



รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ: การเตรียมฟองน้ำจากน้ำยางธรรมชาติต้านเชื้อรา

Preparation of Antifungal Latex Foam

โดย

ดร.แวอาแซ แวหามะ

และ

น.ส. รีฮันญา จารง

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี

เดือนมีนาคม พ.ศ. 2551

สัญญาเลขที่ RDG 5050059

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ การเตรียมป้องกันน้ำจากน้ำยางธรรมชาติด้านเชื้อรา

คณะผู้วิจัย

สังกัด

1. ดร. แวอาแซ แวหามะ

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

2. น.ส. รีดันญา จารง

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ชุดโครงการวิจัยขนาดเล็ก เรื่องยางพารา

สนับสนุนโดยสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)

(ความเห็นในรายงานนี้เป็นของผู้วิจัย สกว. ไม่จำเป็นต้องเห็นด้วยเสมอไป)

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

ชื่อโครงการ การเตรียมฟองน้ำจากน้ำยางธรรมชาติด้านเชื้อรา

Preparation of Antifungal Latex Foam

ชื่อหัวหน้าโครงการ

ดร. แวอาแซ แวหามะ

หน่วยงาน

ภาควิชาวิทยาศาสตร์

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อ.เมือง จ.ปัตตานี

โทรศัพท์

073-313930-50 ต่อ 1845

ชื่อนักศึกษา

น.ส. รียันญา จารง

หน่วยงาน

ภาควิชาวิทยาศาสตร์

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อ.เมือง จ.ปัตตานี

ระยะเวลาดำเนินการ

9 เดือน ตั้งแต่วันที่ 1 กรกฎาคม 2550 ถึงวันที่ 30
มีนาคม 2551

ปัญหาที่ทำวิจัยและความสำคัญของปัญหา

เนื่องจากประเทศไทยมีการปลูกยางพาราเป็นจำนวนมากจึงได้มีการพัฒนาอุตสาหกรรมในประเทศโดยการนำยางธรรมชาติมาแปรรูปเป็นสินค้าที่สามารถนำมาใช้ในด้านต่างๆ เช่น ด้านการแพทย์ การคมนาคม การเกษตรกรรม และด้านสาธารณสุขปโภค หนึ่งในผลิตภัณฑ์นั้น คือ ฟองน้ำที่สามารถนำมาทำเบาะที่นอน หมอนเป็นต้น ซึ่งมีสมบัติด้านการยืดหยุ่นที่ดี นุ่ม มีความคงทนต่อการใช้งาน แต่มีปัญหาเรื่องของยางธรรมชาติ คือ เมื่อมีการขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์ฟองน้ำแล้ว ฟองน้ำจะเกิดเชื้อราหรือเป็นแหล่งสะสม และการเจริญเติบโตของเชื้อราได้ ทำให้มีกลิ่นที่น่ารังเกียจ จึงมีการแก้ไขปัญหานี้โดยการเติมสารไบโอไซด์ในน้ำยางธรรมชาติเพื่อเป็นการป้องกันการเกิดเชื้อราได้ แต่เนื่องจากสารไบโอไซด์จะขับออกมาที่ผิวจึงสามารถทำอันตรายต่อผู้ใช้ จึงได้มีการคิดค้นเพื่อแก้ปัญหาดังกล่าวโดยการทำปฏิกิริยาให้เกิดพันธะระหว่างสารไบโอไซด์และยางธรรมชาติ ได้มีการศึกษาการกราฟต์โคพอลิเมอร์ไรระหว่างยางธรรมชาติกับสารมาลิอิมิดในสภาพน้ำยางเป็น การเบื้องต้น พบว่ามีประสิทธิภาพการต้านเชื้อราได้ดี (แพรวพรรณ 2548) ดังนั้นเพื่อเป็นการพัฒนา

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

- 1 เพื่อศึกษาการเตรียมน้ำยางธรรมชาติที่กราฟต์ด้วยสารคาร์bamิลมาลิอไมด์
- 2 เพื่อเตรียมฟองน้ำจากน้ำยางธรรมชาติที่มีสมบัติด้านเชื้อรา
- 3 เพื่อศึกษาสมบัติด้านเชื้อราและสมบัติทางกายภาพของฟองน้ำด้านเชื้อราที่เตรียมได้

ผลการดำเนินการ

การเตรียมน้ำยางจากน้ำยางธรรมชาติที่กราฟต์ด้วยสารคาร์bamิลมาลิอไมด์สามารถเตรียมได้โดยเริ่มจากการเตรียมกรดคาร์bamิลมาลิอไมด์จากปฏิกิริยาควบแน่นระหว่างมาลิกแอนไฮไดรด์กับยูเรีย จากนั้นนำมาทำปฏิกิริยาการปิดวง ในอะซิติกแอนไฮไดรด์ จะได้ผลิตภัณฑ์เป็นสารคาร์bamิลมาลิอไมด์ ได้ผลผลิต 58 % (เมื่อเทียบกับปริมาณที่ควรจะได้ตามทฤษฎี) ตามวิธี ของ Tawney et.al.(1960) การทำกราฟต์โคพอลิเมอร์ระหว่างสารคาร์bamิลมาลิอไมด์กับน้ำยางธรรมชาติในสถานะน้ำยาง สามารถกระทำได้โดยใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ หรือ คิวมินไฮโดรเปอร์ออกไซด์ ร่วมกับเตตระเอทิลเพนตะมีน หรือ ไดคิวมิลเปอร์ออกไซด์ ร่วมกับเตตระเอทิลเพนตะมีน เป็นตัวริเริ่ม แต่ได้เลือกใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ เนื่องจากไม่เหลือสารตกค้างเมื่อปฏิกิริยาลิ้นสุดแล้ว และสามารถกราฟต์โดยใช้ปริมาณของสารคาร์bamิลมาลิอไมด์ สูงสุด 2.3 phr โดยทำปฏิกิริยาที่ 60 องศาเซลเซียส ภายใต้สภาวะไนโตรเจน เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ปัญหาที่พบคือ ข้อจำกัดของการละลายของสารคาร์bamิลมาลิอไมด์ในตัวทำละลาย N,N Dimethyl formamide(DMF) ทำให้ไม่สามารถเพิ่มปริมาณของสารคาร์bamิลมาลิอไมด์ให้มากกว่านี้ อย่างไรก็ตามสารปริมาณดังกล่าวมีมากเกินไปที่จะทำให้ยางมีสมบัติด้านต่อเชื้อราได้ พบว่าเชื้อราไม่เกิดการเจริญเติบโต เมื่อเทียบกับฟองน้ำที่ไม่มีการกราฟต์ด้วยสารคาร์bamิลมาลิอไมด์ ซึ่งเกิดการเจริญเติบโตของเชื้อราได้ดี

สรุปผลการวิจัย

การเตรียม N-carbamylmaleamic acid สามารถเตรียมจาก Maleic anhydride กับ Urea ที่ 50 °C ได้ตะกอนละเอียดสีขาว มีจุดหลอมเหลวในช่วง 159-161 °C เมื่อนำ N-carbamylmaleamic acid ไปทำปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสกับ Acetic anhydride ที่อุณหภูมิ 90-95 °C จะได้ N-carbamylmaleimide มีลักษณะเป็นผลึกสีน้ำตาล มีจุดหลอมเหลวในช่วง 152-156 °C สามารถเตรียมน้ำยางธรรมชาติด้านเชื้อราโดยการกราฟต์ สาร N-carbamylmaleimide บนโมเลกุลของยางธรรมชาติในสภาพน้ำยางได้โดยใช้เวลา 1 ชั่วโมง โดยใช้ตัวริเริ่ม 3 ชนิดได้ คือ Hydrogen

ข้อเสนอแนะที่คาดว่าจะวิจัยเพิ่มเติม และวิธีการที่ควรพัฒนาต่อยอดสู่ภาคปฏิบัติจริง

งานวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่า สามารถเตรียมฟองน้ำยางธรรมชาติด้านเชื้อราโดยการกราฟต์สาร N-carbamylmaleimide บนโมเลกุลของยางธรรมชาติในสภาพน้ำยางได้ ฉะนั้นถ้าได้ทำการวิจัยเพิ่มเติมโดยการออกสูตรฟองน้ำยางธรรมชาติด้านเชื้อราเพื่อให้มีสมบัติทางกายภาพเหมาะสมกับผลิตภัณฑ์ที่ต้องการจะทำให้สามารถใช้เชิงพาณิชย์ได้

ผลงานทางวิชาการที่คาดว่าจะเกิดขึ้น

งานวิจัยนี้คาดว่าจะสามารถที่จะนำเสนอโดยนำเสนอในงานวิจัยระดับประเทศได้

บทคัดย่อ

การศึกษานี้ เป็นการเตรียมฟองน้ำจากน้ำยางธรรมชาติที่กราฟต์ด้วยสารต้านเชื้อรา คือ สาร คาร์บามิลมาลิอิมิด เริ่มต้นด้วยการเตรียมกรดคาร์บามิลมาลิอิมิก จากปฏิกิริยาควบแน่น ระหว่างมาลิอิก แอนไฮไดรด์กับยูเรีย จากนั้นนำมาทำปฏิกิริยาการปิดวง ในอะซิติก แอนไฮไดรด์ จะได้ผลิตภัณฑ์เป็นสารคาร์บามิลมาลิอิมิด นำสารต้านเชื้อราทำปฏิกิริยากราฟต์โคพอลิเมอร์ เซชันในสถานะน้ำยาง โดยใช้ ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ หรือ คิวมินไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ร่วมกับเตตระเอทิลลิทเทเนียม หรือ ไดคิวมิลเปอร์ออกไซด์ ร่วมกับเตตระเอทิลลิทเทเนียม เป็นตัวริเริ่ม และใช้ปริมาณของสารคาร์บามิลมาลิอิมิดเป็น 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 หรือ 2.3 phr โดยทำปฏิกิริยาที่ 60 องศาเซลเซียส ภายใต้สถานะในไฮโดรเจน เป็นเวลา 1 ชั่วโมง เมื่อนำมาพิสูจน์โครงสร้างทางเคมีโดย พิจารณาการดูดกลืนรังสีอินฟราเรดที่เลขคลื่น 1716 cm^{-1} ยืนยันว่าเกิดการกราฟต์ระหว่างโมเลกุล ของยางธรรมชาติกับสารคาร์บามิลมาลิอิมิด เมื่อนำมาขึ้นรูปเป็นฟองน้ำโดยกระบวนการดันลอป แล้วนำฟองน้ำมาทดสอบสมบัติทางกายภาพ โดยทดสอบความหนาแน่น การยุบตัว การหดตัวและการยุบตัวเนื่องจากการอัด ค่าที่ได้มีค่ามากกว่าของฟองน้ำที่เตรียมจากน้ำยางธรรมชาติเล็กน้อยตาม ปริมาณของสารคาร์บามิลมาลิอิมิด เมื่อทดสอบสมบัติการต้านเชื้อราโดยการแช่เชื้อราบนฟองน้ำ ด้านเชื้อรา ที่มีความชื้นที่เหมาะสม ปล่อยไว้ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 วัน พบว่าเชื้อราไม่เกิดการเจริญเติบโต เมื่อเทียบกับฟองน้ำที่ไม่มีการกราฟต์ด้วยสารคาร์บามิลมาลิอิมิด ซึ่งเกิดการเจริญเติบโตของเชื้อราได้ดี

คำสำคัญ : ฟองน้ำต้านเชื้อรา, น้ำยางธรรมชาติกราฟต์เอ็นคาร์บามิลมาลิอิมิด, วัสดุต้านเชื้อรา, น้ำยางธรรมชาติ

Abstract

The purpose of this work was to study the preparation of antifungal latex foam. It was done by using NR-g-N-carbamylmaleimide latex. N-carbamylmaleimide-acid was firstly synthesized by the condensation reaction of phthalic anhydride and urea. It was cyclized in acetic anhydride to give N-carbamylmaleimide. N-carbamylmaleimide was then grafted onto natural rubber (NR) molecules in latex phase by using hydrogen peroxide as an initiator as well as cumylhydroperoxide or dicumeneperoxide together with tetraethylenepentamine. Different amount of N-carbamylmaleimide of 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 and 2.3 phr was used in the reaction which was carried out at the temperature of 60 °C under N₂ atmosphere for 1 hour. Chemical structure was characterized by FT-IR. It was found that a peak at 1716 cm⁻¹ confirmed the grafting of N-carbamylmaleimide onto NR molecules. Antifungal latex foam was prepared by Dunlop process. The physical properties of the foam such as density, melt down, shrinkage and compression set were characterized. It was found that they were slightly increased with respect to the amount of N-carbamylmaleimide for the foam made from antifungal NR latex as compared to that of NR latex. Antifungal activity of the latex foam was tested. It was found that the samples of antifungal NR latex foam showed no sign of growing fungus after 20 days as compared to that of NR foam on which fungus grew well.

Keywords: Antifungal latex foam, NR-g-N-carbamylmaleimide latex, Antifungal materials, NR latex

1. ความสำคัญและที่มาของงานวิจัย

เนื่องจากประเทศไทยมีการปลูกยางพาราเป็นจำนวนมากจึงได้มีการพัฒนาอุตสาหกรรมในประเทศโดยการนำยางธรรมชาติมาแปรรูปเป็นสินค้าที่สามารถนำมาใช้ในด้านต่างๆ เช่น ด้านการแพทย์ การคมนาคม การเกษตรกรรม และด้านสาธารณสุข โภค หนึ่งผลิตภัณฑ์นั้น คือ ฟองน้ำที่สามารถนำมาทำเบาะที่นอน หมอนเป็นต้น ซึ่งมีสมบัติด้านการยืดหยุ่นที่ดี นุ่ม มีความคงทนต่อการใช้งาน แต่มีปัญหาเรื่องของยางธรรมชาติ คือ เมื่อมีการขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์ฟองน้ำแล้ว ฟองน้ำจะเกิดเชื้อราหรือเป็นแหล่งสะสม และการเจริญเติบโตของเชื้อราได้ ทำให้มีกลิ่นที่น่ารังเกียจ จึงมีการแก้ไขปัญหานี้โดยการเติมสารไบโอไซด์ในน้ำยางธรรมชาติเพื่อเป็นการด้านการเกิดเชื้อราได้ แต่เนื่องจากสารไบโอไซด์จะถูกขับออกมาที่ผิวจึงสามารถทำอันตรายต่อผู้ใช้ จึงได้มีการคิดค้นเพื่อแก้ปัญหาดังกล่าวโดยการทำปฏิกิริยาให้เกิดพันธะระหว่างสารไบโอไซด์และยางธรรมชาติ ได้มีการศึกษาการกราฟต์โคพอลิเมอร์ไรเซชันระหว่างยางธรรมชาติกับสารมาลิอิมด์ในสภาพน้ำยางเป็นการเบื้องต้น พบว่ามีประสิทธิภาพการต้านเชื้อราได้ดี (แพรวพรรณ, 2548) ดังนั้นเพื่อเป็นการพัฒนาให้เกิดประโยชน์ทางการค้า จึงได้มีการศึกษาการนำน้ำยางธรรมชาติที่มีสมบัติการต้านเชื้อรามารวมเป็นฟองน้ำ เพื่อนำฟองน้ำไปใช้ประโยชน์ด้านอุปโภคต่อไป

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาการเตรียมน้ำยางธรรมชาติที่กราฟต์ด้วยสารคาร์บาไมลมาลิอิมด์
2. เพื่อเตรียมฟองน้ำจากน้ำยางธรรมชาติที่มีสมบัติต้านเชื้อรา
3. เพื่อศึกษาสมบัติต้านเชื้อราและสมบัติทางกายภาพของฟองน้ำต้านเชื้อราที่เตรียมได้

3. ทฤษฎี แนวคิดในการวิจัยและผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

3.1 ทฤษฎี

3.1.1 น้ำยางข้น (Concentrated NR Latex)

น้ำยางข้นผลิตจากน้ำยางธรรมชาติสด ผลิตเป็นน้ำยางข้นโดยวิธีการต่าง ๆ คือ การระเหย การทำครีม การเซนติฟิวจ์ และการแยกด้วยไฟฟ้า โดยทั่วไปการผลิตน้ำยางข้นใช้วิธีการเซนติฟิวจ์ โดยการปั่นแยกเอาส่วนของน้ำออก ได้น้ำยางที่มีความเข้มข้นของเนื้อยาง 60% และหางน้ำยางมีเนื้อยางอยู่ 4-8 เปอร์เซ็นต์ และเก็บรักษาน้ำยางที่ได้ด้วยแอมโมเนีย (บุญธรรม, 2530) สามารถแบ่งชนิดของน้ำยางข้นออกเป็น 2 ชนิด น้ำยางข้นชนิดแอมโมเนียสูง (High

3.1.2 การผลิตยางฟองน้ำ

3.1.2.1 ลักษณะทั่วไปของยางฟองน้ำ

ยางฟองน้ำ คือ ยางที่ภายในประกอบด้วยโพรงเล็ก ๆ จำนวนมาก รูหรือโพรงอากาศขนาดเล็กภายในเนื้อยางอาจจะติดต่อกันทั้งหมด หรือติดต่อกันบางส่วน และอาจจะมีส่วนที่ไม่ติดต่อกันส่วน ผิวหน้าที่เรียบของฟองน้ำเกิดจากการสัมผัสกันของผิวหน้าฟองน้ำกับผิวหน้าของเบ้า

3.1.2.2 กระบวนการแปรรูปฟองน้ำ (Blackley, 1997)

- 1) น้ำยางคอมเปาต์ที่เหมาะสมทำให้ฟูด้วยอากาศ หรือก๊าซอื่น ๆ ที่สามารถทำให้น้ำยางคอมเปาต์เป็นฟองที่เสถียร อากาศหรือก๊าซที่อยู่ในน้ำยางอาจทำโดยใช้วิธีการปั่นด้วยแรงกล หรืออาจเกิดขึ้นจากปฏิกิริยาทางเคมีภายในส่วนที่เป็นของเหลวของน้ำยาง ในขณะที่เริ่มเตรียมน้ำยางคอมเปาต์ อาจจะใช้สารช่วยเสริมการเกิดฟอง และสารที่ช่วยให้ฟองเสถียรขณะเตรียมฟองน้ำ
- 2) ฟองน้ำที่ได้จะบังคับให้รูปร่างของฟองน้ำใกล้เคียงกับผลิตภัณฑ์ที่ต้องการมากที่สุด
- 3) เฟสน้ำยาง (Latex phase) ของฟองน้ำจะถูกเปลี่ยนจากสถานะที่เป็นของเหลว (Aqueous phase) ไปเป็นเฟสต่อเนื่อง (Continuous phase) ซึ่งเป็นส่วนของยาง ขั้นตอนนี้อาจจะเรียกว่าการเกิดการแข็งตัว (Solidification) หรือการคงรูปของฟองน้ำ
- 4) ขั้นสุดท้ายส่วนที่เป็นยางของฟองน้ำจะวัลคาไนซ์ โดยการเชื่อมโยงสายโซ่โมเลกุลของยางเข้าด้วยกันโดยใช้ความร้อน

3.1.2.3 การผลิตยางฟองน้ำโดยกระบวนการดันลอย

หลักการและขั้นตอนการผลิตฟองน้ำด้วยวิธีของดันลอยสรุปได้ดังนี้ วัตถุดิบเริ่มต้นจะใช้น้ำยางข้น ขั้นตอนแรกทำการไล่แอมโมเนียในน้ำยางให้ลดต่ำลง นำน้ำยางที่ทำการปรับแอมโมเนียแล้วเติมสารเคมีต่างๆ คือ สารวัลคาไนซ์ (vulcanizing agent) สบู่เป็นสารช่วยในการเกิดฟอง สารตัวเร่ง สารป้องกันการเสื่อมของยาง สารตัวเติม ซึ่งสารเหล่านี้อาจเตรียมในรูปสารแขวนลอย (Dispersion) หรือสารละลาย (Solution) หรืออิมัลชัน (Emulsion) ซึ่งขึ้นอยู่กับธรรมชาติของสารนั้น ๆ การผสมสารเคมีเข้าไปจะแบ่งการผสมสารเคมีออกเป็นสองช่วงโดยเมื่อเติมส่วนหนึ่งในช่วงแรก แล้วจะทิ้งน้ำยางไว้ระยะหนึ่ง (Maturation) แล้วจึงเติมส่วนที่เหลือในช่วงที่สอง หลังจากปั่นน้ำยางเป็นฟองแล้ว ขณะที่การปั่นฟองน้ำสมบูรณ์จะทำการเติมขิงค์ออกไซด์ที่อยู่ในรูปสารแขวนลอย และสารก่อเจลเสริม แล้วจากนั้นจึงใส่สารก่อเจลหลักเป็นลำดับสุดท้าย แล้วจึงเทฟองยางใส่เบ้าอะลูมิเนียมฟองยางจะเกิดการเจลออย่างช้า ๆ ในเบ้า เรียกกระบวนการนี้ว่าการทำให้เกิดการเจลออย่างช้า ๆ (Delayed-action gelling agent) จากนั้นนำฟองน้ำไปวัลคาไนซ์โดยใช้ความร้อนจากไอน้ำ

ปัจจัยที่มีผลต่อการเตรียมฟองน้ำด้วยกระบวนการแบบดันลอป คือ การปรับปริมาณ แอมโมเนียในน้ำยาง น้ำยางที่ใช้ทำฟองน้ำโดยมากจะเป็นน้ำยางข้นซึ่งจะต้องมีการปรับปริมาณ แอมโมเนียให้เหมาะสมกับกระบวนการผลิตฟองน้ำที่เลือกใช้ ซึ่งอาจจะเติมฟอร์มาลดีไฮด์ หรือ ไล่แอมโมเนียออกจากน้ำยาง โดยทั่วไปการไล่แอมโมเนียออกจากน้ำยางทำได้ โดยการพ่นอากาศ ขึ้นไปที่ผิวของน้ำยางพร้อม ๆ กับการกวนน้ำยางอย่างช้า ๆ เช่น ด้วยความเร็วประมาณ 50 รอบ ต่อนาที เป็นต้น จนกระทั่งปริมาณแอมโมเนียในน้ำยางมีค่าประมาณ 0.12-0.22 เปอร์เซ็นต์ ในทางปฏิบัติ กรณีที่เลือกใช้กระบวนการตีฟองน้ำแบบไม่ต่อเนื่องจะควบคุมให้มีปริมาณของ แอมโมเนียในน้ำยางประมาณ 0.22 เปอร์เซ็นต์ ส่วนถ้าเลือกใช้กระบวนการตีฟองอย่างต่อเนื่องจะ ควบคุมให้มีปริมาณแอมโมเนียในน้ำยางประมาณ 0.12 เปอร์เซ็นต์ (NR Technical Bulletin, 1966)

3.1.3 เชื้อรา (พริ (ม ป พ), www.yalor.ac.th)

เชื้อรานับเป็นสาเหตุของโรคพืชหลายชนิด ก่อความเสียหายแก่พืช สร้างความเดือดร้อน ให้กับชาวสวนชาวไร่ และ ก่อให้เกิดโรคกับคนเช่นกัน ด้วยสาเหตุนี้เองจึงได้มีการศึกษาเกี่ยวกับ ชนิดของเชื้อราที่เจริญบนยางแผ่น เพื่อเป็นแนวทางในการแก้ปัญหา และวิธีการป้องกัน

ปัจจุบันมีการผลิตยางแผ่นสิ่งแห้งที่ไม่ใช้สารป้องกันเชื้อรา เพื่อใช้ในอุตสาหกรรมต่างๆ เช่น อุตสาหกรรมทำกาวยืด ฝาขวดบรรจุอาหาร โดยจำเป็นต้องมีใบรับรองว่าเป็นยางที่ปลอดสาร พาราไนโตรฟินอล อุตสาหกรรมการผลิตกระป๋องน้ำร้อน หมวกว่ายน้ำ อุตสาหกรรมการทำรองเท้า เป็นต้น

เชื้อราเป็นจุลินทรีย์ขนาดใหญ่ มีความหลากหลายและแตกต่างกันมากทั้งในด้านขนาด รูปร่าง โครงสร้างและระบบการขยายพันธุ์ เป็นสาเหตุของการเกิดโรคในพืชมีมากกว่า 8,000 ชนิด บางชนิดทำให้เกิดโรคเฉพาะบางส่วนและเฉพาะเจาะจงกับชนิดพืช แต่บางชนิดทำให้เกิดโรคกับพืช หลายชนิดและแทบทุกส่วน ส่วนเชื้อราที่ก่อโรคในคนสามารถจำแนกออกได้เป็น 3 จำพวกคือ

1. เชื้อราสร้างสารพิษ (toxigenic fungi) หมายถึงเชื้อราที่มีสารพิษอยู่ภายในหรือสามารถ สร้างและปลดปล่อยสารพิษออกสู่ภายนอกได้ เช่น สารพิษจากเห็ดเมาและสารพิษจากเชื้อรา

2. เชื้อราก่อโรคภูมิแพ้ (allergic fungi) หมายถึงเชื้อราหรือส่วนของเชื้อราเช่น โคนิเดีย ทำหน้าที่ประหนึ่งเป็นแอนติเจนกระตุ้นร่างกายให้สร้างแอนติบอดี ซึ่งทำปฏิกิริยา ให้ผลเสียแบบที่ เรียกว่า ปฏิกิริยาภูมิไวเกิน เช่น โรคปอดชาวนา (Farmer's lung), แบแกลสโซซิส (Bagasosis)

3. เชื้อราบุกรุก (invasive fungi) หมายถึงเชื้อราที่สามารถบุกรุกเข้าไปเจริญในร่างกายมนุษย์ อาจจะเจริญได้ที่ผิวหนัง หรือลุกลามเข้าสู่อวัยวะภายใน โรคที่เกิดจากเชื้อราบุกรุกและเชื้ออื่นๆที่มีความสัมพันธ์กับเชื้อรา

การป้องกันการเกิดเชื้อราในยางนั้นโดยทั่วไปจะใช้วิธีเติมสารไบโอไซด์ซึ่งเป็นสารเคมีโมเลกุลเล็กๆลงไปในสูตรยาง เมื่อยางถูกใช้งานสารเหล่านี้จะถูกขับออกมาในที่สุดและจะเป็นอันตรายต่อผู้บริโภคได้ เมื่อใช้ไบโอไซด์ที่สร้างพันธะกับโมเลกุลของยางจะสามารถอยู่ติดกับยางตลอดไป

3.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

แพรวพรรณ(2548) ศึกษาการเตรียมสารมาลิไมด์และยางธรรมชาติที่กราฟต์ด้วยอนุพันธ์มาลิไมด์ในสถานะน้ำยาง โดยการควบแน่นยูเรียและมาลิอิกแอนไฮไดรด์ ได้กรดคาร์บามิลมาลิอิก จากนั้นทำปฏิกิริยาไซโคลเซชันได้สารคาร์บามิลมาลิไมด์ ซึ่งมีสมบัติการต้านการเจริญเติบโตของเชื้อรา จึงนำสารคาร์บามิลมาลิไมด์มากราฟต์บนโมเลกุลยางธรรมชาติผ่านปฏิกิริยากราฟต์โคพอลิเมอร์ไรเซชันในสถานะน้ำยางโดยใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เป็นริเริ่มทำปฏิกิริยาที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ภายใต้สภาวะไนโตรเจนเป็นเวลา 24 ชั่วโมง สามารถพิสูจน์โครงสร้างของยางที่สังเคราะห์โดยพิจารณาการดูดกลืนรังสีอินฟราเรดที่เลขคลื่น $1710-1720\text{ cm}^{-1}$ พบว่าเกิดพันธะทางเคมีระหว่างยางธรรมชาติและสารคาร์บามิลมาลิไมด์ ทดสอบสมบัติในการต้านเชื้อราโดยการแช่เชื้อราลงในจานอาหารเลี้ยงเชื้อที่มียางธรรมชาติกราฟต์สารคาร์บามิลมาลิไมด์ ปล่อยไว้ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 วัน พบว่าเชื้อราไม่เกิดการเจริญเติบโตเมื่อเปรียบเทียบกับยางธรรมชาติซึ่งเชื้อราเติบโตได้เป็นอย่างดี

ณรงค์ (2549) ศึกษาการเตรียมฟองน้ำจากน้ำยางธรรมชาติต้านเชื้อรา โดยใช้สารคาร์บามิลมาลิไมด์สามารถสังเคราะห์จากมาลิอิก แอนไฮไดรด์ทำปฏิกิริยาควบแน่นกับยูเรียได้กรดคาร์บามิลมาลิอิก จากนั้นทำปฏิกิริยาไซโคลเซชัน โดยใช้อะซิดิก แอนไฮไดรด์ ได้สารคาร์บามิลมาลิไมด์ นำสารคาร์บามิลมาลิไมด์มากราฟต์บนโมเลกุลยางธรรมชาติ โดยใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เป็นตัวริเริ่มทำปฏิกิริยาที่ 60 องศาเซลเซียส ภายใต้สภาวะไนโตรเจน เป็นเวลา 12 ชั่วโมง เมื่อนำน้ำยางธรรมชาติต้านเชื้อราแล้วนำขึ้นรูปฟองน้ำ ด้วยกระบวนการดันลอย ทำการทดสอบสมบัติการต้านเชื้อราของฟองน้ำ พบว่าเชื้อราไม่เกิดการเจริญเติบโตเมื่อเทียบกับฟองน้ำที่ไม่มีสารคาร์บามิลมาลิไมด์ซึ่งเกิดเชื้อราเติบโตเป็นอย่างดี

Na Songkhla et al. (2005) ศึกษาการเตรียมยางธรรมชาติต้านเชื้อรา เตรียมโดยปฏิกิริยา 2 ขั้นตอนเริ่มจากการเตรียมสารต้านเชื้อรา แล้วนำไปกราฟต์บน โมเลกุลยางธรรมชาติผ่านปฏิกิริยากราฟต์พอลิเมอร์ไรซ์แบบสารละลาย โดยมีเบนโซิลเปอร์ออกไซด์เป็นตัวริเริ่ม และโทลูอีน เป็นตัวทำละลายจากการหา สภาวะเวลาที่เหมาะสม ในการเตรียมยางต้านเชื้อราพบว่าที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 2 ชั่วโมงเป็นสภาวะที่เหมาะสมที่สุด โดยยางธรรมชาติต่ออัตราส่วนสารคาร์บามิลมาลิไมด์เป็น 1:1 ทดสอบสมบัติในการต้านเชื้อรา พบว่ายางธรรมชาติ ด้านเชื้อราไม่มีการเจริญเติบโตของเชื้อรา แต่ยางธรรมชาติที่ไม่มีสารต้านเชื้อราพบว่าเชื้อราเจริญเติบโตได้ดี

สุรศักดิ์ (2545) ใช้กระบวนการดันลอย (Dunlop process) ในการเตรียมฟองน้ำเพื่อศึกษาอิทธิพลของสารก่อเจลเสริมต่อการหดตัวและสมบัติของฟองน้ำยางธรรมชาติ พบว่าการเติมไดฟีนิลกวานิดีนปริมาณ 0.5 phr ให้เวลาการเจล 2 นาที ฟองน้ำจะมีโครงสร้างเซลล์ที่สม่ำเสมอ และมีเปอร์เซ็นต์การหดตัวต่ำสุด 5.1 เปอร์เซ็นต์ มีความหนาแน่น 0.114 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร และมีความสามารถในการคืนรูปภายหลังการกดที่ 10.5 เปอร์เซ็นต์

Blackley (1997) อธิบายกระบวนการเตรียมฟองน้ำโดยวิธีการดันลอย (Dunlop Process) โดยการใช้เครื่องตีครีมสำหรับทำขนมเค้กตีฟองน้ำจากวัตถุดิบน้ำยางธรรมชาติชั้น ซึ่งใช้สบูเป็นสารก่อฟอง และเจดด้วยสารออกไซด์ของสังกะสี (Zinc oxide) ปริมาณ 3-5 phr และโซเดียมซิลิโคฟลูออไรด์ (Sodium silicofluoride) ปริมาณ 1.5 phr ทำการวัลคาไนซ์โดยการอบด้วยไอน้ำ ล้าง และอบแห้ง

Oliveira et al. (2005) ศึกษาการปรับปรุงโครงสร้างยางธรรมชาติโดยการกราฟต์พอลิไดเมทิลอะซิโตนเอทิลเมทาคริเลตอะซิโตนเมทาคริเลตลงบนโมเลกุลของยางธรรมชาติ พิสูจน์โครงสร้างและวิเคราะห์หาปริมาณการกราฟต์ของการกราฟต์โคพอลิเมอร์ที่ได้ด้วยเทคนิค $^1\text{H-NMR}$ พบว่า การใช้ควินไฮโดรเปอร์ออกไซด์ร่วมกับเตตระเอทิลอะมิโนเพนตามีนเป็นตัวริเริ่มปฏิกิริยาสามารถเกิดเป็นอนุมูลอิสระได้โดยการแตกตัวให้อนุมูลอิสระมากกว่าการเกิดปฏิกิริยาการเติมที่ตำแหน่งของพันธะคู่ และพบว่าปริมาณการกราฟต์เพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นของมอนอเมอร์

Calvert (1962) เตรียมฟองน้ำจากน้ำยางธรรมชาติ โดยใช้กระบวนการเจดด้วยไดฟีนิลกวานิดีน (Diphenyl guanidine) และโซเดียมซิลิโคฟลูออไรด์ พบว่าการเชื่อมทะลุต่อของเซลล์จะเกิดขึ้นก่อนข้างเข้าที่อุณหภูมิห้อง แต่จะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วงแรกของการเกิดการวัลคาไนซ์ การเชื่อมทะลุต่อของเซลล์เริ่มต้นที่ pH ช่วงประมาณ 7.9-8.6

Neal and Fishbein (1955) ได้รายงานถึงกระบวนการผลิตฟองน้ำจากน้ำยางธรรมชาติที่ใช้ซิงค์ออกไซด์ และใช้โซเดียมซิลิโคฟลูออไรด์เป็นสารเจด โดยมีการใช้สารในกลุ่มของสารประกอบอินทรีย์ไฮดรอกไซด์ (Organic hydroxyl compound) ได้แก่ อัลฟาเนพทอล (Alpha-naphthol) และเบต้าเนพทอล (Beta-naphthol) ซึ่งสามารถเพิ่มค่า pH ในการเจดได้ถึง 0.3 หน่วยจากเดิม ปริมาณที่ใช้คือ 0.5-2 phr โดยฟองน้ำยางธรรมชาติที่ได้มีโครงสร้างดีมาก ไม่เกิดการแตกหรือยุบตัว

4. วิธีการทดลอง

4.1 การเตรียมสารมาลีไมด์

4.1.1. การสังเคราะห์สาร N-carbamylmaleamic acid (Tawney et.al.,1960)

การทำปฏิกิริยาการเตรียม N-carbamylmaleamic acid จะใช้ มาลิกแอโนไฮไดรด์ 50 กรัม และ ยูเรีย 30 กรัม ผสมกันใน Glacial acetic acid 100 กรัม จากนั้นนำมากวนด้วยความเร็วรอบ 130 รอบต่อนาที ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 ชั่วโมง ทิ้งให้ตะกอนเป็นเวลา 12 ชั่วโมง แล้วนำมารองด้วยกรองแบบลดความดัน ล้างตะกอนด้วย Glacial acetic acid 100 กรัม 25 มิลลิลิตร แล้วนำไปอบในตู้อบแบบลดความดันเป็นเวลา 48 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เมื่อได้ N-carbamylmaleamic acid นำมาชั่งแล้วคำนวณหาร้อยละผลได้ หาดูดหุลอมเหลว และ ตรวจสอบโครงสร้างด้วยเทคนิคอินฟราเรดสเปกโตรสโกปี

สารละลายที่ได้จากกรอง นำกลับมาทำปฏิกิริยาซ้ำ (ครั้งที่ 2) โดยการใช้อัตราส่วนของสารตั้งต้นในปริมาตรเดิม แต่ใช้อุณหภูมิ 56 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 5 ชั่วโมง แล้วนำไปทำปฏิกิริยาในสถานะเช่นเดียวกับครั้งที่ 1

4.1.2. การสังเคราะห์สาร N-carbamylmaleimide (Tawney et.al.,1960)

นำสาร N-carbamylmaleamic acid ที่สังเคราะห์ได้ในช่วงแรกมา 40 กรัม ใส่ลงใน สารละลาย Acetic anhydride 88 กรัม ให้อุณหภูมิของสารละลายอยู่ในช่วง 90-97 องศาเซลเซียส แล้วกวนด้วยความเร็วรอบ 300 รอบ/นาที เป็นเวลา 1 ชั่วโมง เมื่อครบ 1 ชั่วโมง นำมารองขณะ ร้อนด้วยชุดกรองแบบลดความดัน ปล่อยให้ตกตะกอนเป็นเวลา 12 ชั่วโมง แล้วนำมารองด้วย กรองแบบลดความดัน ล้างตะกอนด้วย Acetone ที่เย็นจัดในปริมาณที่เล็กน้อย นำสาร N-carbamylmaleimide ที่ได้ไปอบในตู้อบแบบลดความดันเป็นเวลา 48 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เมื่อได้ N-carbamylmaleimide นำมาชั่งแล้วคำนวณหาร้อยละผลได้ หาดูดหุลอมเหลว และตรวจสอบโครงสร้างด้วยเทคนิคอินฟราเรดสเปกโตรสโกปี

4.2 ปฏิกิริยาการกราฟต์ยางธรรมชาติกับสาร N-carbamylmaleimide

4.2.1 ปฏิกิริยาการกราฟต์ยางธรรมชาติกับสาร N-carbamylmaleimide 2.3 phr ในสถานะ น้ำยาง 60 %DRC

เตรียมอุปกรณ์ชุดการกราฟต์ แล้วนำน้ำยาง 60 %DRC 100 กรัม ลงใน Reaction kettle 250 ml กวนด้วยความเร็วรอบ 300 รอบ/นาที ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส โดยทำปฏิกิริยาภายใต้สถานะไนโตรเจน แล้วหยดสาร N-carbamylmaleimide 2.3 กรัม ซึ่งละลายใน N,N-Dimethylformamide ปริมาตร 4 ml อย่างช้าๆ กวนเป็นเวลา 15 นาที แล้วหยด Hydrogen peroxide 1 ml อย่างช้าๆ จากนั้นปล่อยให้ปฏิกิริยาดำเนินต่อไปเป็นเวลา 1 ชั่วโมง นำมาจับก้อนด้วย Methanol แล้วนำมาอบที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง นำไปละลายในโทลูอีนแล้วจับก้อน ด้วย Methanol แล้วอบให้แห้งอีกครั้งหนึ่งแล้วนำไปวิเคราะห์โครงสร้างด้วยเทคนิค FT-IR

4.2.2 ปฏิกิริยาการกราฟต์ยางธรรมชาติกับสาร N-carbamylmaleimide ที่ความเข้มข้น ต่างๆ คือ 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 phr ในสถานะน้ำยาง 60 %DRC

ดำเนินการปฏิกิริยาเหมือนข้อ 4.2.1.

4.2.3 ปฏิบัติการกราฟต์อย่างธรรมชาติกับสาร N-carbamylmaleimide 2.3 phr ในสถานะ น้ำยาง 60 %DRC โดยใช้ตัวริเริ่ม Cumene hydroperoxide และ Dicumyl peroxide

ดำเนินการปฏิกิริยาเหมือนข้อ 4.2.1 เมื่อใช้ Cumene hydroperoxide หรือ Dicumyl peroxide ให้
เติม Tetraethylene pentamine 0.4 กรัม ตามลงไปด้วย

4.3 การเตรียมสารเคมี

4.3.1 สบู่โพแทสเซียมโอเลเอต เข้มข้น 20% w/w สูตรที่ใช้ในการเตรียม คือ

ชนิดของสารเคมี	ปริมาณสารเคมีที่ใช้โดยน้ำหนักเป็นกรัม
ส่วนที่ 1	
Oleic acid	282
น้ำกลั่น	1356
ส่วนที่ 2	
Potassium hydroxide (KOH)	66
น้ำกลั่น	130

นำส่วนที่ 1 ไปอุ่นที่อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส จากนั้นนำส่วนที่ 2 ลงไปในส่วนที่ 1 กวน
และให้ความร้อนต่อไปอีก 1 ชั่วโมง สบู่โพแทสเซียมโอเลเอต เข้มข้น 20% w/w มีค่า pH เท่ากับ 8.4

4.3.2 ไตรเอทิลีนเตตระเอมีน เตรียมในรูปของสารละลายที่มีความเข้มข้น 10% w/w สูตรที่ ใช้ในการเตรียม คือ

ชนิดของสารเคมี	ปริมาณสารเคมีที่ใช้โดยน้ำหนักเป็นกรัม
Triethylene tetramine, TETA	10
น้ำกลั่น	90

นำสารเคมีที่ชั่งตามสูตรแล้วกวนผสมกัน

4.3.3 สารวัลคาไนซ์ เตรียมในรูปแขวนลอยที่มีความเข้มข้น 50% w/w

สูตรที่ใช้ในการเตรียม คือ

ชนิดของสารเคมี	ปริมาณสารเคมีที่ใช้โดยน้ำหนักเป็นกรัม
Sulphur	250
Zinc-N-diethyl dithiocarbamate, ZDEC	100
Zinc-2-mercaptobenzothiazole, ZMBT	100
Vultamol	10
Bentonite	10
น้ำกลั่น	430

ทำการบดผสมด้วยเครื่องบดผสมสารเคมี (Ball mills) เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

4.3.4 โซเดียมซัลโฟลูปอไรต์ เตรียมในรูปแขวนลอยที่มีความเข้มข้น 50% w/w เมื่อ นำมาใช้ให้ทำการเจือจางด้วยน้ำจนกระทั่งมีความเข้มข้น 10% w/w สูตรที่ใช้ในการเตรียม คือ

ชนิดของสารเคมี	ปริมาณสารเคมีที่ใช้โดยน้ำหนักเป็นกรัม
Sodium silicofluoride,SSF	50
Bentonite Clay	2
น้ำกลั่น	48

ทำการบดผสมด้วยเครื่องบดผสมสารเคมี (Ball mills) เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

4.3.5 วิงค์สตัยแอล เตรียมในรูปแขวนลอยที่มีความเข้มข้น 50% w/w

สูตรที่ใช้ในการเตรียม คือ

ชนิดของสารเคมี	ปริมาณสารเคมีที่ใช้โดยน้ำหนักเป็นกรัม
Lovinox CPL	50
Bentonite Clay	1
Vultamol	1
น้ำกลั่น	48

ทำการบดผสมด้วยเครื่องบดผสมสารเคมี (Ball mills) เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

4.3.6 ซิงค์ออกไซด์ เตรียมในรูปแขวนลอยที่มีความเข้มข้น 50% w/w

สูตรที่ใช้ในการเตรียม คือ

ชนิดของสารเคมี	ปริมาณสารเคมีที่ใช้โดยน้ำหนักเป็นกรัม
Zinc Oxide, ZnO	50
Bentonite Clay	1
Vultamol	1
น้ำกลั่น	48

ทำการบดผสมด้วยเครื่องบดผสมสารเคมี (Ball mills) เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

4.4 การศึกษาการรักษาสภาพน้ำยางกราฟต์

นำน้ำยางกราฟต์ที่ได้จากการทำปฏิกิริยาข้อ 4.2 นำมาเก็บในภาชนะพลาสติกที่ปิด และนำมาวัดค่า pH ทุกๆ 6 ชั่วโมง และบันทึกผลที่ได้ เป็นตาราง เริ่มจาก 6 ชั่วโมงแรก ถึง 120 ชั่วโมง

4.5 การศึกษาการเตรียมฟองน้ำจากน้ำยางธรรมชาติและน้ำยางธรรมชาติที่กราฟต์กับสาร N-carbamylmaleimide

การเตรียมฟองน้ำจะใช้กระบวนการของดันลอย โดยจะนำน้ำยางธรรมชาติ หรือน้ำยางกราฟต์บ่มกับ 20% K-Oleate, 50% Vulcanizing agent และ 50% Wingstay L เป็นเวลา 6 ชั่วโมง จากนั้นนำมาทวนกับเครื่องตีฟองโดยใช้ความเร็วต่ำ ความเร็วปานกลาง และความเร็วสูง ครั้งละ 1 นาที จากนั้นทวนด้วยความเร็วต่ำ 1 นาที เติม 10% TETA ทวนต่อไปอีก 1 นาที ใส่ 50% ZnO แล้วทวนไปอีก 1 นาที จากนั้นเติม 50% SSF (เจือจางเหลือ 10 %) ทวนต่อไปอีก 1 นาที เมื่อได้เนื้อฟองน้ำแล้วเทใส่เบ้า จับเวลาเจล แล้วนำไปอบไอน้ำ 1 ชั่วโมง เมื่อฟองน้ำสุกก็นำมาแกะและล้างสารเคมีที่

4.6 ทดสอบสมบัติของฟองน้ำ

4.6.1 สมบัติการแปรรูปของฟองน้ำ

เวลาการเจล

การทดสอบสมบัติการเจลเป็นการสังเกตลักษณะพฤติกรรมของการเจล คือการสังเกตความสม่ำเสมอของฟองน้ำขณะเจล และความเสถียรของฟองน้ำ รวมทั้งระยะเวลาการเจล โดยการใช้แท่งแก้วแตะสัมผัสกับผิวของฟองยางแล้วบันทึกเวลาที่ผิวของฟองยางไม่เหนียวติดแท่งแก้ว โดยบันทึกระยะเวลาเป็นนาที

4.6.2 การทดสอบสมบัติทางกายภาพของฟองน้ำ

● การทดสอบความหนาแน่น (Density)

การทดสอบอ้างอิงมาตรฐาน มอก. 173-2529 มีวิธีการทดสอบดังนี้ ตัดฟองน้ำเป็นรูปทรงสี่เหลี่ยม ความกว้าง x ความยาว x ความสูง เท่ากับ 30x 30x30 มิลลิเมตร จากนั้นนำไปชั่งน้ำหนักด้วยเครื่องชั่งละเอียด 4 ตำแหน่ง สูตรที่ใช้ในการคำนวณความหนาแน่นตามสมการ

$$D \text{ (Density)} = M / V \quad (\text{g/cm}^3)$$

โดยที่

$$D = \text{ความหนาแน่นของฟองน้ำ} \quad (\text{g/cm}^3)$$

$$M = \text{น้ำหนักของชิ้นทดสอบ} \quad (\text{g})$$

$$V = \text{ปริมาตรของชิ้นทดสอบ} \quad (\text{cm}^3)$$

● การทดสอบค่าการยุบตัวเนื่องจากการอัด (Compression set)

โดยใช้มาตรฐานในการทดสอบ คือ มอก. 173-2529 มีวิธีการทดสอบดังนี้ ชิ้นทดสอบต้องมีความหนาสม่ำเสมอ ความกว้าง x ความยาว x ความสูง เท่ากับ 50 +/-1 x 50 +/-1 x 25 +/-1 มิลลิเมตร นำฟองน้ำวางลงใต้แผ่นอัด กดให้ยุบตัว 50% ของความสูงเดิม โดยใช้แท่งเหล็กที่มีความสูง 50% ของความสูงควบคุมความหนาของชิ้นทดสอบให้คงที่ จากนั้นนำไปอบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 22 ชั่วโมง เมื่อครบตามกำหนดเวลาแล้วนำออกจากตู้อบแกะเอาแผ่นอัดออก วางทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 30 นาที แล้วนำฟองน้ำมาวัดความสูง สูตรการคำนวณค่าการยุบตัวเนื่องจากแรงอัด แสดงได้ดังสมการ

$$\text{Compression set} = (t_0 - t) / t_0 \times 100 \quad (\%)$$

โดยที่

$$t_0 = \text{ความสูงก่อนการทดสอบ} \quad (\text{mm})$$

$$t = \text{ความสูงหลังการทดสอบ} \quad (\text{mm})$$

- เปอร์เซ็นต์การหดตัวของฟองน้ำ (Shrinkage)

เปอร์เซ็นต์การหดตัวของฟองน้ำ ทดสอบโดยการวัดเส้นรอบวงของเบ้าและของฟองน้ำ หลังวัดคาโนซ์ใช้สูตรในการคำนวณดังนี้

$$\begin{aligned} \text{การหดตัว} &= (L_m - L) / L_m \times 100 & (\%) \\ \text{โดยที่} \quad L_m &= \text{ความยาวของเส้นรอบวงของเบ้า} & (\text{mm}) \\ L &= \text{ความยาวของเส้นรอบวงของฟองน้ำ} & (\text{mm}) \end{aligned}$$

- เปอร์เซ็นต์การยุบตัวของฟองน้ำ

เปอร์เซ็นต์การยุบตัว ทดสอบโดยการวัดความสูงของเบ้าและความสูงของฟองน้ำ หลังวัดคาโนซ์ ที่ตำแหน่งกึ่งกลางของฟองน้ำ ใช้สูตรในการคำนวณดังสมการ 5.4

$$\begin{aligned} \text{การยุบตัว} &= (H_m - H) / H_m \times 100 & (\%) \\ \text{โดยที่} \quad H_m &= \text{ความสูงของเบ้า} & (\text{mm}) \\ H &= \text{ความสูงของฟองน้ำ} & (\text{mm}) \end{aligned}$$

4.6.3 ทดสอบสมบัติการต้านเชื้อรา

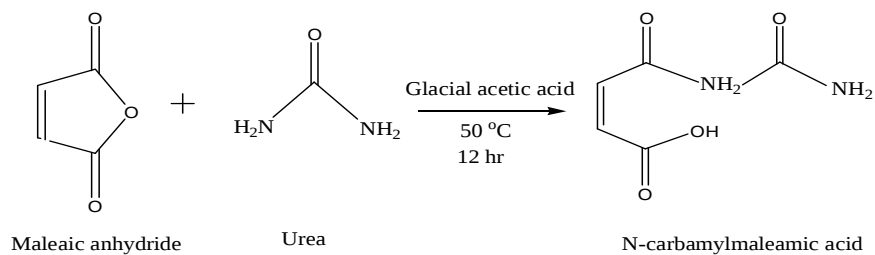
นำผลิตภัณฑ์มาตัดให้ได้ขนาดที่มีความกว้าง x ความยาว x ความสูง เท่ากับ 50x50x10 มิลลิเมตร จากนั้นนำไปวางในจานเลี้ยงเชื้อ และเขี่ยเชื้อราจากแผ่นยาง ทำการบ่มที่สภาวะควบคุมที่ 30 องศาเซลเซียส และมีความชื้นสม่ำเสมอเป็นเวลา 20 วัน แล้วสังเกตการเปลี่ยนแปลง

5 ผลการวิจัย

5.1 การเตรียมสารมาลิไมด์

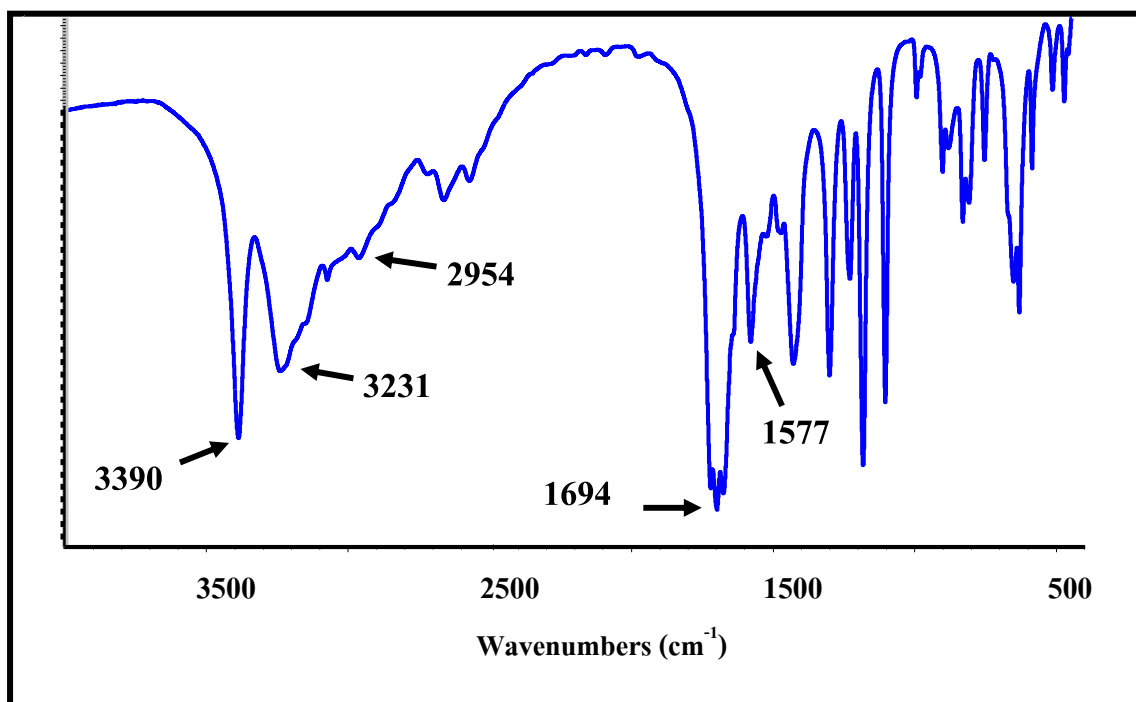
5.1.1 การสังเคราะห์สาร N-carbamylmaleamic acid

การเตรียมสารตั้งต้นในการสังเคราะห์สารต้านเชื้อรา อันดับแรกคือการเตรียมสาร N-carbamylmaleamic acid จากการทำปฏิกิริยาการควบแน่นระหว่างมาเลอิก แอนไฮไดรด์ กับยูเรีย โดยใช้ Glacial acetic acid เป็นตัวทำละลาย ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 ชั่วโมง โดยผลิตภัณฑ์ที่ได้มีลักษณะเป็นผงแป้งสีขาว ทดสอบจุดหลอมเหลวอยู่ในช่วง 159-161 องศาเซลเซียส



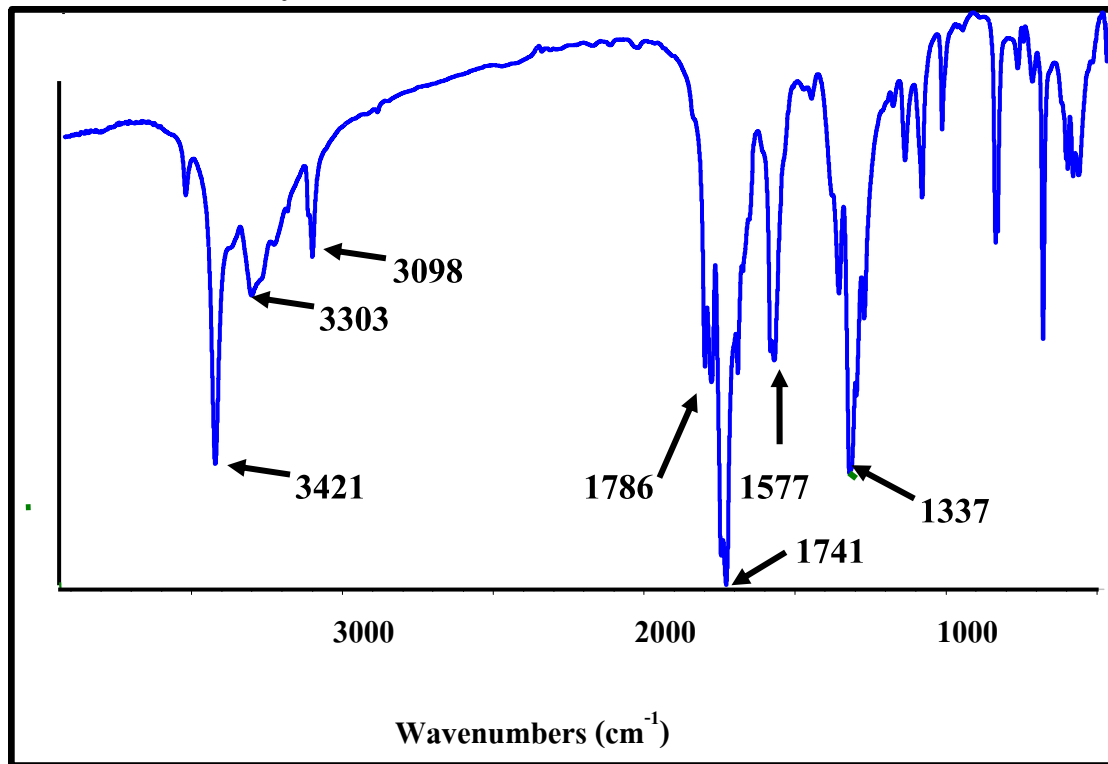
รูปที่ 5.1 ปฏิกริยาการเตรียม N-carbamylmaleamic acid

จากการทดลองทำปฏิกิริยา 2 ชั่วโมงเพื่อต้องการให้สารที่ได้จากการทำปฏิกิริยาในครั้งแรกไปกระตุ้นให้การทำปฏิกิริยารั้งที่ 2 เกิดได้ดีขึ้น ทำให้ได้ผลร้อยละเพิ่มจากเดิมมากขึ้น ที่เวลา 4 ชั่วโมงขึ้นไปก็เกิดการกวนยาก เพราะสารละลายมีความหนืดเพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นปัญหาในการทดลองนี้ การคำนวณร้อยละผลิตผลของการเตรียม N-carbamylmaleamic acid ครั้งที่ 1 ได้ผลิตผล 54 % (เมื่อเทียบกับปริมาณที่ควรจะได้ตามทฤษฎี) และ ครั้งที่ 2 ได้ผลิตผล 94 % ซึ่งได้ผลที่สอดคล้องกับการทดลองของTawney ที่พบว่า ปฏิกริยาดังกล่าวเป็นปฏิกิริยาที่สามารถเร่งด้วยตัวเอง (Tawney et.al.,1960) เมื่อตรวจสอบสูตรโครงสร้างทดสอบด้วยอินฟราเรดสเปกโตรสโกปีจะได้อินฟราเรดสเปกตรัม ดังรูปที่ 5.2



รูปที่ 5.2 อินฟราเรดสเปกตรัมของสาร N-carbamylmaleamic acid

การเตรียม N-carbamylmaleimide ได้ผลิตผล 58 % (เมื่อเทียบกับปริมาณที่ควรจะได้ตามทฤษฎี) เมื่อตรวจสอบสูตรโครงสร้าง ด้วยเทคนิคอินฟราเรดสเปกโตรสโกปีปรากฏว่าได้อินฟราเรดสเปกตรัมดังรูปที่ 5.4



รูปที่ 5.4 อินฟราเรดสเปกตรัมของสาร N-carbamylmaleimide

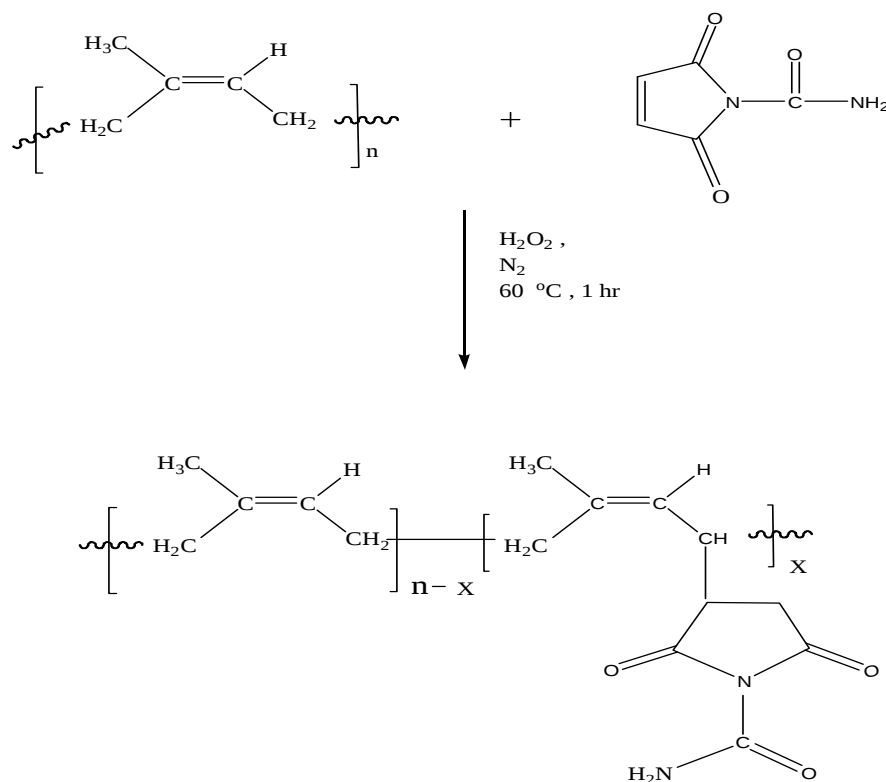
ตารางที่ 5.2 แถบการดูดกลืนรังสีอินฟราเรดและหมู่ฟังก์ชันของการดูดกลืนรังสีอินฟราเรดของสาร N-carbamylmaleimide

เลขคลื่น (cm^{-1})	ชนิดของการดูดกลืน
3421	การยืดของพันธะ N-H ของหมู่เอไมด์
3303	การยืดของพันธะ N-H ของหมู่เอไมด์
3098	การยืดของพันธะ C=C-H ของหมู่เอไมด์
1786, 1741	การยืดของพันธะ C=O ของหมู่มาลอิไมด์
1577	การงอของพันธะ N-H ของหมู่ RCONHR
1337	การยืดของพันธะ C-N ของหมู่มาลอิไมด์

จากรูปที่ 5.4 และตารางที่ 5.2 จะเห็นว่าสารที่สังเคราะห์ได้นั้น เมื่อนำไปวิเคราะห์ด้วยรังสีอินฟราเรด ได้พิก 3421 และ 3303 cm^{-1} เป็นเลขคลื่นที่แสดงถึงการดูดกลืนรังสีอินฟราเรดที่ทำให้เกิดการยืดของพันธะ N-H ของหมู่เอไมด์ และพิก 1786 และ 1741 cm^{-1} เป็นเลขคลื่นที่แสดงถึง

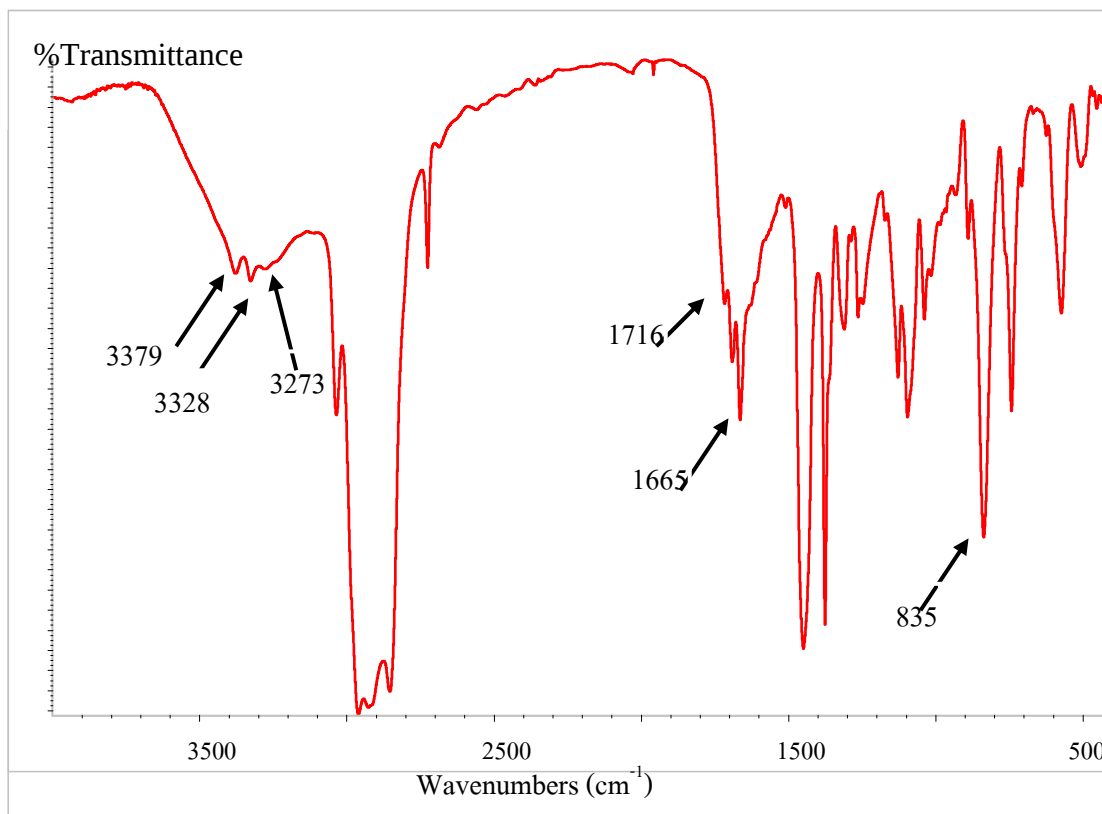
5.2 การเตรียมยางธรรมชาติกราฟต์กับสาร N-carbamylmaleimide ในสถานะน้ำยาง 60% DRC

การนำน้ำยาง 60% DRC มาเตรียมยางด้านเชื้อราโดยการผ่านปฏิกิริยากราฟต์พอลิเมอร์ไรเซชันกับสาร N-carbamylmaleimide ได้โดยทำปฏิกิริยาที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 1 ชั่วโมง และมีการแปรปริมาณของสาร N-carbamylmaleimide เพิ่มขึ้นคือ 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 และ 2.3 phr โดยมีตัวริเริ่ม Hydrogen peroxide, Cumene hydroperoxide หรือ Dicumyl peroxide ซึ่งเมื่อใช้ Cumene hydroperoxide หรือ Dicumyl peroxide จะใช้ร่วมกับ Tetraethylenepentamine (TEPA) ซึ่งปฏิกิริยาที่เป็นไปได้แสดงได้ดังรูปที่ 5.5



รูปที่ 5.5 ปฏิกิริยาการกราฟต์ของสาร N-carbamylmaleimide กับยางธรรมชาติในสถานะน้ำยาง 60% DRC

5.2.1 ศึกษาปฏิกิริยาการกราฟต์ของสาร N-carbamylmaleimide 2.3 phr บนโมเลกุลยางธรรมชาติในสถานะน้ำยาง



รูปที่ 5.6 อินฟราเรดสเปกตรัมของการทำปฏิกิริยาระหว่างยางธรรมชาติกับสาร

N- carbamylmaleimide 2.3 phr ในสถานะน้ำยาง

ตารางที่ 5.3 แถบการดูดกลืนรังสีอินฟราเรดและหมู่ฟังก์ชันของการดูดกลืนรังสีอินฟราเรดของการทำปฏิกิริยาระหว่างยางธรรมชาติกับสาร N-carbamylmaleimide 2.3 phr ในสถานะน้ำยาง

เลขคลื่น (cm^{-1})	ชนิดของการดูดกลืน
3379, 3328	การยืดของพันธะ N-H ของหมู่มาลิอิมิด์
3273	การยืดของพันธะ N-H ของโปรตีนยางธรรมชาติ
1716	การยืดของพันธะ C=O ของหมู่มาลิอิมิด์
1665	การยืดของพันธะ C=C ของยางธรรมชาติ
835	การงอของพันธะ C=C-H ของยางธรรมชาติ

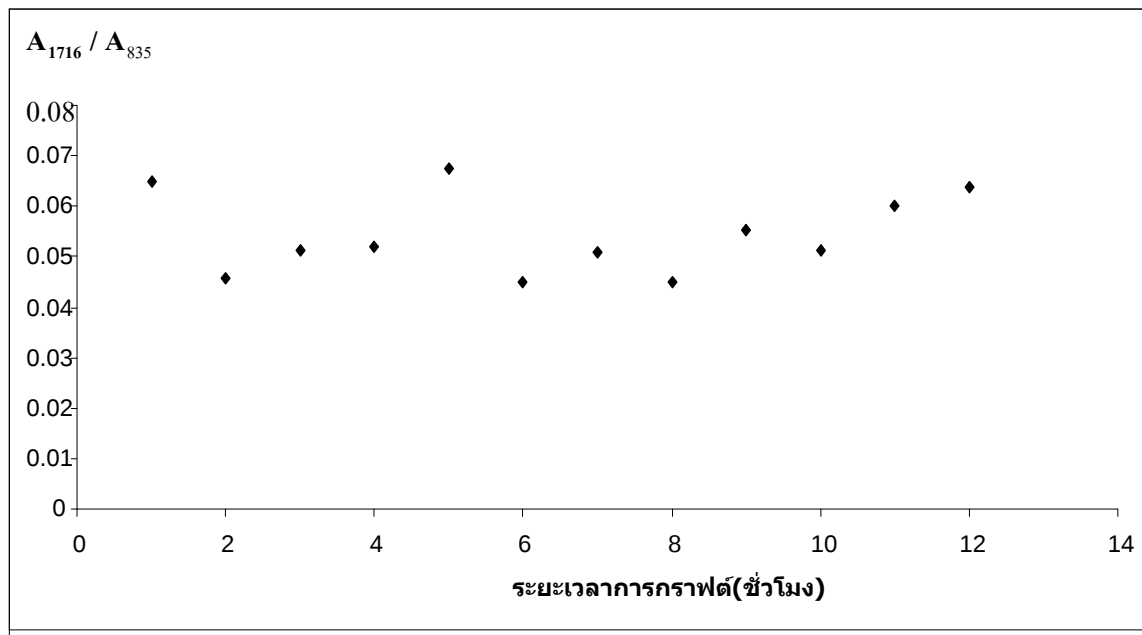
จากรูปที่ 5.6 และตารางที่ 5.3 เมื่อตรวจสอบโครงสร้างด้วยเทคนิคอินฟราเรดสเปกโตรสโกปีจะได้พีคที่ 3379 และ 3328 cm^{-1} แสดงการดูดกลืนรังสีอินฟราเรดที่ทำให้เกิดการยืดของพันธะ N-H ของหมู่มาลิไมด์ และพีคที่ 1716 และ 835 cm^{-1} แสดงการดูดกลืนรังสีอินฟราเรดที่ทำให้เกิดการยืดของพันธะ C=O ของหมู่มาลิไมด์ และการงอของพันธะ C=C-H ของยางธรรมชาติ ดังนั้นน้ำยางที่เตรียมได้มีสายโซ่โมเลกุลที่เกิดพันธะกับสาร N-carbamylmaleimide

5.2.2 ศึกษาผลของระยะเวลาในการทำปฏิกิริยากราฟต์ N-carbamylmaleimide บนโมเลกุลของยางธรรมชาติใสภาวะน้ำยาง

จะใช้ค่า Absorbance ratio เป็นค่าเปรียบเทียบปริมาณการกราฟต์ของ N-carbamylmaleimide บน โมเลกุลของยางธรรมชาติ ดังข้อมูลจากตารางที่ 5.4 และรูปที่ 5.7

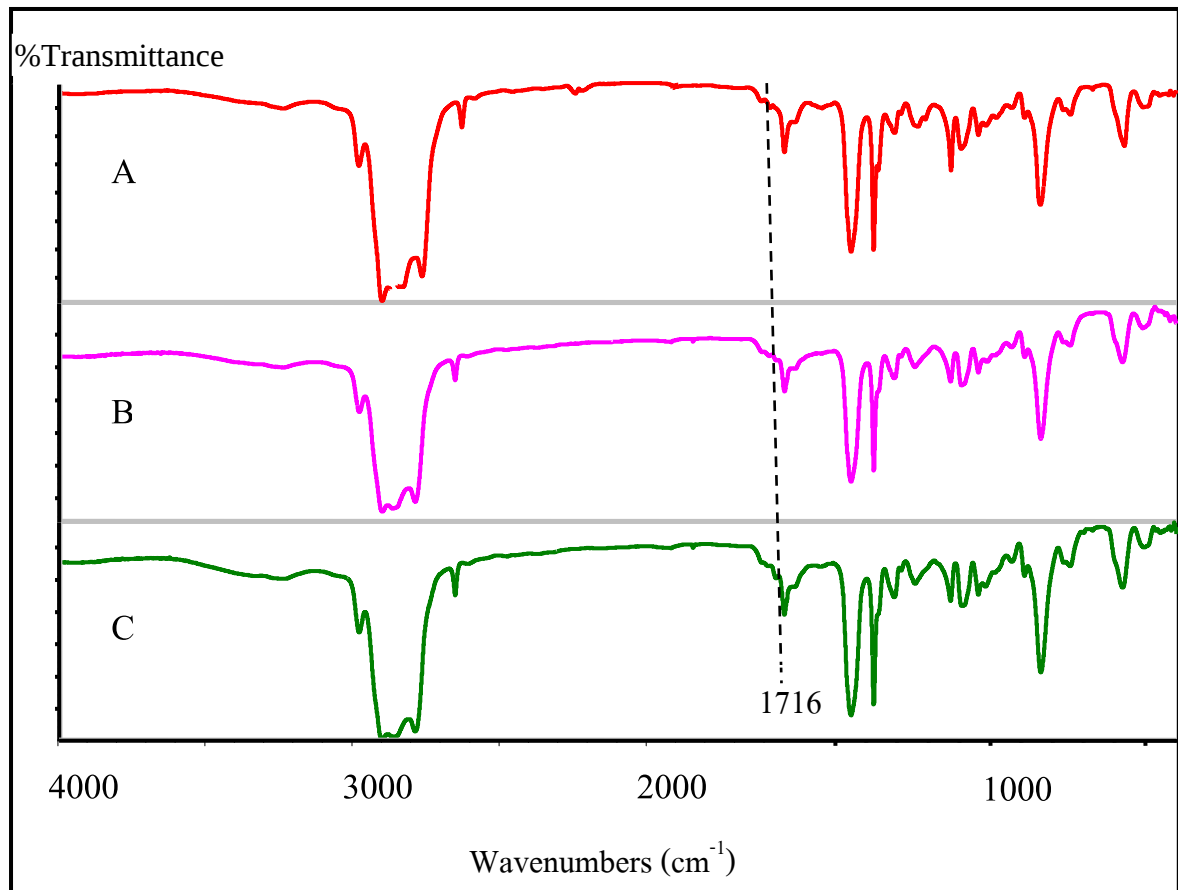
ตารางที่ 5.4 ค่า Absorbance ratio ของหมู่ C=O stretching ของหมู่มาลิไมด์ที่เลขคลื่นที่ 1716 cm^{-1} กับหมู่ C-H bending ที่เกาะอยู่กับหมู่ C=C ของยางธรรมชาติที่เลขคลื่น ที่ 835 cm^{-1} ที่เวลาต่างๆ โดยใช้ Hydrogen peroxide เป็นตัวริเริ่ม

ระยะเวลาการกราฟต์(ชั่วโมง)	ค่า Absorbance ratio
1	0.0648
2	0.0456
3	0.0514
4	0.0521
5	0.0673
6	0.0450
7	0.0507
8	0.0451
9	0.0552
10	0.0514
11	0.0600
12	0.0636



รูปที่ 5.7 กราฟแสดงค่า Absorbance ratio ของหมู่ C=O stretching ของหมู่มาลีไมด์ (1716 cm^{-1}) กับ หมู่ C-H bending ที่เกาะอยู่กับหมู่ C=C ของยางธรรมชาติ (835 cm^{-1}) ที่กราฟต์ด้วย N-carbamylmaleimide ที่เวลาต่างๆ โดยใช้ Hydrogen peroxide เป็นตัวริเริ่ม

จากรูปที่ 5.7 จะเห็นว่าค่า Absorbance ratio ในช่วงเวลาระหว่าง 1 ชั่วโมง จนถึง 12 ชั่วโมง หลังจากทำปฏิกิริยาการกราฟต์มีค่าใกล้เคียงกัน ซึ่งสามารถสรุปได้ว่าภายในเวลา 1 ชั่วโมง สาร N-carbamylmaleimide สามารถทำปฏิกิริยาการกราฟต์บนยางธรรมชาติได้สมบูรณ์แล้ว ค่า Absorbance ratio จึงไม่เพิ่มขึ้นถึงแม้จะใช้เวลานานขึ้น

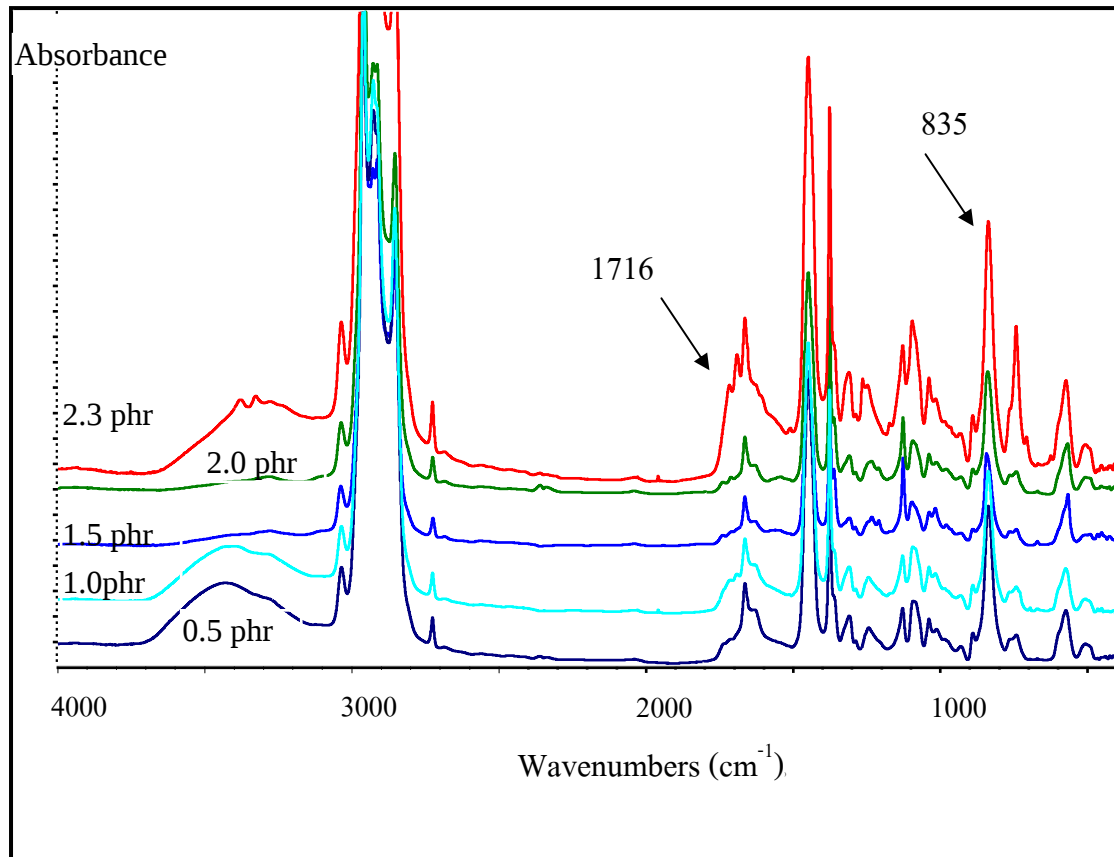


รูปที่ 5.8 อินฟราเรดสเปกตรัมของยางธรรมชาติกราฟต์ด้วยสาร N-carbamylmaleimide 2.3 phr โดยใช้ตัวริเริ่ม A = Hydrogen peroxide ,B = Cumene hydroperoxide + TEPA , C = Dicumyl peroxide + TEPA

จากรูปที่ 5.8 จะเห็นว่าเมื่อใช้ตัวริเริ่มชนิดต่างๆ สามารถปรากฏพีคที่ 1716 cm⁻¹ แสดงว่าการใช้ตัวริเริ่มทั้ง 3 ชนิดสามารถกราฟต์สาร N-carbamylmaleimide ติดบนโมเลกุลของยางธรรมชาติได้ แต่ในที่นี้จะเลือกใช้ Hydrogen peroxide เนื่องจากเมื่อทำปฏิกิริยาแล้ว Hydrogen peroxide ส่วนที่ไม่ได้ทำปฏิกิริยาจะสลายตัวได้เป็น ก๊าซออกซิเจนและน้ำจึงไม่มีสารตกค้างดังสมควร

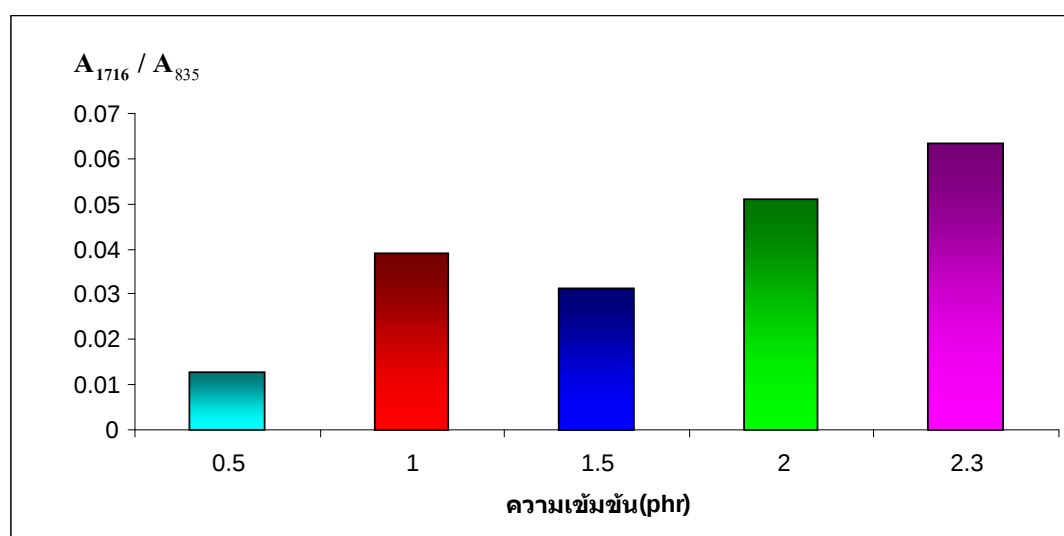


5.2.3 ศึกษาผลของปริมาณสาร N-carbamylmaleimide ที่กราฟต์บนโมเลกุลยางธรรมชาติที่สถานะน้ำยาง



รูปที่ 5.9 แสดงอินฟราเรดสเปกตรัมของการกราฟต์ยางธรรมชาติด้วยสาร

N-carbamylmaleimide ปริมาณ 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 และ 2.3 phr



รูปที่ 5.10 เปรียบเทียบค่า Absorbance ratio (A_{1716} / A_{835})ของการกราฟต์ยางธรรมชาติด้วยสาร N - carbamylmaleimide ที่ปริมาณต่างๆ

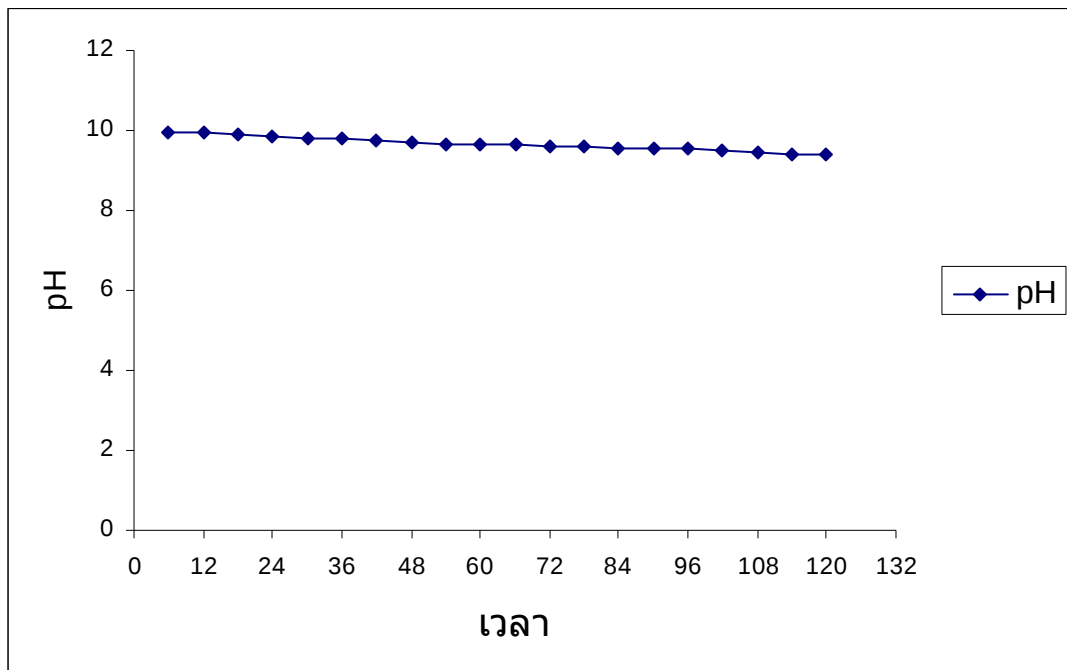
จากรูปที่ 5.9 และ 5.10 จะเห็นว่าที่ตำแหน่ง 1716 cm^{-1} พีคจะสูงขึ้นเมื่อมีการเพิ่มปริมาณของสาร N-carbamylmaleimide และเช่นเดียวกันกับค่า Absorbance ratio เพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณของสาร N-carbamylmaleimide เพิ่มขึ้น ดังนั้นเมื่อเพิ่มปริมาณของสาร N-carbamylmaleimide จะมีผลทำให้การทำปฏิกิริยาการกราฟต์กับยางธรรมชาติเพิ่มมากขึ้น

5.3 ผลการศึกษาการรักษาสภาพน้ำยางกราฟต์

จากการทดลองการรักษาสภาพน้ำยางกราฟต์จากข้อที่ 4.4 แสดงให้เห็นการเปลี่ยนแปลงค่า pH ทุกๆ 6 ชั่วโมง ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 5.5 ค่า pH ที่เวลาต่างๆ ในระหว่างการเก็บรักษาสภาพน้ำยางกราฟต์

เวลา	6	12	18	24	30	36	42	48	54	60
pH	9.97	9.94	9.9	9.85	9.82	9.79	9.75	9.72	9.66	9.64
เวลา	66	72	78	84	90	96	102	108	114	120
pH	9.63	9.61	9.59	9.57	9.55	9.53	9.5	9.45	9.42	9.38



รูปที่ 5.11 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงของ pH กับ เวลา ของน้ำยางกราฟต์ในระหว่างการเก็บรักษาสภาพ

จากการทดสอบการรักษาสภาพน้ำยางกราฟต์ โดยการวัดค่า pH เมื่อเวลาผ่านไปทุกๆ 6 ชั่วโมง ดังตารางที่ 5.5 และรูปที่ 5.11 ผลปรากฏให้เห็นว่าค่า pH ที่ได้ มีค่าที่ลดลงเล็กน้อย และภายในเวลา 120 ชั่วโมงยังสามารถรักษาสภาพน้ำยางให้เหมือนเดิม แม้ค่า pH ลดลงจาก 9.97 ถึง 9.38 ก็ยังดีฟองน้ำได้ และได้ลักษณะของฟองน้ำเหมือนเดิม ทั้งนี้เนื่องจากน้ำยางกราฟต์สามารถอยู่ใน

5.4 ผลการศึกษาสมบัติของฟองน้ำ

5.4.1. ผลการศึกษาสมบัติทางกายภาพของฟองน้ำ

จากการทดลองเพื่อศึกษาสมบัติทางกายภาพตามข้อที่ 4.6.1 และ 4.6.2 ได้ผลดังตารางที่ 5.6

ตารางที่ 5.6 เวลาการเจลและสมบัติทางกายภาพของฟองน้ำที่กราฟต์ด้วยสาร N-carbamylmaleimide

N-carbamylmaleimide (phr)	เวลาการเจล (นาท)	ความหนาแน่น (g/cm ³)	%การหดตัว	%การยุบตัว	%การยุบตัว เนื่อง จากการอัด
0	4	0.0161	4.16	8.00	8
0.5	4	0.0169	5.83	8.89	8
1.0	4	0.0176	5.99	10.33	12
1.5	4	0.0179	6.12	11.12	12
2.0	4	0.0180	8.92	13.00	12
2.3	4	0.0180	9.16	13.25	12

จากตารางที่ 5.6 จะเห็นว่าฟองน้ำยางด้านเชื้อราและฟองน้ำยางธรรมชาติที่เตรียมได้มีเวลาการเจลเท่ากัน และสมบัติทางกายภาพของฟองน้ำยางด้านเชื้อรามีค่ามากกว่าของฟองน้ำยางธรรมชาติเล็กน้อยตามปริมาณของสาร N-carbamylmaleimide

5.4.2. ผลการศึกษาสมบัติการต้านเชื้อราของฟองน้ำ NR-g-N-carbamylmaleimide

เมื่อนำเชื้อรามาเขียนบนฟองน้ำที่ไม่มีสารต้านเชื้อราและที่มีสารต้านเชื้อรา แล้วปล่อยให้ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 20 วัน ได้ผลดังนี้



(1)



(2)

รูปที่ 5.12 เปรียบเทียบระหว่างฟองน้ำที่ไม่มีสารต้านเชื้อรา หมายเลข 1 คือฟองน้ำทำการเจียเชื้อราลงไปเป็นเวลา 1 วัน หมายเลข 2 คือ ฟองน้ำที่ทำการเจียเชื้อราลงไปเป็นระยะเวลา 20 วัน



(1)



(2)

รูปที่ 5.13 เปรียบเทียบระหว่างฟองน้ำที่เตรียมจากยางธรรมชาติกราฟต์ด้วยสาร N-carbamylmaleimide 0.5 phr หมายเลข 1 คือฟองน้ำที่ทำการเจียเชื้อราลงไปเป็นเวลา 1 วัน หมายเลข 2 คือ ฟองน้ำต้านเชื้อราที่ทำการเจียเชื้อราลงไปเป็นเวลา 20 วัน

หลังจากทดสอบสมบัติการต้านเชื้อรา พบว่าฟองน้ำที่ไม่มีสารต้านเชื้อรา จะมีการเจริญเติบโตของเชื้อราบนฟองน้ำดังรูปที่ 5.12 (2) เมื่อเทียบกับก่อนการทดสอบดังรูปที่ 5.12 (1) ส่วนฟองน้ำที่มีการกราฟต์ด้วยสาร N-carbamylmaleimide 0.5 phr จะเห็นว่าลักษณะก่อนการทดสอบดังรูปที่ 5.13(1) กับหลังทดสอบเหมือนกัน ดังนั้นจากการทดสอบพบว่า ฟองน้ำที่กราฟต์ด้วยสาร N-carbamylmaleimide เพียงแค่ 0.5 phr มีสมบัติด้านการเจริญเติบโตของเชื้อราได้ดังรูปที่ 5.13(2)

6. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

6.1 สรุปผลการทดลอง

1. สามารถเตรียม N-carbamylmaleamic acid โดยใช้ มาลิกแอซิดไฮไดรด์ กับ ยูเรีย ที่อุณหภูมิ 50 °C ได้ตะกอนละเอียดสีขาว มีจุดหลอมเหลวในช่วง 159-161 °C

2. สามารถเตรียม N-carbamylmaleimide โดยนำ N-carbamylmaleamic acid ไปทำปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสใน Acetic anhydride ที่อุณหภูมิ 90-95 °C จะได้ผลึกสีน้ำตาล มีจุดหลอมเหลวในช่วง 152-156 °C
3. FT-IR Spectrum ของยางธรรมชาติกราฟต์ แสดงพีคที่ 1716 cm^{-1} สามารถยืนยันการกราฟต์ของสาร N-carbamylmaleimide บนโมเลกุลของยางธรรมชาติ
4. สามารถใช้ตัวริเริ่มทั้ง 3 ชนิดได้ คือ Hydrogen peroxide, Cumene hydroperoxide, และ Dicumyl peroxide
5. เมื่อใช้สาร Hydrogen peroxide เป็นตัวริเริ่ม N-carbamylmaleimide สามารถกราฟต์ติดบนโมเลกุลของยางธรรมชาติได้ภายในเวลา 1 ชั่วโมง
6. ฟองน้ำยางธรรมชาติด้านเชื้อราและฟองน้ำยางธรรมชาติที่เตรียมได้มีเวลาการเจลเท่ากัน และสมบัติทางกายภาพของฟองน้ำยางด้านเชื้อรามีค่ามากกว่าของฟองน้ำยางธรรมชาติเล็กน้อยตามปริมาณของสาร N-carbamylmaleimide

6.2 ข้อเสนอแนะ

ควรจะศึกษาการออกสูตรฟองน้ำยางธรรมชาติด้านเชื้อราให้มีสมบัติทางกายภาพตามมาตรฐานของผลิตภัณฑ์ที่ต้องการผลิต

7.เอกสารอ้างอิง

- บุญธรรม นิธิอุทัย. ยางธรรมชาติ ยางสังเคราะห์และคุณสมบัติ ภาควิชาเทคโนโลยียางและพอลิเมอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, 2530.
- แพรวพรรณ ศรีเทพ. การเตรียมสารมาลอิไมด์และยางธรรมชาติที่กราฟต์ด้วยอนุพันธ์มาลอิไมด์ ในสถานะน้ำยาง. การวิจัยหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาเคมีอุตสาหกรรม ภาควิชาวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี, 2548.
- ณรงค์ รุ่งจางกร. การเตรียมฟองน้ำจากน้ำยางธรรมชาติด้านเชื้อรา. การวิจัยหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาเคมีอุตสาหกรรม ภาควิชาวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี, 2549.
- ปารี เลาะวาโย. การศึกษาเชื้อราที่เจริญบนยางแผ่นผึ่งแห้ง. คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา. www.yalor.ac.th (สืบค้นเมื่อ 4 ก.พ. 2551)
- สุรศักดิ์ เทพทอง. อิทธิพลของสารก่อเจลเสริมต่อการหดตัวและสมบัติของฟองน้ำยางธรรมชาติ. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีพอลิเมอร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, 2545.

Blackley, D.C. Polymer Latices Science and Technology. Latex Foam Rubber, Second

- Edition, London, 1997, 3, 229-326.
- Calvert, K.O. Permeability of Gelled Latex Foam. Institute of Rubber Industry. 1962, 38, 64-66.
- Oliveira, P.C., Oliveira. A. M., Garcia. A., Carvalho Zavaglia, J.C., Carvalho Zavaglia, C.A. and Santos, A.M. Modification of natural rubber: A study by ^1H NMR to assess the degree of graftization of polyDMAEMA or polyMMA onto rubber particles under latex form in the presence of a redox couple initiator. Eur. Polym. J., 2005, 41, 1883-1892.
- Na Songkhla, S., Somkieowan, S., Klinpituksa, P., Kasamaan, A. and Waehamad, W. 2005. Preparation of antifungal Natural Rubber. 31st Congress on Science and Technology., Nakornratthasima, Thailand, Oct 18-20, 2005, 258.
- Neale. T. and Fishbein, J. "Foamed Latex Products". GB., Pat 729570, May 11, 1955.
- Tawney, P.O., Snyder, R.H., Bryan, C.E., Conger, R.P., Dovell, F.S., Kelly, R.J., and Stiteler, C.H. The chemistry of maleimide and its derivatives. I. *N*-Carbamylmaleimide. J. Org. Chem., 1960, 25, 56-60.

ภาคผนวก

สรุปข้อคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิต่อโครงการ
“การเตรียมฟองน้ำจากน้ำยางธรรมชาติด้านเชื้อรา” RDG5050059

1. เพิ่มเติมคำสำคัญ (Keyword) ในบทคัดย่อ –abstract ให้สอดคล้องกับผลการทดลองด้วย การที่กล่าวค่าที่ได้มีค่าใกล้เคียงกับฟองน้ำที่เตรียมจากน้ำยางธรรมชาติถูกต้องหรือไม่ 2. วิธีการเตรียมสารต่างๆ รวมทั้งการเตรียมยางฟองน้ำที่ใช้ในโครงการนี้ มีส่วนใดบ้างที่แตกต่างไปจากงานวิจัยที่ได้ review ในส่วนของข้อที่ 3.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง นักวิจัยควรเพิ่มเติมว่าจะทำอะไรที่ต่างไปจากงานที่ได้อ้างอิงบ้าง หรือว่าเป็นการ repeat งานที่มีการทำมาแล้ว 3. หน้า 9 คำว่า “น้ำยางธรรมชาติชั้น” ควรเป็น “น้ำยางชั้น” 4. หน้า 18 การรายงานผลผลิตครั้งที่ 1 และ 2 คือ 54% และ 94% นั้น ต่ออะไร และทำไมจึงต่างกันมาก ควรอธิบายเหตุผล และในหน้าที่ 19 ได้ 58% ต่ออะไร 5. หน้า 24 คำอธิบายรูปที่ 5.7 แสดงว่าหลังจาก 7 ชั่วโมงแล้ว เวลาไม่มีผลต่อปฏิกิริยาการกราฟต์บนยางธรรมชาติใช่หรือไม่ 6. หน้า 25 การกล่าวว่า เลือกใช้ Hydrogen peroxide เนื่องจากเมื่อทำปฏิกิริยาแล้วจะไม่มีสารตกค้าง ดูจากอะไร ควรอธิบายเพิ่มเติม 7. หน้า 27 %การยวบยเนื่องจากการอัดต่างกันอย่างไร ที่หน้า 16 มีคำอธิบายเฉพาะการยวบยเนื่องจากการอัด และให้ตรวจสอบความถูกต้องของเลขที่ตารางด้วย และที่อธิบายนั้น จากผลการทดลองสมบัติทางกายภาพไม่ใกล้เคียงกัน เช่น %การหดตัว %การยวบย ควรสรุปใหม่ 8. หน้า 29 ข้อ 6.2.1 ไม่น่าใช้ข้อเสนอแนะ 9. น้ำยางที่เตรียมได้ และ claim ว่าด้านเชื้อราได้นี้ มีอายุการใช้งานอย่างไร ควรระบุด้วย 10. ตรวจสอบการพิมพ์ด้วย เช่น หน้า 4 บรรทัดที่ 9 ของ “ผลการดำเนินงาน” อ่านแล้วไม่รู้เรื่อง ควรใส่ตัวเต็มของ “DME” และมีการพิมพ์ผิดหลายแห่ง	1. ได้ตรวจสอบและแก้ไขแล้ว 2. เป็นงานวิจัยต่อเนื่อง ส่วนที่แตกต่างคือ 1. การใช้ตัวริเริ่มที่แตกต่าง 2. ศึกษาปัญหาของการกราฟต์สารในปริมาณมาก 3. ศึกษาตัวทำละลายของสารคาร์บามิลมาลิโมลในปฏิกิริยาการกราฟต์ 4. ระยะเวลาที่เหมาะสมสำหรับการกราฟต์ 5. ผลของเก็บรักษาน้ำยาง 3. ได้ตรวจสอบและแก้ไขแล้ว 4. ได้ตรวจสอบและได้อธิบายเพิ่มเติมแล้ว 5. ทำปฏิกิริยาโดยใช้เวลา 1 ชม. เป็นการเพียงพอแล้ว 6. ได้ตรวจสอบและได้อธิบายเพิ่มเติมแล้ว 7. ได้ตรวจสอบและแก้ไขแล้ว 8. ได้ตรวจสอบและแก้ไขแล้ว 9. ได้ตรวจสอบและแก้ไขแล้ว 10. ได้ตรวจสอบและแก้ไขแล้ว
--	--