรียกว่า “ยางสุกหรือยางคงรูป” (vulcanizate) ซึ่งสมบัติของยางคงรูปที่ได้นี้จะเสถียรไม่เปลี่ยนแปลงตามอุณหภูมิมากนัก (บุญธรรม, 2538)

2.2 ไคตินและไคโตซาน

2.2.1 ความหมายและโครงสร้าง

ไคตินมีชื่อทางเคมีว่า Poly [β -(1 $\rightarrow$ 4)-2-acetamido-2-deoxy-D-glucopyranose] เป็นสารชีวภาพที่มีโครงสร้างคล้ายกับเซลลูโลส แต่จะต่างกันที่ตำแหน่ง C-2 โดยเซลลูโลสจะประกอบด้วยหมู่ไฮดรอกซิล ส่วนไคตินจะประกอบด้วยหมู่อะซิทามิโด (acetamido group) ไคตินไม่สามารถละลายในตัวทำละลายมีขั้วและไม่มีขั้ว โดยทั่วไปมักพบไคตินในผนังเซลล์ของเชื้อจุลินทรีย์ เช่น เห็ด รา รวมทั้งเปลือกของแมลงและสัตว์ที่ไม่มีกระดูกสันหลังประเภทมีข้อและปล้อง อาทิ กุ้ง ปู และแกนปลาหมึก (Merk Index, 1996)

ไคโตซานหรืออนุพันธ์ของไคตินที่ได้จากการทำปฏิกิริยากำจัดหมู่อะซิทิลของไคติน หรือที่เรียกว่าปฏิกิริยา Deactivation โดยแซ่ไคตินในสารละลายด่างเข้มข้น ซึ่งไคโตซานที่ได้นี้มีชื่อทางเคมีว่า poly [β -(1 $\rightarrow$ 4)-2-amino-2-deoxy-D-glucopyranose] เป็นโพลิเมอร์ที่ไม่สามารถละลายในตัวทำละลายอินทรีย์เกือบทั้งหมดและน้ำที่มีค่า pH เป็นกลางหรือด่าง แต่สามารถละลายในกรดอ่อน (Hayes, 1977) โครงสร้างของไคโตซานแสดงไว้ในภาพที่ 2.1



ภาพที่ 2.1 โครงสร้างของไคโตซาน

ที่มา: Hayes (1977)

2.3 ปฏิกิริยาแอตไมเซลล์าร์พอลิเมอร์ไรเซชัน (Admicellar polymerization)

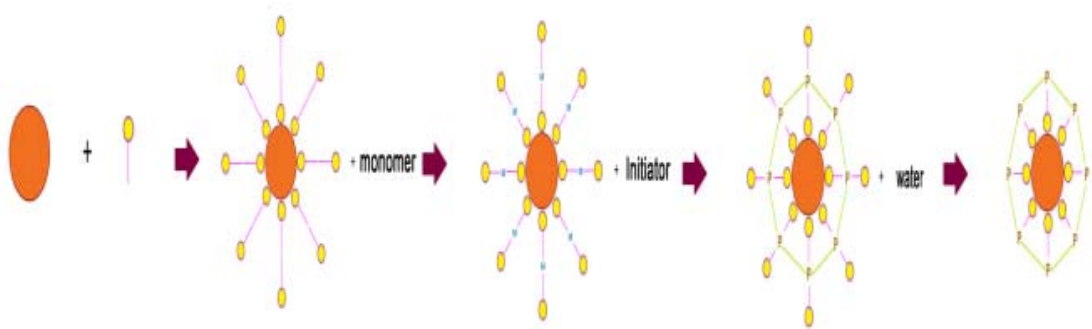
2.3.1 ความหมาย

ปฏิกิริยาแอตไมเซลล์าร์พอลิเมอร์ไรเซชัน มาจากคำว่า การดูดซับ (Adsorption) และ ไมเซลล์ (Micelle) เป็นปฏิกิริยาชนิดหนึ่งในกลุ่มของปฏิกิริยา In-situ polymerization ซึ่งเกิดภายใน

ขั้นตอนการดูดซับแบบ 2 ขั้นตอนพื้นผิวต่างๆ ซึ่งมีปัจจัยที่มีความเกี่ยวข้องดังนี้เช่น ชนิดของสารลดแรงตึงผิวลักษณะการดูดซับในพื้นผิว เป็นต้น

2.3.2 ขั้นตอนการเกิดปฏิกิริยาแอคไมเซลล์าร์พอลิเมอร์ไรเซชัน

วิธีเทคนิคแอคไมเซลล์าร์พอลิเมอร์ไรเซชันเป็นกระบวนการปรับปรุงผิวของสารวิธีหนึ่งแสดงดังภาพที่ 2.6 คือเกิดการดูดซับของสารลดแรงตึงผิวบนผิวของสารจากนั้นเติมมอนอเมอร์ และสารริเริ่มปฏิกิริยา เพื่อให้เกิดการรวมตัวเป็นพอลิเมอร์ในระหว่างชั้นสารลดแรงตึงผิว แล้วทำการล้างสารลดแรงตึงผิวชั้นนอกออก เพื่อให้ปรากฏฟิล์มพอลิเมอร์ที่เคลือบอยู่บนผิวอนุภาคสารเพิ่มเนื้อ



ภาพที่ 2.6 ขั้นตอนการสังเคราะห์ฟิล์มบางของพอลิเมอร์

ด้วยปฏิกิริยาแอคไมเซลล์าร์พอลิเมอร์ไรเซชัน

ที่มา: นพวัชร ธรรมสนอง และ ธีราวุธ พงศ์ประยูร (2550)

ขั้นตอนที่ 1 เป็นการเกิดแอคไมเซลล์ โดยสารลดแรงตึงผิวจะถูกดูดซับแบบ 2 ชั้น บนพื้นผิวที่รองรับ ซึ่งการดูดซับจะเกิดขึ้นสมบูรณ์ก็ต่อเมื่อเลือกใช้สารลดแรงตึงผิวที่เหมาะสมภายใต้สภาวะแวดล้อมที่เหมาะสมด้วยเช่นกัน โดยปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเลือกใช้สารลดแรงตึงผิวมีดังนี้คือ จุดที่ประจุรวมเป็นศูนย์ (Point of zero charge: PZC) ของพื้นผิวที่รองรับ สมบัติทางเคมีตามธรรมชาติของโมโนเมอร์ที่เลือกใช้ การเลือกใช้สารเคมีที่เป็นตัวริเริ่ม (Initiator) ให้เหมาะสมกับระบบของการเกิดพอลิเมอร์ไรเซชัน ข้อมูลจากการศึกษาเกี่ยวกับค่า PZC ของพื้นผิวที่รองรับในช่วงค่าความเป็นกรด-ด่างต่างๆในสารละลายของสารลดแรงตึงผิวทั้งที่เป็นชนิดประจุบวก (Cationic) หรือชนิดประจุลบ (Anionic) ก็เป็นประโยชน์ในการศึกษานี้ ที่ค่าความเป็นกรด-ด่างต่ำกว่าจุด PZC ของพื้นผิว ลักษณะของพื้นผิวจะมีอนุภาคของอะตอมกลายเป็นประจุบวก และจะมีประจุที่เป็นบวกมากขึ้น ที่ค่าความเป็นกรด-ด่างสูงกว่าจุด PZC ของพื้นผิว ลักษณะของพื้นผิวจะมีอนุภาคของอะตอมกลายเป็นประจุลบ จากผลการศึกษาที่ได้ดังกล่าวจึงส่งผลให้สารลดแรงตึงผิว

ชนิดประจุลบจะถูกดูดซับได้ดีเมื่ออยู่ในสภาวะที่มีค่าความเป็นกรด-ด่างที่สูงกว่าจุด PZC ในขณะที่สารลดแรงตึงผิวชนิดประจุบวกจะถูกดูดซับได้ดีเมื่ออยู่ในสภาวะที่มีค่าความเป็นกรด-ด่างต่ำกว่าจุด PZC ตัวอย่างเช่น พื้นผิวรองรับที่เป็นไคโตซานจะมีค่า PZC อยู่ระหว่าง 2-3 ซึ่งจะมีสมบัติของประจุเป็นลบเมื่ออยู่ในสารละลายที่มีค่าความเป็นกรด-ด่างมากกว่า 3 ดังนั้นสารลดแรงตึงผิวชนิดประจุบวก เช่น CTAB จะถูกดูดซับบนผิว ไคโตซานได้ดีเมื่ออยู่ภายใต้สภาวะของสารละลายที่มีค่าความเป็นกรด-ด่างมากกว่า 3 ซึ่งสิ่งที่ควรต้องคำนึงถึงให้มากนั่นคือ การควบคุมความเข้มข้นที่สมดุลของสารลดแรงตึงผิวให้ต่ำกว่าค่าความเข้มข้นวิกฤตที่ทำให้เกิดไมเซลล์ (Critical micelle concentration) เพื่อที่จะป้องกันการเกิดไมเซลล์ในสารละลาย เพราะถ้าหากไม่มีไมเซลล์เกิดขึ้น สารอินทรีย์ที่อยู่ภายในชั้นการดูดซับแบบ 2 ชั้นของสารลดแรงตึงผิวจะกลายเป็นพื้นที่เฉื่อยเท่านั้นที่จะเกิดการละลายเข้าไปของโมโนเมอร์ (Adsolubilization)

ขั้นตอนที่ 2 โมโนเมอร์เกิดการละลายเข้าไปอยู่ในไมเซลล์ ซึ่งเรียกปรากฏการณ์นี้ว่า Adsolubilization ซึ่งโมโนเมอร์ส่วนใหญ่จะไม่สามารถละลายในน้ำได้ ดังนั้นเมื่อโมโนเมอร์ได้เข้าสู่ระบบแล้ว โมโนเมอร์จึงชอบที่จะเข้าไปอยู่ในส่วนของสารอินทรีย์ที่อยู่ในแอคไมเซลล์ การเติมโมโนเมอร์และสารละลายของสารลดแรงตึงผิวควรจะต้องเติมไปพร้อมกันหรือติดต่อกัน

ขั้นตอนที่ 3 เป็นการเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันของโมโนเมอร์ ซึ่งเกิดขึ้นโดยผ่านฟรีเรดิคัลที่มีความสามารถในการริเริ่มปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชัน ในบางกรณีความสามารถในการเข้ากันได้ภายในระบบของสารริเริ่มกับสารลดแรงตึงผิวทั้งชนิดประจุลบและประจุบวกก็อาจจะมีผลในการเลือกชนิดของสารลดแรงตึงผิวและสภาวะที่เหมาะสมในการทำปฏิกิริยาด้วย เมื่อปฏิกิริยาเริ่มต้นขึ้นโมโนเมอร์ในสารละลายจะมีการแพร่เข้าไปในแอคไมเซลล์มากขึ้น ถ้าปฏิกิริยาดำเนินต่อเนื่องไปโดยใช้ระยะเวลาที่ยาวนานเพียงพอ ในที่สุดโมโนเมอร์ทั้งหมดก็จะถูกเปลี่ยนเป็นพอลิเมอร์

ขั้นตอนที่ 4 เป็นขั้นตอนการล้างผงอนุภาคที่ผ่านการปรับปรุงแล้วด้วยน้ำเพื่อกำจัดชั้นของสารลดแรงตึงผิวชั้นนอกออกไป เพื่อที่จะเผยชั้นของฟิล์มพอลิเมอร์ จากนั้นนำผงอนุภาคไปอบในเตาอบที่อุณหภูมิเหมาะสม เพื่อที่จะระเหยโมโนเมอร์ที่ไม่ได้ทำปฏิกิริยา และสารละลายที่มากเกินไป แต่ต้องไม่มีผลกระทบต่อสมบัติของพอลิเมอร์

3.วิธีการทดลอง

3.1 ยางและสารเคมี

1. ยางแท่ง STR 5L ผลิตโดย องค์การสวนยาง (นาบอน) กระทรวงเกษตรและสหกรณ์
2. ซิงค์ออกไซด์ (Zinc Oxide) ผลิตโดยบริษัท ยูนิไทย จำกัด
3. กรดสเตียริก (Stearic acid) ผลิตโดยบริษัท อินพีเรียล อินดัสเทรียล เคมีภัณฑ์ จำกัด
4. สารตัวเร่ง เอ็น – เทอร์ท – บิวที – 2 - เบนโซไทโอซัลฟิनाไมด์ (N – tert – buty – 2 - benzothiolesulfenamide, TBBS) ลักษณะเป็นผงสีขาวละเอียด
5. ไคโตซาน (Chitosan) ขนาด 60 เมชลักษณะเป็นผงสีขาวอมเหลืองใช้เป็นสารตัวเติมในยาง
6. กำมะถัน (Sulphur) ลักษณะเป็นผงสีเหลือง ใช้เป็นสารวัลคาไนซ์ยาง ผลิตโดยบริษัท เพชรไทยเคมีภัณฑ์ จำกัด ประเทศไทย
7. Sodium Dodecyl (lauryl) Sulfate (SDS) ลักษณะเป็นผงสีขาวใช้เป็นสารรักษาความเสถียร
8. ไอโซพรีน (Isopren) ลักษณะเป็นของเหลว สีไม่มีสี มีกลิ่นเหม็น เป็นอันตรายต่อระบบหายใจใช้เป็นสารเริ่มต้นการเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชัน
9. เอทานอล (Ethanol) ลักษณะเป็นของเหลว สีไม่มีสี
10. โพแทสเซียมเปอร์ซัลเฟต (K_2SO_4) ลักษณะเป็นผงสีขาวละเอียด
11. โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ลักษณะเป็นเกล็ดสีขาว เป็นสารจำพวกด่างใช้สำหรับล้างไอโซพรีนมอนอเมอร์ให้บริสุทธิ์
12. น้ำกลั่น (H_2O) ลักษณะเป็นของเหลว สีไม่มีสี ใช้เป็นตัวกลางในการทำละลาย

3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์

1. เครื่องชั่งไฟฟ้า (Electronic balance)
รุ่น PB 3002 – 3 มีพิสัยกำลังชั่งสูงสุด 3,100 กรัม ความละเอียดในการชั่ง 0.01 กรัม
ผลิตโดยบริษัท Mettler – Toledo (Thailand) จำกัด
รุ่น METTLER AJ 150 มีพิสัยกำลังชั่งสูงสุด 150 กรัมความละเอียดในการชั่ง 0.0001 กรัม
ผลิตโดยบริษัท Diethelm. CO., Ltd.
2. ภาชนะใส่ไคโตซานที่ใช้เหนียวน้ำ หม้อต้มน้ำและใส่เหนียวน้ำใน Water bath และกล่องพลาสติกใช้เหนียวน้ำใน Microwave
3. เครื่องกวนเชิงกล (Mechanical Stirrer)

- 4.อ่างควบคุมความร้อน (Water Bath)
- 5.เครื่องอัดไฮโดรลิก (Compression moulding)
6. แบบพิมพ์ (Mold)
- 7.เครื่องทดสอบความต้านทานต่อแรงดึง (Testometer)
- 8.เครื่องทดสอบการคงรูปของยาง (Oscillating Disk Rheometer,ODR)
9. ตู้ดูดควัน (Hood)
10. ดายคัท (Die Cutting)
- 11.เครื่องตัดชิ้นทดสอบเชิงกล (Pneumatic Cutting Machine)
- 12.เครื่องวัดความหนา (Thickness)
- 13.เครื่องไมโครเวฟ (Microwave Machine)
- 14.เครื่องบดผสมสองลูกกลิ้ง (Two Roll Mill)
- 15.ตู้อบ (Hot air oven)

3.3 วิธีการทดลอง

3.3.1 การเตรียมผิวโคโตซานด้วยเทคนิคแอตไมเซลล์ลาร์พอลิเมอร์ไรเซชัน

ขั้นที่ 1 ชั่งสาร Sodium Dodecyl (lauryl) Sulfate (SDS) 14 กรัมแล้วละลายด้วยน้ำกลั่น 1400 มิลลิลิตร หลังจากนั้นก็เติมโคโตซาน (Chitosan) จำนวน 58.33 กรัมแล้วกวนด้วยเครื่องกวนเชิงกล (Mechanical Stirrer) เป็นเวลา 24 ชั่วโมง



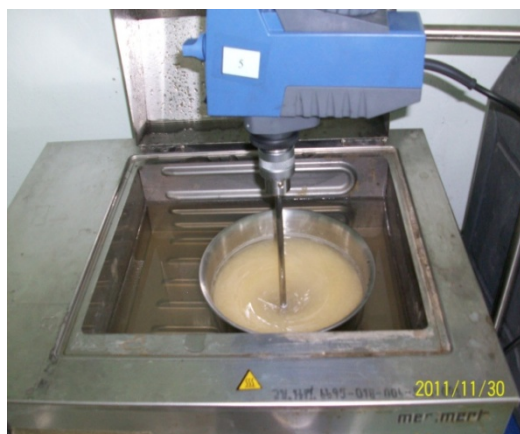
ภาพที่ 3.16 โคโตซานและสารเคมี



ภาพที่ 3.17 การกวนไคโตซานและสารเคมี

ขั้นที่ 2 สกัด Isoprene monomer ให้บริสุทธิ์โดยการล้างด้วยโปรตัสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH) สลับกับน้ำกลั่น 3 ครั้ง (H_2O) แล้วจึงนำ Isoprene monomer ปริมาตร 5.83 มิลลิลิตรแล้วเติมในไคโตซานที่เตรียมไว้ในขั้นที่ 1

ขั้นที่ 3 ทำการชั่งโพตัสเซียมซัลเฟต (K_2SO_4) จำนวน 0.0583 กรัมและดวงเอทานอล (Ethanol) ปริมาตร 70 มิลลิลิตรแล้วเติมสารลงในไคโตซานที่เตรียมไว้ในขั้นที่ 2 หลังจากนั้นการเหนี่ยวนำไคโตซานด้วย Water Bath ที่อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง และไมโครเวฟที่ 850 วัตต์



ภาพที่ 3.18 การเหนี่ยวนำไคโตซานด้วย Water Bath

ขั้นที่ 4 นำไคโตซานที่ทำการเหนียวนำด้วย Water Bath และไมโครเวฟมาทำการล้างเพื่อเอาสบู่ออกด้วยน้ำกลั่นหลังจากนั้นทำการอบที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง



ภาพที่ 3.19 การอบไคโตซานในตู้อบ

3.3.2 การเตรียมยางคอมปาวด์ (Compounding)

นำไคโตซานที่เตรียมผิวแล้วมาผสมกับยางและสารเคมีต่างๆด้วยเครื่องบดผสมยางแบบสองลูกกลิ้ง (Two roll mill) โดยสูตรที่ใช้ในการศึกษาแสดงไว้ในตาราง 3.1 แล้วทำการขึ้นรูปโดยการอัดเข้าเพื่อนำชิ้นงานไปศึกษาสมบัติต่างๆดังต่อไปนี้

ตารางที่ 3.1 สูตรที่ใช้ในการศึกษาผลของปริมาณไคโตซาน

สารเคมี	สัดส่วน (phr)
Natural rubber	100
Zinc oxide	5
Stearic acid	2
TBBS	0.7
Sulphur	2.25
Chitosan	0, 10, 20, 30, 40

3.3.3 การทดสอบเชิงกล (Tensile Test) ของยางธรรมชาติผสมไคโตซาน

3.3.3.1 ศึกษาความทนต่อแรงดึง (Tensile Strength, TS) ตามมาตรฐาน ASTM D412

สูตรการคำนวณความต้านทานต่อแรงดึง แสดงดังสมการที่ 3.1

$$T.S. = F/A \dots\dots\dots (3.1)$$

เมื่อ F คือ แรงที่ใช้ดึงชิ้นทดสอบจนขาด (N)

A คือ พื้นที่หน้าตัดของชิ้นทดสอบก่อนการดึง (mm^2)

3.3.3.2 เปอร์เซ็นต์การยืดขาด (Elongation at Break, %EB) สูตรการคำนวณเปอร์เซ็นต์ยืดขาด แสดงดังสมการที่ 3.2

$$E.B. (\%) = 100 (L-L_0) / L_0 \dots\dots\dots (3.2)$$

เมื่อ L คือ ระยะระหว่างรอยขีดบนชิ้นทดสอบขณะที่ชิ้นทดสอบขาด (mm^2)

L_0 คือ ระยะระหว่างรอยขีดบนชิ้นทดสอบก่อนการดึง (mm^2)

3.3.3.3 โมดูลัส (Modulus) สูตรการคำนวณความเค้นดึงตามแนวแรงยึดที่กำหนด

$$\text{Modulus} = F_m/A \dots\dots\dots (3.3)$$

เมื่อ F_m คือ แรงที่ใช้ดึงชิ้นทดสอบ (N)

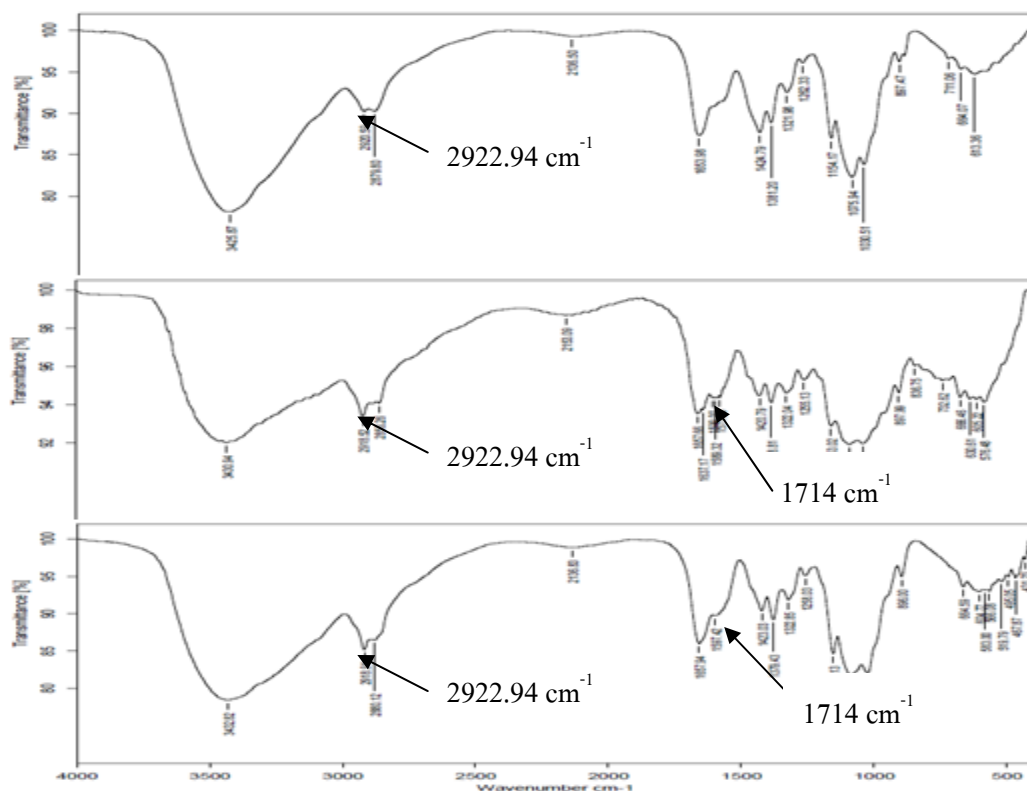
A คือ พื้นที่หน้าตัดของชิ้นทดสอบก่อนการดึง (mm^2)

3.3.4 นำยางธรรมชาติผสมไคโตซานไปฝังดินเป็นเวลา 2, 4 และ 6 เดือน แล้วนำมาทดสอบสมบัติเชิงกลอีกครั้งเพื่อเปรียบเทียบกับยางที่ไม่ได้ฝังดิน

4.ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

4.1 ผลการวิเคราะห์หมู่ฟังก์ชันของไคโตซานด้วยเครื่อง FTIR

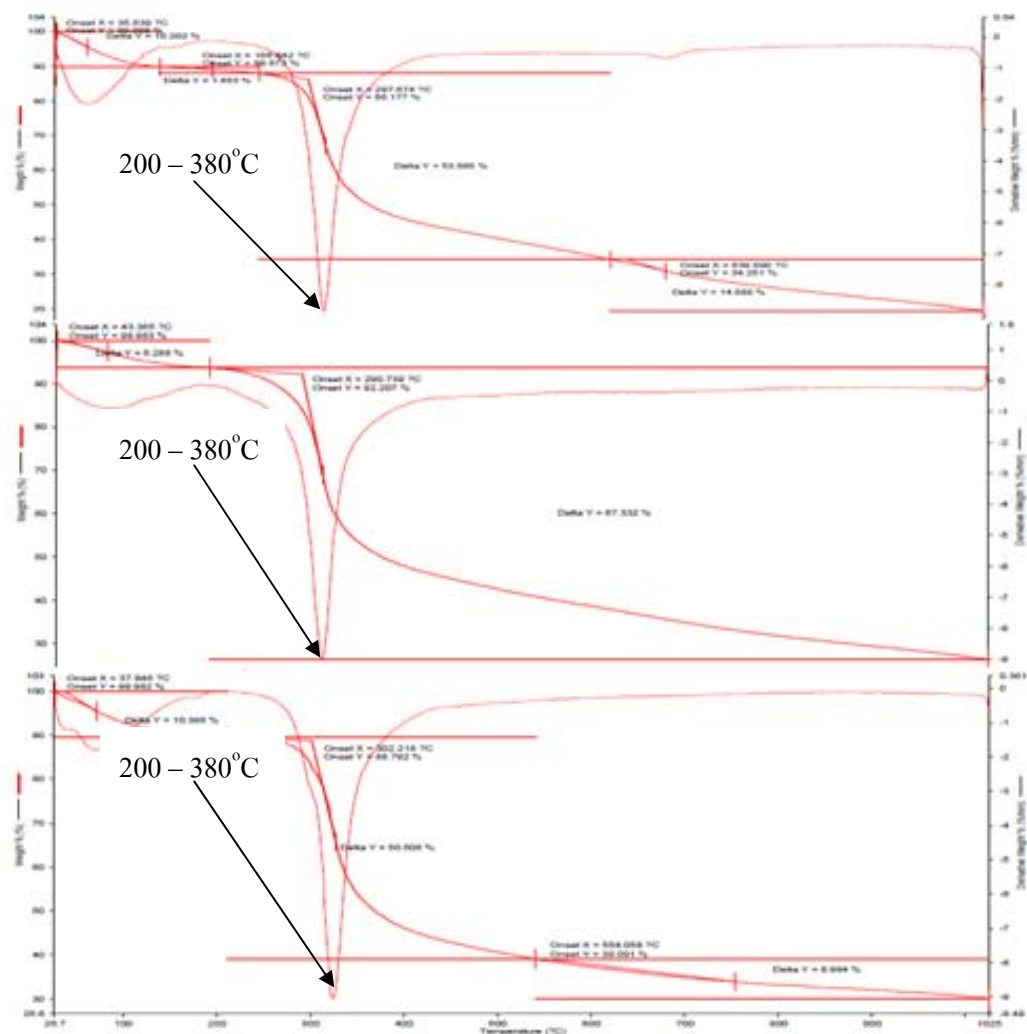
การวิเคราะห์โดยใช้เครื่อง FTIR พบว่าไคโตซานที่ไม่ผ่านการแอคไมเซลลาร์พอลิเมอร์ไรเซชันและผ่านการแอคไมเซลลาร์พอลิเมอร์ไรเซชันจะให้พิกที่มีความแตกต่างกัน กล่าวคือไคโตซานที่ไม่ผ่านการแอคไมเซลลาร์พอลิเมอร์ไรเซชันจะปรากฏพิกพันธะคู่ (c=c) ของ Isoprene ที่ประมาณ 1714 cm^{-1} และยังปรากฏสัญญาณพิกของ Aliphatic group ซึ่งมีความเข้มของสัญญาณที่สูงกว่าที่ประมาณ $2922.94\text{--}2853.07\text{ cm}^{-1}$ ดังภาพที่ 4.1 ตามลำดับซึ่งแสดงให้เห็นว่ามีฟิล์มของไอโซพรีนคลุมอนุภาคของไคโตซานที่ไม่ผ่านการแอคไมเซลลาร์พอลิเมอร์ไรเซชัน



ภาพที่ 4.1 ค่า IR สเปกตรัมของไคโตซานขนาด 60 เมช ที่ไม่ผ่านการปรับปรุงผิวและไคโตซานที่ผ่านการปรับปรุงผิวด้วยเทคนิคแอคไมเซลลาร์พอลิเมอร์ไรเซชันโดยใช้การเหนี่ยวนำด้วย Water Bath และ Microwave ตามลำดับ

4.2 ผลการวิเคราะห์ความเสถียรต่อความร้อนด้วยเครื่อง TGA

การวิเคราะห์ความเสถียรต่อความร้อนของไคโตซานด้วยเครื่อง TGA ดังภาพที่ 4.2 พบว่าไคโตซานที่ผ่านและไม่ผ่านการเตรียมผิวด้วยเทคนิคแอตโมเซลล์าร์พอลิเมอไรเซชันจะสลายตัวในช่วงอุณหภูมิประมาณ 200 – 380°C เนื่องจากไคโตซานและ Isoprene เป็นสารประกอบอินทรีย์เหมือนกันจึงทำให้อนุภาคของสารสลายตัวในช่วงที่ใกล้เคียงกัน



ภาพที่ 4.2 ค่าอุณหภูมิการสลายตัวของไคโตซานขนาด 60 เมชที่ไม่ผ่านการปรับปรุงผิวและผ่านการปรับปรุงผิวด้วยเทคนิคแอตโมเซลล์าร์พอลิเมอไรเซชันโดยใช้การเหนี่ยวนำด้วย Water Bath และ Microwave ตามลำดับ

4.3 ผลการศึกษาสมบัติการวัลคาไนซ์ของยางธรรมชาติผสมไคโตซาน

การศึกษาสมบัติการวัลคาไนซ์ที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียสโดยแปรปริมาณไคโตซานขนาด 60 เมช ที่ 10, 20, 30, 40 phr พบว่าเมื่อปริมาณของไคโตซานเพิ่มขึ้นค่า scorch time และค่า M_H-M_L มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นส่วนค่า Cure time มีแนวโน้มลดลงดังตารางที่ 4.2 เนื่องจากว่าผิวไคโตซานมีความเป็นกรดจึงดูดซับสารตัวเร่งไว้ที่ผิวส่งผลให้สมบัติการวัลคาไนซ์ของยางธรรมชาติผสมไคโตซานมีแนวโน้มลดลงเมื่อปริมาณของไคโตซานเพิ่มมากขึ้น

ตารางที่ 4.2 สมบัติการวัลคาไนซ์ของยางธรรมชาติผสมไคโตซานขนาด 60 เมช

สมบัติการวัลคาไนซ์ของยางธรรมชาติผสมไคโตซาน									
ปริมาณ ไคโตซาน (phr)	NK			KAW			KAM		
	T_{s1}	M_H-M_L	$T_{c_{95}}$	T_{s1}	M_H-M_L	$T_{c_{95}}$	T_{s1}	M_H-M_L	$T_{c_{95}}$
	(min)	(lb.in)	(min)	(min)	(lb.in)	(min)	(min)	(lb.in)	(min)
10	6.58	16.06	14.51	8.37	12.27	19.58	9.48	16.21	17.32
20	6.07	18.77	13.45	8.30	18.70	20.49	8.50	18.80	16.42
30	5.32	21.85	12.33	7.50	19.43	17.08	8.17	21.09	16.47
40	5.17	24.53	12.32	7.50	23.28	15.34	7.35	23.63	15.10

หมายเหตุ NK คือไม่ปรับปรุงผิวด้วยกระบวนการแอคไมเซลล์าร์พอลิเมอร์ไรเซชัน

KAW คือเหนี่ยวนำให้เกิดแอคไมเซลล์าร์พอลิเมอร์ไรเซชันด้วย Water Bath

KAM คือเหนี่ยวนำให้เกิดแอคไมเซลล์าร์พอลิเมอร์ไรเซชันด้วย Microwave

4.4 ผลการศึกษาสมบัติเชิงกลของยางธรรมชาติผสมไคโตซาน

จากความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของไคโตซานขนาด 60 เมช กับความต้านทานต่อแรงดึงพบว่าเมื่อปริมาณของไคโตซานเพิ่มขึ้นค่าความต้านทานต่อแรงดึงมีแนวโน้มลดลง และพบว่าไคโตซานที่ผ่านการแอคไมเซลล์าร์พอลิเมอร์ไรเซชันที่เหนี่ยวนำด้วย Microwave จะให้ค่าความต้านทานต่อแรงดึงที่ดีที่สุดเนื่องจากไคโตซานที่ผ่านการแอคไมเซลล์าร์พอลิเมอร์ไรเซชันสามารถเข้ากับยางธรรมชาติได้ดีขึ้นการเหนี่ยวนำด้วย Microwave จะเกิดขึ้นรวดเร็วและทั่วถึงจึงทำให้การแอคไมเซลล์าร์พอลิเมอร์ไรเซชันดีกว่าการเหนี่ยวนำด้วย Water Bath

ตารางที่ 4.3 ค่าความต้านทานต่อแรงดึงของยางธรรมชาติผสมไคโตซานขนาด 60 เมช

ค่าความต้านทานต่อแรงดึงของยางธรรมชาติผสมไคโตซาน (MPa)			
ปริมาณไคโตซาน (phr)	NK	KAW	KAM
0	17.18	17.18	17.18
10	12.76	13.34	15.21
20	10.06	11.24	11.79
30	8.31	9.35	10.87
40	6.27	6.54	6.89

หมายเหตุ NK คือไม่ปรับปรุงผิวด้วยกระบวนการแอตไมเซลล์าร์พอลิเมอร์ไรเซชัน
KAW คือเหนียวน้ำให้เกิดแอตไมเซลล์าร์พอลิเมอร์ไรเซชันด้วย Water Bath
KAM คือเหนียวน้ำให้เกิดแอตไมเซลล์าร์พอลิเมอร์ไรเซชันด้วย Microwave

4.4.2 ค่ามอดูลัส

จากความสัมพันธ์ระหว่างยางธรรมชาติผสมไคโตซานขนาด 60 เมช พบว่าค่า 100% Modulus และ ค่า 300% Modulus มีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นตามปริมาณของไคโตซานที่เพิ่มขึ้นเนื่องจากว่าไคโตซานเป็นของแข็งจึงทำให้ความแข็งเพิ่ม Modulus จึงเพิ่มขึ้น

ตารางที่ 4.4 ค่ามอดูลัสของยางธรรมชาติผสมไคโตซานขนาด 60 เมช

ค่ามอดูลัสของยางธรรมชาติผสมไคโตซาน (MPa)						
ปริมาณ ไคโตซาน (phr)	ค่า 100% Modulus			ค่า 300% Modulus		
	NK	KAW	KAM	NK	KAW	KAM
0	0.64	0.64	0.64	1.44	1.44	1.44
10	0.83	0.82	0.96	1.55	1.64	1.60
20	1.26	1.29	1.26	2.04	2.03	1.73
30	1.52	1.39	1.37	2.18	2.05	1.74
40	1.82	1.68	1.52	2.25	2.17	1.85

หมายเหตุ NK คือไม่ปรับปรุงผิวด้วยกระบวนการแอตไมเซลล์าร์พอลิเมอร์ไรเซชัน

KAW คือเหนียวน้ำให้เกิดแอตไมเซลล์าร์พอลิเมอร์ไรเซชันด้วย Water Bath

KAM คือเหนียวน้ำให้เกิดแอตไมเซลล์าร์พอลิเมอร์ไรเซชันด้วย Microwave

4.4.3 ค่าความสามารถในการยืดขาดของยางธรรมชาติผสมไคโตซาน

จากความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของไคโตซานขนาด 60 เมชกับค่าความสามารถในการยืดขาดพบว่าความสามารถในการยืดขาดมีแนวโน้มที่ลดลงตามปริมาณของไคโตซานที่เพิ่มขึ้นเนื่องจากไคโตซานเป็นของแข็งส่งผลให้สมบัติความเป็นยางลดลงตามปริมาณของไคโตซานที่เพิ่ม

ตารางที่ 4.5 ค่าความสามารถในการยืดขาดของยางธรรมชาติผสมไคโตซานขนาด 60 เมช

ค่าความสามารถในการยืดขาดของยางธรรมชาติผสมไคโตซาน (%)			
ปริมาณไคโตซาน (phr)	NK	KAW	KAM
0	807	807	807
10	740	740	740
20	660	700	700
30	660	700	687
40	633	633	687

4.5 ผลการศึกษาสมบัติเชิงกลของยางธรรมชาติผสมไคโตซานหลังฝังดิน

4.5.1 ค่าความต้านทานต่อแรงดึง

จากความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของไคโตซานขนาด 60 เมช กับความต้านทานต่อแรงดึงหลังการฝังดินเป็นเวลา 2, 4 และ 6 เดือน พบว่าเมื่อปริมาณของไคโตซานเพิ่มขึ้นค่าความต้านทานต่อแรงดึงมีแนวโน้มลดลงเมื่อเทียบกับก่อนการฝังดินและพบว่าไคโตซานที่ผ่านการแอตไมเซลล์าร์พอลิเมอร์ไรเซชันที่เหนียวน้ำให้เกิดปฏิกิริยาด้วย Microwave ให้ค่าความต้านทานต่อแรงดึงที่ดีที่สุด

ตารางที่ 4.6 ค่าความต้านทานต่อแรงดึงของยางธรรมชาติผสมไคโตซานขนาด 60 เมช
ที่ไม่ได้เตรียมผิว

ค่าความต้านทานต่อแรงดึงของยางธรรมชาติผสมไคโตซาน (MPa)				
ปริมาณ ไคโตซาน (phr)	ระยะเวลาในการฝังดิน (เดือน)			
	0	2	4	6
10	12.76	12.24	10.46	9.40
20	10.06	9.22	7.20	6.30
30	8.31	7.56	7.08	5.44
40	6.27	5.85	4.70	3.20

ตารางที่ 4.7 ค่าความต้านทานต่อแรงดึงของยางธรรมชาติผสมไคโตซานขนาด 60 เมช ที่เหนียวน้ำ
ให้เกิดแอคไมเซลล์าร์พอลิเมอร์เซชันด้วย Water Bath

ค่าความต้านทานต่อแรงดึงของยางธรรมชาติผสมไคโตซาน (MPa)				
ปริมาณ ไคโตซาน (phr)	ระยะเวลาในการฝังดิน (เดือน)			
	0	2	4	6
10	13.34	11.19	11.00	9.98
20	11.24	9.86	9.58	7.21
30	9.35	8.31	5.11	4.67
40	6.54	6.49	4.52	3.53

ตารางที่ 4.8 ค่าความต้านทานต่อแรงดึงของยางธรรมชาติผสมไคโตซานขนาด 60 เมช เหนียวน่า
ให้เกิดแอคโมเซลลาร์พอลิเมอร์เซชันด้วย Microwave

ค่าความต้านทานต่อแรงดึงของยางธรรมชาติผสมไคโตซาน (MPa)				
ปริมาณ ไคโตซาน (phr)	ระยะเวลาในการฝังดิน (เดือน)			
	0	2	4	6
10	15.21	13.40	12.25	11.05
20	11.79	11.62	10.72	9.32
30	10.87	8.83	7.46	6.31
40	6.89	6.38	6.34	6.31

4.5.2 ค่ามอดูลัส

จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างยางธรรมชาติผสมไคโตซานขนาด 60 เมช หลังฝังดิน 2, 4 และ 6 เดือน พบว่า ค่า 100% Modulus และค่า 300% Modulus มีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นตามปริมาณของไคโตซานที่เพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับก่อนการฝังดินเนื่องจากว่ายางจะเกิดการเสื่อมทำให้ความแข็งเพิ่มขึ้นส่งผลให้ค่ามอดูลัสเพิ่มขึ้นด้วย

ตารางที่ 4.9 ค่า 100%มอดูลัสของยางธรรมชาติผสมไคโตซานขนาด 60 เมช

ค่ามอดูลัสของยางธรรมชาติผสมไคโตซาน (MPa)				
ปริมาณ ไคโตซาน (phr)	ระยะเวลาในการฝังดิน (เดือน)			
	0	2	4	6
10	0.83	0.97	1.17	1.28
20	1.26	1.46	1.47	1.75
30	1.52	1.83	2.04	2.27
40	1.82	2.16	2.29	2.43

ตารางที่ 4.10 ค่า 300%มอดูลัสของยางธรรมชาติผสมไคโตซานขนาด 60 เมช

ค่ามอดูลัสของยางธรรมชาติผสมไคโตซาน (MPa)				
ปริมาณ ไคโตซาน (phr)	ระยะเวลาในการฝังดิน (เดือน)			
	0	2	4	6
10	1.55	1.85	1.89	1.90
20	2.04	2.28	2.60	2.71
30	2.18	2.56	2.75	2.79
40	2.25	2.69	2.78	2.85

ตารางที่ 4.11 ค่า 100%มอดูลัสของยางธรรมชาติผสมไคโตซานขนาด 60 เมชที่เหนียวนาให้เกิดแอคไมเซลล์าร์พอลิเมอร์เซชันด้วย Water Bath

ค่ามอดูลัสของยางธรรมชาติผสมไคโตซาน (MPa)				
ปริมาณ ไคโตซาน (phr)	ระยะเวลาในการฝังดิน (เดือน)			
	0	2	4	6
10	0.82	1.15	1.17	1.29
20	1.29	1.55	1.64	1.72
30	1.39	1.82	1.95	2.04
40	1.68	2.16	2.26	2.40

ตารางที่ 4.12 ค่า 300%มอดูลัสของยางธรรมชาติผสมไคโตซานขนาด 60 เมชที่เหนียวนาให้เกิดแอคไมเซลล์าร์พอลิเมอร์เซชันด้วย Water Bath

ค่ามอดูลัสของยางธรรมชาติผสมไคโตซาน (MPa)				
ปริมาณ ไคโตซาน (phr)	ระยะเวลาในการฝังดิน (เดือน)			
	0	2	4	6
10	1.64	1.80	1.92	2.02
20	2.03	2.38	2.49	2.62
30	2.05	2.68	2.76	2.86
40	2.17	2.71	2.78	2.88

ตารางที่ 4.13 ค่า 100%มอดูลัสของยางธรรมชาติผสมไคโตซานขนาด 60 เมชที่เหนียวนาให้เกิดแอคไมเซลล์าร์พอลิเมอร์เซชันด้วย Microwave

ค่ามอดูลัสของยางธรรมชาติผสมไคโตซาน (MPa)				
ปริมาณ ไคโตซาน (phr)	ระยะเวลาในการฝังดิน (เดือน)			
	0	2	4	6
10	0.96	1.14	1.17	1.23
20	1.26	1.52	1.58	1.65
30	1.37	1.68	1.74	1.89
40	1.52	1.87	1.92	2.17

ตารางที่ 4.14 ค่า 300%มอดูลัสของยางธรรมชาติผสมไคโตซานขนาด 60 เมช ที่เหนียวนาให้เกิดแอคไมเซลล์าร์พอลิเมอร์เซชันด้วย Microwave

ค่ามอดูลัสของยางธรรมชาติผสมไคโตซาน (MPa)				
ปริมาณ ไคโตซาน (phr)	ระยะเวลาในการฝังดิน (เดือน)			
	0	2	4	6
10	1.60	1.84	1.87	2.05
20	1.73	2.17	2.20	2.33
30	1.75	2.24	2.35	2.41
40	1.85	2.41	2.45	2.58

4.5.3 ค่าความสามารถในการยืดขาดของยางธรรมชาติผสมไคโตซาน

จากความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของไคโตซานขนาด 60 เมช หลังฝังดิน 2, 4 และ 6 เดือน กับค่าความสามารถในการยืดขาดพบว่าค่าความสามารถในการยืดขาดมีแนวโน้มที่ลดลงตามปริมาณของไคโตซานที่เพิ่มขึ้นแต่ค่าความสามารถในการยืดขาดจะลดลงเมื่อเทียบกับก่อนการฝังดินเนื่องจากการเสื่อมสภาพของยาง

ตารางที่ 4.15 ค่าความสามารถในการยืดขาดของยางธรรมชาติผสมไคโตซานขนาด 60 เมช ที่ไม่ได้เตรียมผิว

ค่าความสามารถในการยืดขาดของยางธรรมชาติผสมไคโตซาน (%)				
ปริมาณ ไคโตซาน (phr)	ระยะเวลาในการฝังดิน (เดือน)			
	0	2	4	6
10	740	700	673	620
20	660	607	593	580
30	660	607	593	540
40	633	580	540	460

ตารางที่ 4.16 ค่าความสามารถในการยืดขาดของยางธรรมชาติผสมไคโตซานขนาด 60 เมช
ที่เหนียวนำไปเกิดแอคไมเซลล์าร์พอลิเมอร์ไรเซชันด้วย Water Bath

ค่าความสามารถในการยืดขาดของยางธรรมชาติผสมไคโตซาน (%)				
ปริมาณ ไคโตซาน (phr)	ระยะเวลาในการฝังดิน (เดือน)			
	0	2	4	6
10	740	713	673	620
20	700	607	607	580
30	700	553	553	500
40	633	553	553	500

ตารางที่ 4.17 ค่าความสามารถในการยืดขาดของยางธรรมชาติผสมไคโตซานขนาด 60 เมช
ที่เหนียวนำไปเกิดแอคไมเซลล์าร์พอลิเมอร์ไรเซชันด้วย Microwave

ค่าความสามารถในการยืดขาดของยางธรรมชาติผสมไคโตซาน (%)				
ปริมาณ ไคโตซาน (phr)	ระยะเวลาในการฝังดิน (เดือน)			
	0	2	4	6
10	740	713	673	660
20	700	660	647	647
30	687	660	607	580
40	687	593	593	540

4.5.4 การเปรียบเทียบมวลที่ลดลงของชิ้นทดสอบของยางธรรมชาติผสมไคโตซาน ก่อนและหลังฝังดิน

ตารางที่ 4.18 การเปรียบเทียบมวลที่ลดลงของชิ้นทดสอบของยางธรรมชาติผสมไคโตซาน
ขนาด 60 เมช

ปริมาณไคโตซาน (phr)	มวลยางที่ลดลง (%)		
	เวลาในการฝังดิน (เดือน)		
	2	4	6
10	1.37	1.63	1.87
20	1.33	1.58	1.89
30	1.29	1.57	2.05
40	1.49	1.76	2.58

ตารางที่ 4.19 การเปรียบเทียบมวลที่ลดลงของชิ้นทดสอบยางธรรมชาติผสมไคโตซาน
ขนาด 60 เมชโดยเทคนิคแอคโม่ซัลลาร์พอลิเมอร์เซชันที่เหนียวน้ำ
ด้วย Water Bath

ปริมาณไคโตซาน (phr)	มวลยางที่ลดลง (%)		
	เวลาในการฝังดิน (เดือน)		
	2	4	6
10	1.09	1.35	1.51
20	1.31	1.60	1.60
30	1.32	1.60	1.88
40	1.52	1.77	2.01

ตารางที่ 4.20 การเปรียบเทียบมวลที่ลดลงของชิ้นทดสอบยางธรรมชาติผสมไคโตซาน
ขนาด 60 เมชโดยเทคนิคแอคไมชลลาร์พอลิเมอไรเซชันที่เหนียวนำ
ด้วย Microwave

ปริมาณไคโตซาน (phr)	มวลยางที่ลดลง (%)		
	เวลาในการฝังดิน (เดือน)		
	2	4	6
10	0.80	0.79	1.06
20	0.76	0.78	1.02
30	1.02	1.25	1.29
40	1.23	1.48	1.74

5.สรุปผลการทดลอง

การเตรียมผิวโคโตะซานโดยใช้เทคนิคแอคไมเซลล์ลาร์พอลิเมอร์โรเซชันและใช้อิโซพรินเป็นมอนอเมอร์จะทำให้เกิดฟิล์มของพอลิไอโซพรินคลุมบนผิวของโคโตะซาน โดยสามารถวิเคราะห์ได้ด้วยเทคนิค FTIR ซึ่งจะปรากฏพีคของ $C=C$ ที่ตำแหน่ง 1714 cm^{-1} และพีคของหมู่ Aliphatic ที่ตำแหน่ง $2922.94\text{--}2853.07\text{ cm}^{-1}$ ซึ่งมีความเข้มมากกว่าโคโตะซานที่ไม่ผ่านการแอคไมเซลล์ลาร์พอลิเมอร์โรเซชัน นอกจากนี้ยังพบว่า การเหนี่ยวนำให้เกิดปฏิกิริยาโดยใช้คลื่นไมโครเวฟจะใช้เวลาในการเกิดปฏิกิริยาน้อยกว่าใช้ความร้อนจากอ่างควบคุมอุณหภูมิอย่างเหมาะสม เมื่อปริมาณของโคโตะซานเพิ่มความต้านทานต่อแรงดึงจะลดลง นอกจากนี้ยังพบว่า ขงที่ผสมกับโคโตะซานที่ผ่านการเตรียมผิวโดยใช้คลื่นไมโครเวฟในการเหนี่ยวนำปฏิกิริยาจะมีความต้านทานต่อแรงดึงสูงกว่าใช้ความร้อนจากอ่างควบคุมอุณหภูมิและโคโตะซานที่ไม่ผ่านการปรับปรุงผิว ตามลำดับ การศึกษาการย่อยสลายทางชีวภาพของยางผสมโคโตะซานโดยใช้ระยะเวลาในการฝังดิน 2, 4 และ 6 เดือน พบว่า เมื่อเวลาในการฝังดินเพิ่มความต้านทานต่อแรงดึงจะลดลง ส่วนน้ำหนักของชิ้นงานมีแนวโน้มลดลงเพียงเล็กน้อย

เอกสารอ้างอิง

คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก: [http:// Dekphysics.com](http://Dekphysics.com)

จัดทำโดยศูนย์ชีวภาพไคติน-ไคโตซาน. การผลิตไคตินและไคโตซาน. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ดร. กรรณิกา แท่นคำ. มปป. คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า – คลื่นไมโครเวฟ. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก :

[http:// coe.or.th](http://coe.or.th)

ธีรศักดิ์ ใจชื่อตรง และ ธีรารุช พงศ์ประยูร. 2551. การพัฒนาสมบัติของยางธรรมชาติโคนใช้ซิลิกา
ที่ปรับปรุงพื้นผิวด้วยเทคนิคแอตโมเซลล์ลาร์พอลิเมอไรเซชันกระตุ้นด้วยคลื่นไมโครเวฟ.
วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ. ปีที่18. ฉบับที่2.

นุชจรี สุกใส และ วิมล อินททอง. 2553. คอมโพสิตย่อยสลายเชิงชีวภาพจากยางธรรมชาติใส่
ไคโคซาน. มหาวิทยาลัยมหิดล. จังหวัดนครปฐม.

ปุ่น คงเจริญเกียรติ. 2553. บรรจุภัณฑ์อาหารไมโครเวฟ. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก : [http://
www.cfs.gov.hk](http://www.cfs.gov.hk)

ผศ. ดร. หมุดตอเล็บ หินสอ. 2552. ฟิสิกส์และเทคโนโลยีของการอบแห้งด้วยคลื่นไมโครเวฟ.
หน่วยวิจัยพลาสติกประยุกต์เพื่อการกลีกรรรม. สำนักวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยวลัย
ลักษณ์.

ศิวโรฒ บุญราศรี. 2551. ผลของไคโตซานต่อสมบัติทางกายภาพของผลิตภัณฑ์จากน้ำยาง. วิศวกรรม
และอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้. จังหวัดเชียงใหม่.

สุกวัชช์ ปุณณานนท์ และ ธีรารุช พงศ์ประยูร. 2553. ผลกระทบจากกำลังคลื่นไมโครเวฟต่อการ
ปรับปรุงผิวซิลิกาโดย การสร้างฟิล์มพอลิไอโซพรีนด้วยเทคนิคแอตโมเซลล์ลาร์พอลิเมอ
ไรเซชัน. วารสารวิชาการ พระจอมเกล้าพระนครเหนือ. ปีที่ 20. ฉบับที่ 1. หน้า 132-141.

สลักจิต บัวทอง. 2548. การปรับปรุงผิวซิลิกาพอลิไอโซพรีนเพื่อเพิ่มคุณสมบัติของยางธรรมชาติ
โดยใช้รังสีแกมมาเหนี่ยวนำให้เกิดปฏิกิริยาแอตโมเซลล์ลาร์พอลิเมอไรเซชัน. วิทยานิพนธ์
มหาบัณฑิต. วิศวกรรมเคมี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

สุวิชา นุ่มมีชัย. (2551). แอตโมเซลล์ลาร์พอลิเมอไรเซชันของการสร้างฟิล์มพอลิไอโซพรีนบนผิว
ซิลิกาเปรียบเทียบกับระหว่างการเหนี่ยวนำให้เกิดปฏิกิริยาดังด้วยตัวริเริ่มกับรังสีแกมมา.
วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต. วิศวกรรมเคมี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนคร
เหนือ.

Johns, J. and Rao, V. 2009. Thermal stability, morphology, and X-ray diffraction studies of
dynamically vulcanized natural rubber/chitosan blends. J Mater Sic. 44:4087-4094

- Karlsson, P.M., Esbjörnsson, N.B. and Holmberg, K. (2009). Admicellar polymerization of methyl methacrylate on aluminum pigments. *J Colloid Interface Sci.* Vol 15:337(2). 364-8.
- Khan, T.A., Peh, K.K. and Cheng, H.S, 2002. Reporting degree of deacetylation values of chitosan: the influence of analytical methods. *J Pharm Pharmaceut Sic*: 205-212
- Nontasorn, P., Chavadej, S., Rangsunvigi, P., O'Haver, H.J., Chaisirimahamorakot, S. and Narang, N. (2005). Admicellar polymerization modified silica via a continuous stirred- tank reactor system: Comparative properties of rubber compounding *Chemical Engineering Journal*. Vol 108:3. 213-218.
- Rao, V. and John, J. 2008. Thermal Behavior of Chitosan/Natural Rubber Latex Blends TG and DSC . *Jouranl of Thermal Analysis and Calorimetry*. Vol. 92 3, 801-806.
- Tragoonwichian, T., Edgar, A.O. and Yanumet, N. (2009). Double coating via repeat admicellar polymerization preparation of bifunctional cotton fabric: Ultraviolet protection and water repellence. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*. Vol 349: 1-3. 170-175.



การปรับปรุงผิวของไคโตซานโดยใช้เทคนิคแอตไมเซลลาร์พอลิเมอร์เซชันเพื่อนำมาเป็นสารตัวเติมในยางธรรมชาติ

SURFACE-MODIFIED CHITOSAN PARTICLES BY ADMICELLAR POLYMERIZATION TO BE USED AS FILLER FOR NATURAL RUBBER

ศศินันท์ ทองมาก, บุษรัตน์ บุษชะบา และสุนันทา แกวสุวรรณ
(ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.))



บทคัดย่อ

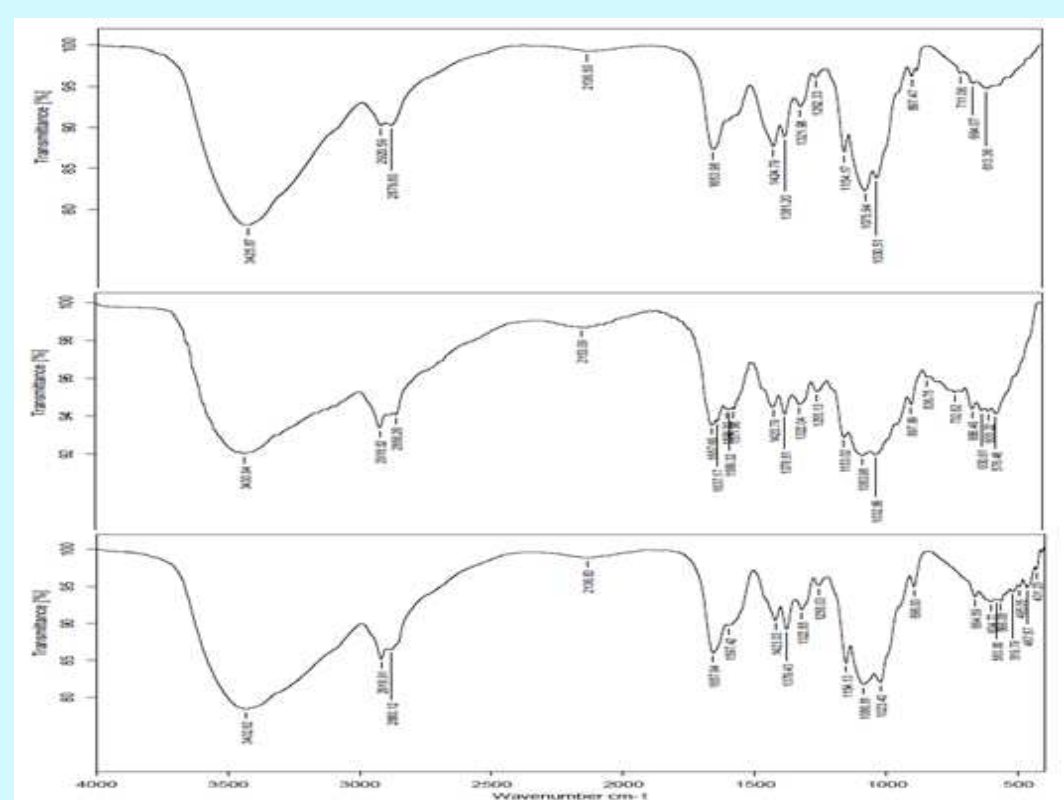
งานวิจัยนี้เป็นการนำเทคนิคแอตไมเซลลาร์พอลิเมอร์เซชันมาใช้ปรับปรุงผิวไคโตซานโดยใช้กลิ่นไมโครเวฟและความร้อนจากอ่างควบคุมอุณหภูมิเป็นตัวเหนี่ยวนำให้เกิดปฏิกิริยาในการสังเคราะห์ฟิล์มพอลิไอโซพรีนเคลือบบนผิวของไคโตซาน ภายใต้ระบบที่ใช้เซทิลไตรเมทิลแอมโมเนียม(CTAB)เป็นสารลดแรงตึงผิวและใช้ไอโซพรีนเป็นมอนอเมอร์ นำไคโตซานที่ทำการปรับปรุงผิวแล้วมาทำการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของพื้นผิว ด้วยเทคนิคฟูเรียร์ทรานสฟอร์ม อินฟราเรดสเปกโตรสโกปี (Fourier Transform Infrared Spectroscopy; FT-IR) และเทอร์มอล กราวิเมตริกอนาไลซิส (Thermal Gravimetric Analysis; TGA) ผลการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค FT-IR แสดงให้เห็นว่ามีฟิล์มพอลิไอโซพรีนคลุมบนผิวของไคโตซาน จากนั้นนำไคโตซานมาผสมกับยางธรรมชาติโดยแปรปริมาณของไคโตซานเป็น 0, 10, 20, 30 และ 40 phr ทำการศึกษาการย่อยสลายทางชีวภาพของยางผสมไคโตซานโดยใช้ระยะเวลาในการฝังดินพบว่า น้ำหนักของชิ้นงานมีแนวโน้มลดลงเมื่อเวลาในการฝังดินและปริมาณของไคโตซานเพิ่มขึ้น

บทนำ

ผลิตภัณฑ์ยางที่หมดอายุการใช้งานแล้ว ส่วนใหญ่กลายเป็นขยะซึ่งก่อให้เกิดปัญหามลภาวะทางสิ่งแวดล้อมเป็นอย่างมากเนื่องจากเป็นวัสดุที่ย่อยสลายตามธรรมชาติได้ยาก ปัจจุบันจึงมีการคิดค้นวิธีการแก้ไขปัญหาดังกล่าว แนวทางหนึ่งที่ได้รับวามสนใจคือ การผลิตผลิตภัณฑ์ยางที่สามารถย่อยสลายได้ง่ายในสิ่งแวดล้อม โดยการนำยางธรรมชาติมาผสมกับพอลิเมอร์ทางชีวภาพที่สามารถย่อยสลายได้ง่าย ไคโตซานเป็นพอลิเมอร์ทางชีวภาพชนิดหนึ่งที่ย่อยสลายได้ตามธรรมชาติซึ่งสามารถสกัดได้จากเปลือกนอกของสัตว์จำพวก กุ้ง ปู และปลาหมึก เนื่องจากไคโตซานยังเป็นแหล่งอาหารและพลังงานของจุลินทรีย์จึงทำให้ถูกย่อยสลายได้ง่าย จึงมีแนวคิดที่นำเอาไคโตซานมาผสมกับยางธรรมชาติเพื่อให้เกิดการย่อยสลายในสิ่งแวดล้อมได้ดีขึ้น แต่พบว่าการเติมไคโตซานทำให้สมบัติเชิงกลของยางธรรมชาติลดลงเนื่องจากโครงสร้างของไคโตซานมีความเป็นขั้วบวกแต่ยางธรรมชาติไม่มีขั้ว เป็นสาเหตุให้สมบัติทางกายภาพด้อยลง ดังนั้นจึงมีแนวคิดที่จะปรับปรุงผิวของไคโตซานก่อนนำมาผสมกับยางธรรมชาติ โดยใช้เทคนิคแอตไมเซลลาร์พอลิเมอร์เซชันซึ่งเป็นเทคนิคที่ใช้สารเคมีในปริมาณน้อยจึงเป็นการช่วยประหยัดต้นทุนการผลิต เนื่องจากในยางธรรมชาติมีองค์ประกอบไฮโดรคาร์บอนของ พอลิไอโซพรีนชนิดเส้นตรงมากถึง 99.99% ดังนั้นการเลือกสร้างฟิล์มบางของพอลิไอโซพรีนเคลือบบนผิวไคโตซานจะทำให้สามารถรวมเป็นเนื้อเดียวกับยางได้ดีขึ้น ซึ่งสามารถเติมไคโตซานลงไปในยางได้มากขึ้นเพื่อเป็นการช่วยให้เกิดการสลายตัวทางชีวภาพได้เร็วขึ้น

ผลการทดลอง

การวิเคราะห์โดยใช้เครื่อง FTIR พบว่าไคโตซานที่ไม่ผ่านการแอตไมเซลลาร์พอลิเมอร์เซชันและผ่านการแอตไมเซลลาร์พอลิเมอร์เซชันจะให้พิกที่มีความแตกต่างกันคือไคโตซานที่ไม่ผ่านการแอตไมเซลลาร์พอลิเมอร์เซชันจะปรากฏพิกพันธะคู่ (c=c) ของ Isoprene ที่ประมาณ 1714 cm⁻¹ และยังปรากฏสัญญาณพิกของ Aliphatic group ซึ่งมีความเข้มของสัญญาณที่สูงกว่าที่ประมาณ 2922.94-2853.07 cm⁻¹ ดังภาพที่ 1 ตามลำดับซึ่งแสดงให้เห็นว่ามีฟิล์มของไอโซพรีน คลุมอนุภาคของไคโตซานที่ผ่านการแอตไมเซลลาร์พอลิเมอร์เซชัน



ภาพที่ 1 IR สเปกตรัมของไคโตซานขนาด 60 เมช ที่ไม่ผ่านการปรับปรุงผิวและไคโตซานที่ผ่านการปรับปรุงผิวด้วยเทคนิคแอตไมเซลลาร์พอลิเมอร์เซชันโดยใช้การเหนี่ยวนำด้วย Water Bath และ Microwave ตามลำดับ

ผลการศึกษาสมบัติเชิงกลของยางธรรมชาติผสมไคโตซาน

จากความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของไคโตซานกับความต้านทานต่อ แรงดึงพบว่าเมื่อปริมาณของไคโตซานเพิ่มขึ้นค่าความต้านทานต่อแรงดึงมีแนวโน้มลดลง และพบว่าไคโตซานที่ผ่านการแอตไมเซลลาร์พอลิเมอร์เซชันที่เหนี่ยวนำด้วย Microwave จะให้ค่าความต้านทานต่อ

ค่าความต้านทานต่อแรงดึงของยางธรรมชาติผสมไคโตซาน (MPa)			
ปริมาณไคโตซาน (phr)	NK	KAW	KAM
0	17.18	17.18	17.18
10	12.76	13.34	15.21
20	10.06	11.24	11.79
30	8.31	9.35	10.87
40	6.27	6.54	6.89

หมายเหตุ: NK คือไม่ปรับปรุงผิวด้วยกระบวนการแอตไมเซลลาร์พอลิเมอร์เซชัน
KAW คือเหนี่ยวนำให้เกิดแอตไมเซลลาร์พอลิเมอร์เซชันด้วย Water Bath
KAM คือเหนี่ยวนำให้เกิดแอตไมเซลลาร์พอลิเมอร์เซชันด้วย Microwave

ผลการศึกษาสมบัติเชิงกลของยางธรรมชาติผสมไคโตซานหลังฝังดิน

จากความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของไคโตซานขนาด 60 เมช กับความต้านทานต่อแรงดึงหลังการฝังดินเป็นเวลา 2, 4 และ 6 เดือน พบว่าเมื่อปริมาณของไคโตซานเพิ่มขึ้นค่าความต้านทานต่อแรงดึงมีแนวโน้มลดลงเมื่อเทียบกับก่อนการฝัง

ค่าความต้านทานต่อแรงดึงของยางธรรมชาติผสมไคโตซาน (MPa)				
ปริมาณไคโตซาน (phr)	ระยะเวลาในการฝังดิน (เดือน)			
	0	2	4	6
10	15.21	13.40	12.25	11.05
20	11.79	11.62	10.72	9.32
30	10.87	8.83	7.46	6.31
40	6.89	6.38	6.34	6.31

การเปรียบเทียบมวลที่ลดลงของชิ้นทดสอบของยางธรรมชาติผสมไคโตซาน ก่อนและหลังฝังดิน

การศึกษการย่อยสลายทางชีวภาพของยางผสมไคโตซาน โดยใช้ระยะเวลาในการฝังดิน 2, 4 และ 6 เดือน พบว่า น้ำหนักของชิ้นงานมีแนวโน้มลดลงและปริมาณของไคโตซานเพิ่มขึ้น

ตารางที่ 4.18 การเปรียบเทียบมวลที่ลดลงของชิ้นทดสอบของยางธรรมชาติผสมไคโตซาน ขนาด 60 เมช				
ปริมาณไคโตซาน (phr)	มวลยางที่ลดลง (%)			
	เวลาในการฝังดิน (เดือน)			
	2	4	6	
10	1.37	1.63	1.87	
20	1.33	1.58	1.89	
30	1.29	1.57	2.05	
40	1.49	1.76	2.58	

ตารางที่ 4.19 การเปรียบเทียบมวลที่ลดลงของชิ้นทดสอบยางธรรมชาติผสมไคโตซาน ขนาด 60 เมช โดยเทคนิคแอตไมเซลลาร์พอลิเมอร์เซชันที่เหนี่ยวนำด้วย Water Bath				
ปริมาณไคโตซาน (phr)	มวลยางที่ลดลง (%)			
	เวลาในการฝังดิน (เดือน)			
	2	4	6	
10	1.09	1.35	1.51	
20	1.31	1.60	1.60	
30	1.32	1.60	1.88	
40	1.52	1.77	2.01	

ตารางที่ 4.20 การเปรียบเทียบมวลที่ลดลงของชิ้นทดสอบยางธรรมชาติผสมไคโตซาน ขนาด 60 เมช โดยเทคนิคแอตไมเซลลาร์พอลิเมอร์เซชันที่เหนี่ยวนำด้วย Microwave				
ปริมาณไคโตซาน (phr)	มวลยางที่ลดลง (%)			
	เวลาในการฝังดิน (เดือน)			
	2	4	6	
10	0.80	0.79	1.06	
20	0.76	0.78	1.02	
30	1.02	1.25	1.29	
40	1.23	1.48	1.74	

สรุปผลการทดลอง

การเตรียมผิวไคโตซานโดยใช้เทคนิคแอตไมเซลลาร์พอลิเมอร์เซชันและใช้ไอโซพรีนเป็นมอนอเมอร์จะทำให้เกิดฟิล์มของพอลิไอโซพรีนคลุมบนผิวของไคโตซาน โดยสามารถวิเคราะห์ได้ด้วยเทคนิค FTIR ซึ่งจะปรากฏพิกของ c = c ที่ตำแหน่ง 1714 cm⁻¹ และพิกของหมู่ Aliphatic ที่ตำแหน่ง 2922.94-2853.07 cm⁻¹ ซึ่งมีความเข้มมากกว่าไคโตซานที่ไม่ผ่านการแอตไมเซลลาร์พอลิเมอร์เซชัน นอกจากนี้ยังพบว่าการเหนี่ยวนำให้เกิดปฏิกิริยาโดยใช้กลิ่นไมโครเวฟจะใช้เวลาในการเกิดปฏิกิริยาน้อยกว่าใช้ความร้อนจากอ่างควบคุมอุณหภูมิยางที่ผสม เมื่อปริมาณของไคโตซานเพิ่มขึ้นความต้านทานต่อแรงดึงจะลดลง นอกจากนี้ยังพบว่า ยางที่ผสมกับไคโตซานที่ผ่านการเตรียมผิวโดยใช้กลิ่นไมโครเวฟในการเหนี่ยวนำปฏิกิริยาจะมีความต้านทานต่อแรงดึงสูงกว่าใช้ความร้อนจากอ่างควบคุมอุณหภูมิและไคโตซานที่ไม่ผ่านการปรับปรุงผิว ตามลำดับ การศึกษการย่อยสลายทางชีวภาพของยางผสมไคโตซานโดยใช้ระยะเวลาในการฝังดิน 2, 4 และ 6 เดือน พบว่าเมื่อเวลาในการฝังดินเพิ่มขึ้นความต้านทานต่อแรงดึงจะลดลง ส่วนน้ำหนักของชิ้นงานมีแนวโน้มลดลง

เอกสารอ้างอิง

ธีรศักดิ์ ใจ ชื้อตรง และ ธีราวุธ พงศ์ประยูร. 2551. การพัฒนาสมบัติของยางธรรมชาติโคนใช้ซิลิกาที่ปรับปรุงพื้นผิวด้วยเทคนิคแอตไมเซลลาร์พอลิเมอร์เซชันกระตุ้นด้วยคลื่นไมโครเวฟ. วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ. ปีที่18. ฉบับที่2.

นุชจรี สุกใส และ วิมล อินททอง. 2553. คอมโพสิตย่อยสลายเชิงชีวภาพจากยางธรรมชาติใส่ไคโตซาน. มหาวิทยาลัยมหิดล. จังหวัดนครปฐม.

ศิวโรฒ บุญราศี. 2551. ผลของไคโตซานต่อสมบัติทางกายภาพของผลิตภัณฑ์จากน้ำยาง. วิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้. จังหวัดเชียงใหม่.

สุภาวัชร ปุณณานนท์ และ ธีรวัธ พงศ์ประยูร. 2553. ผลกระทบจากกำลังคลื่นไมโครเวฟต่อการปรับปรุงผิวซิลิกาโดย การสร้างฟิล์มพอลิไอโซพรีนด้วยเทคนิคแอตไมเซลลาร์พอลิเมอร์เซชัน. วารสารวิชาการ พระจอมเกล้าพระนครเหนือ. ปีที่ 20. ฉบับที่ 1. หน้า 132-141.

สลักจิต บัวทอง. 2548. การปรับปรุงผิวซิลิกาพอลิไอโซพรีนเพื่อเพิ่มคุณสมบัติของยางธรรมชาติโดยใช้รังสีเลเซอร์เหนี่ยวนำให้เกิดปฏิกิริยาแอตไมเซลลาร์พอลิเมอร์เซชัน. วิทยานิพนธ์มหาวิทยาลัย. วิศวกรรมเคมี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.