รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

การประยุกต์ใช้นาโนเทคโนโลยีในการพัฒนาสารทาหน้ายาง คุณสมบัติไม่ชอบน้ำอย่างยิ่งยวดสำหรับการกรีดยาง

Applications of Nanotechnology in the Development of Superhydrophobic-Coating Material for Rubber Tapping

การะเกด เทศศรี

โครงการวิจัยประเภทเงินงบประมาณรายได้
(เงินอุดหนุนจากรัฐบาล) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2561
มหาวิทยาลัยบูรพา

รหัสโครงการ 13234

สัญญาเลขที่ 108/2561

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

การประยุกต์ใช้นาโนเทคโนโลยีในการพัฒนาสารทาหน้ายางคุณสมบัติไม่ชอบน้ำอย่างยิ่งยวดสำหรับการกรีดยาง

Applications of Nanotechnology in the Development of Superhydrophobic-Coating Material for Rubber Tapping

การะเกด เทศศรี

ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์

มหาวิทยาลัยบูรพา

ตุลาคม 2561

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากงบประมาณเงินรายได้ (เงินอุดหนุนจากรัฐบาล) ประจำปีการศึกษา พ.ศ. 2561 มหาวิทยาลัยบูรพา ผ่านสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ เลขที่สัญญา 108/2561

บทคัดย่อ

สังเคราะห์คอลลอยด์นาโนซิลิกา-พอลิไดเมทิลไซลอกเซน (nanoSiO$_2$-PDMS) เพื่อประยุกต์ใช้ป้องกันหน้ากรีดยางพาราเปียกน้ำฝนและโรคเปลือกเน่า อนุภาคนาโนซิลิกาที่มีขนาดต่างๆ สังเคราะห์โดยวิธีโซล-เจล ในตัวกลางผสมเอทานอลและน้ำ ภายใต้สภาวะที่มี NH_4OH เป็นสารเร่งปฏิกิริยา การเตรียมสารเคลือบผิววัสดุที่มีสมบัติไม่ชอบน้ำทำโดยเคลือบผิวอนุภาคนาโนซิลิกาด้วยพอลิเมอร์พอลิไดเมทิลไซลอกเซน ประเมินประสิทธิภาพในการป้องกันการเปียกน้ำของพื้นผิวจากค่ามุมสัมผัสหยดน้ำบนตัวอย่างไม้ สภาวะการเตรียมที่เหมาะสมทำให้ได้ค่ามุมสัมผัสหยดน้ำสูงที่สุด คือ การใช้อัตราส่วน TEOS 1.5 มิลลิลิตร: ETOH 30 มิลลิลิตร: H_2O 20 มิลลิลิตร: NH_4OH 3 มิลลิลิตร: PDMS 0.2 มิลลิลิตร ขนาดอนุภาคเฉลี่ยของซิลิกาเท่ากับ 20.5±4.5 นาโนเมตร การเคลือบผิวทำโดยการฉีดพ่นสารคอลลอยด์อนุภาคนาโนซิลิกาที่เตรียมได้ลงบนไม้ตัวอย่าง จำนวน 3 ครั้ง ทำให้ได้ค่ามุมสัมผัสสูงสุดเท่ากับ 140 สารเคลือบผิวที่เตรียมได้สามารถนำประยุกต์ใช้ป้องกันหน้ายางการเปียกน้ำและการเกิดโรคเปลือกเน่าในการกรีดยางได้อย่างมีประสิทธิภาพ

Abstract

This research focuses on the synthesis of colloidal nanosilica-polydimethylsiloxane (nanoSiO$_2$-PDMS) for an application on protecting rubber wood from rain and bark disease. Colloidal silica nanoparticles were synthesized using the sol-gel method in hydroethanolic media in the presence of NH_4OH as a catalyst. The hydrophobic coating materials were prepared by coating silica surface with PDMS polymer. The performance of protecting the surface from wetting was evaluated from the degree of contact angle. The optimum condition to obtain high contact angle is using the ratio of TEOS 1.5 ml : ETOH 30 ml : H_2O 20 ml: NH_4OH 3 ml : PDMS 0.2 ml. The mean particle size of the obtained silica is 20.5±4.5 nm. With 3 times spray coating of the colloidal nanoparticles on the rubber-wood sample, the maximum contact angle obtained is 140°. The prepared hydrophobic-coating nanomaterial of SiO_2-PDMS can be applied to rubber tree for protecting surface wetting and bark decease with effectiveness.

สารบัญเรื่อง

หน้า

1 บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ..... 1

1.2 วัตถุประสงค์โครงการวิจัย..... 2

1.3 ขอบเขตโครงการวิจัย..... 2

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ..... 3

1.5 หน่วยงานที่นำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์..... 3

1.6 แผนการถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่กลุ่มเป้าหมาย..... 3

2 ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ลักษณะพื้นผิวใบบัว..... 4

2 2 การเปียกและมุมสัมผัส..... 4

2.3 วัสดุนาโน..... 6

2.4 การสังเคราะห์อนุภาคนาโนซิลิกาโดยวิธีโซล-เจล..... 6

2.5 สารเคลือบผิวไม่ชอบน้ำอย่างยิ่งยวด..... 8

2.6 ยางพารา..... 10

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 11

3 วิธีการทดลอง

3.1เครื่องมือ อุปกรณ์ และสารเคมี..... 14

3.2 วิธีดำเนินการวิจัย..... 14

3.2.1 การสังเคราะห์คอลลอยด์นาโนซิลิกา..... 14

3.2.2 การเตรียมสารเคลือบผิวคอลลอยด์นาโนซิลิกา-พอลีไดเมทิลไซลอกเซน..... 15

3.2.3 การศึกษาความสามารถในการแขวนลอยของสารเคลือบผิว..... 15

3.2.4 การศึกษาโครงสร้างและแรงกระทำระหว่างอนุภาคนาโนซิลิกาและ PDMS..... 15

3.2.5 การเคลือบผิวไม้ และการศึกษาสภาวะที่เหมะสมในการเคลือบผิว..... 15

3.2.6 การวิเคราะห์สัณฐานของอนุภาคนาโนซิลิกาที่เคลือบบนผิว..... 15

3.2.7 การวัดค่ามุมสัมผัสระหว่างหยดน้ำกับผิววัตถุ..... 15

3.2.8 การประยุกต์ใช้สารเคลือบผิวไม่ชอบน้ำในสวนยางพารา..... 16

สารบัญเรื่อง (ต่อ)

หน้า

4 ผลการทดลอง

4.1 การสังเคราะห์และกลไกการเกิดปฏิกิริยา..... 17

4.2 ผลของตัวกลางต่อขนาดอนุภาค..... 18

4.3 การพิสูจน์เอกลักษณ์โดยเทคนิคอินฟาเรดสเปกโทรสโกปี..... 20

4.4 สัณฐานของพื้นผิว..... 21

4.5 การวัดค่ามุมสัมผัส..... 22

4.6 ปัจจัยที่มีผลต่อค่ามุมสัมผัส..... 23

4.6.1 ขนาดอนุภาค..... 23

4.6.2 ปริมาณพอลิเมอร์ PDMS..... 25

4.6.3 จำนวนครั้งการเคลือบผิวไม้..... 26

4.7 การศึกษาความสามารถในการยึดเกาะของสารเคลือบผิว..... 26

4.8 ความสามารถในการป้องกันการเปียกของหน้ายาง..... 26

4.9 ผลของสารป้องกันการเปียกน้ำต่อปริมาณน้ำยางพารา..... 29

5 สรุปผลการทดลอง..... 30

รายงานสรุปการเงิน..... 31

บรรณานุกรม..... 32

ประวัตินักวิจัย..... 35

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

4.1 เลขคลื่น และหมู่ฟังก์ชันที่พบของ nanoSiO_2-PDMS..... 20

4.2 ค่ามุมสัมผัสของหยดน้ำที่วิเคราะห์ได้จากอุปกรณ์ประยุกต์และเครื่องวัดค่ามุมสัมผัส..... 23

4.3 ค่ามุมสัมผัสตัวอย่างสารเคลือบผิวที่มีอนุภาคนาโนซิลิกาขนาดต่างๆ กัน..... 24

4.4 ผลของปริมาณ PDMS ต่อค่ามุมสัมผัส..... 25

4.5 ผลของค่ามุมสัมผัสต่อจำนวนครั้งการเคลือบ..... 25

4.6 ค่ามุมสัมผัสของหยดน้ำบนพื้นผิวหลังเคลือบและแช่น้ำที่เวลาต่างๆ..... 26

4.7 น้ำหนักยางพาราที่กรีดได้ จากชุดการทดลองต่างๆ..... 29

สารบัญภาพ

รูปที่ **หน้า**

2.1 (ก) ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด แสดงตุ่มเล็กๆ ขนาดระดับไมโครเมตรบนพื้นผิวใบบัว (ข) ขนเล็กๆ ขนาดระดับนาโนจำนวนมากปกคลุมบนตุ่มของใบบัว..... 4

2.2 ภาพวาดแสดงมุมสัมผัสของหยดน้ำ..... 5

2.3 ภาพมุมสัมผัสของหยดน้ำบน (ก) พื้นผิวชอบน้ำ (ข) พื้นผิวไม่ชอบน้ำ และ (ค) พื้นผิวไม่ชอบน้ำอย่างยิ่งยวด..... 5

2.4 (ก) เครื่องวัดมุมสัมผัส (ข) ตัวอย่างหยดน้ำบนผิววัสดุ..... 6

2.5 โครงสร้างวัสดุพลังงานพื้นผิวต่ำ (ก) Polydimethylsiloxane (ข) Polytetrafluoroethylene (ค) Poly ethylene (ง) Polyfluorinated ethylene propylene..... 9

2.6 ปฏิกิริยาการเตรียมสารเคลือบผิวที่ไม่ชอบน้ำอย่างยิ่งยวด..... 9

2.7 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนของอนุภาคนาโนซิลิกาที่ปรับเปลี่ยนโครงสร้างให้มีสมบัติไม่ชอบน้ำโดยใช้ HDTMS ที่ความเข้มข้นต่างกัน (ก) 0.1% (ข) 0.5% (ค) 1% (ง) 5%..... 10

2.8 ขนาดของอนุภาคนาโนซิลิกาที่เตรียมได้ที่สภาวะต่างๆ (ก) 50 นาโนเมตร (ข) 65 นาโนเมตร (ค) 55 นาโนเมตร (ง) 130 นาโนเมตร..... 12

3.1 ชุดอุปกรณ์ประยุกต์สำหรับถ่ายภาพหยดน้ำบนพื้นผิว..... 16

4.1 การเตรียมอนุภาคนาโนซิลิกาโดยกระบวนการโซล-เจล..... 17

4.2 อนุภาคนาโนซิลิกาแขวนลอยในตัวกลางผสมเอทานอลต่อน้ำที่อัตราส่วนต่างๆ (ก) 4:1 (ข) 3:2 (ค) 2:3 และ (ง) 1:4 หลังตั้งทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง..... 18

4.3 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องผ่านและกราฟการกระจายตัวของขนาดอนุภาคที่อัตราส่วนปริมาตรเอทานอลต่อน้ำต่างๆ กัน (ก) และ (ข) 4:1 (ค) และ (ง) 3:2 (จ) 2:3 และ (ฉ) 1:4..... 19

4.4 FT-IR สเปกตรัมพอลิไดเมทิลไซลอกเซน อนุภาคนาโนซิลิกา และอนุภาคซิลิกา- PDMS..... 20

4.5 แรงกระทำระหว่างพื้นผิวซิลิกาและ PDMS..... 21

4.6 ภาพถ่ายกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (ก) ภาพพื้นผิวไม้ กำลังขยาย 200 เท่า (ข) ภาพถ่ายอนุภาคนาโนซิลิกาเคลือบด้วย nanoSiO_2-PDMS โดยใช้พู่กันทาเคลือบลงบนพื้นผิว (กำลังขยาย 20.00 เท่า) (ค) ภาพถ่ายอนุภาคนาโนซิลิกาเคลือบด้วยวิธีฉีดพ่นลงบนพื้นผิว (กำลังขยาย 20.00 เท่า)..... 21

4.7 การเกิดแรงกระทำระหว่างซิลิกาและ PDMS..... 22

4.8 ก) ชุดอุปกรณ์ประยุกต์สำหรับถ่ายภาพหยดน้ำบนพื้นผิว ข) ภาพหยดน้ำโดยชุดอุปกรณ์ประยุกต์และการวัดค่ามุมสัมผัส..... 22

4.9 ก) ภาพถ่ายเครื่องวัดค่ามุมสัมผัส ข) ภาพถ่ายหยดน้ำจากเครื่องวัดค่ามุมสัมผัส..... 23

สารบัญภาพ(ต่อ)

หน้า

4.10 ภาพแสดงผิวหน้ายางบริเวณที่ผ่านการกรีดแล้ว (ก) ความสูงของหน้ากรีดปัจจุบัน 4 เซนติเมตร ยาว 24 เซนติเมตร (ข) บริเวณที่ทาสารเคลือบ (ค) มุมของการกรีดยาง..... 27
4.11 ภาพถ่ายหน้ายางพาราหลังการกรีดตัวอย่างต้นที่ไม่ได้รับการเคลือบด้วยสารใดหลังการกรีดยาง..... 27
4.12 ภาพถ่ายหน้ายางพาราหลังการที่ฉีดพ่นสารคอลลอยด์ nanoSiO_2 ขนาด 20 นาโนเมตร..... 27
4.13 ภาพถ่ายหน้ายางพาราหลังการที่ฉีดพ่นสารคอลลอยด์ nanoSiO_2-PDMS ปริมาตร PDMS 0.2 มิลลิลิตร..... 28
4.14 ภาพถ่ายหน้ายางพาราหลังการที่ฉีดพ่นสารคอลลอยด์ nanoSiO_2-PDMS ปริมาตร PDMS 0.4 มิลลิลิตร..... 28
4.15 ภาพถ่ายหน้ายางพาราหลังการที่ฉีดพ่นสารคอลลอยด์ nanoSiO_2-PDMS ปริมาตร PDMS 0.8 มิลลิลิตร..... 28

บทที่ 1 บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

ในช่วง 10 ปีที่ผ่านมา วงการอุตสาหกรรมและธุรกิจทั่วโลกเริ่มหันมาสนใจการพัฒนาผลิตภัณฑ์และนวัตกรรมใหม่ๆ จากการเลียนแบบธรรมชาติ โดยเฉพาะคุณสมบัติพิเศษที่พบในพืชและสัตว์ชนิดต่างๆ ประกอบกับการพัฒนาทางนาโนเทคโนโลยี ทำให้มนุษย์สามารถเข้าใจลงลึกไปในระดับโครงสร้างของเซลล์ของสิ่งมีชีวิตต่างๆ เพื่อเป็นแนวทางในการประยุกต์ใช้ในการออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์และนวัตกรรมใหม่ๆ [1] ตัวอย่างที่เห็นได้ชัดคือ การเลียนแบบพื้นผิวไม่ชอบน้ำอย่างยิ่งยวดของใบบัวจากปรากฏการณ์น้ำกลิ้งบนใบบัว (lotus effect) การศึกษาพื้นผิวใบบัวโดยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราด ทำให้ทราบว่าพื้นผิวใบบัวไม่ได้เรียบอย่างที่เห็น แต่ประกอบด้วยโครงสร้างคล้ายหนามที่มีขนาดระดับไมโครเมตร (5-10 ไมโครเมตร) จำนวนมาก โครงสร้างคล้ายหนามเหล่านี้ถูกปกคลุมด้วยโครงสร้างแตกกิ่งแบบละเอียดระดับนาโนเมตร นอกจากนี้หนามเล็กๆ เหล่านี้มีสารลักษณะเป็นไขหรือขี้ผึ้งปกคลุมอยู่ด้านบน การใบบัวมีโครงสร้างขนาดเล็กๆ จำนวนมากที่พื้นผิว ทำให้พื้นผิวร่วมระหว่างของเหลว-ของแข็งมีน้อย การเปียกของพื้นผิวเกิดขึ้นได้ไม่ดี เรียกพื้นผิวลักษณะนี้ว่าพื้นผิวไม่ชอบน้ำ (Hydrophobic surface) [2] จากความรู้ความเข้าใจพื้นผิวใบบัว จึงมีการค้นคว้าวิจัยเพื่อพัฒนาสารเคลือบพื้นผิวที่ให้สมบัติเหมือนผิวใบบัว นำมาพัฒนาเป็นลิตภัณฑ์ที่ใช้งานได้จริงและสามารถพัฒนาสู่นวัตกรรมเชิงพาณิชย์ได้

งานวิจัยนี้สนใจพัฒนาสารเคลือบผิวที่มีสมบัติไม่ชอบน้ำอย่างยิ่งยวด เพื่อป้องกันหน้ากรีดยางเน่าเสีย เนื่องจากในฤดูฝนเกษตรกรสวนยางพารา จะประสบปัญหาไม่สามารถกรีดยางได้หากฝนตก แม้รอให้ฝนหยุดตกแล้ว ก็ยังไม่สามารถกรีดยางได้ทันที เนื่องจากหน้ากรีดเปียกชื้น หากกรีดยางขณะที่หน้ากรีดเปียกชื้น อาจทำให้เกิดเชื้อราและโรคเปลือกเน่าได้ ซึ่งจะทำให้หน้ายางเสียหายเป็นอย่างมาก และหากมีฝนตกลงมาขณะที่น้ำยางยังไหลอยู่ ผลผลิตก็อาจจะเสียหายได้ ปัจจุบันมีการพัฒนาวิจัยอุปกรณ์กันน้ำฝนเพื่อป้องกันฝนให้กับหน้ายางพาราในขณะกรีดยางพารา เช่น เสื้อกันฝนต้นยางพารา ร่มกันฝน หมวกกันฝนหน้ายาง โดยอุปกรณ์กันฝนจะใช้คลุมหน้ากรีดและถ้วยรองน้ำยาง เพื่อให้เกษตรกรสามารถกรีดยางได้ขณะฝนตก หรือหลังฝนหยุดตกทันที แต่ข้อเสียคือ มีต้นทุนที่สูง และอายุการใช้งานต่ำ ไม่ทนต่อสภาพอากาศที่มีลมแรง เกิดการแตกหักเมื่อมีกิ่งไม้ยางหล่นใส่ นอกจากการใช้อุปกรณ์กันฝน ยังมีการใช้สารป้องกันการเกิดโรคเปลือกเน่า โดยใช้สารเคมีทาบริเวณหน้ากรีดยาง เช่น สารไธอาเบนดาโซล ออกซาดิกซิล แมนโคเซ็บ [3] ซึ่งสารเหล่านี้เป็นสารเคมีที่มีอันตรายต่อสิ่งมีชีวิต และไม่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม เมื่อถูกชะล้างไปกับฝนลงสู่พื้นดิน และแหล่งน้ำใต้ดิน

ปัจจุบันมีการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับการสร้างวัสดุที่มีขนาดระดับนาโนเมตร และปรับเปลี่ยนลักษณะพื้นผิวให้มีคุณสมบัติไม่ชอบน้ำอย่างยิ่งยวด จากความรู้เกี่ยวกับวัสดุนาโนและปัญหาของชาวสวนยางพารา ผู้วิจัยสนใจพัฒนาสารเคลือบพื้นผิวที่มีสมบัติไม่ชอบน้ำอย่างยิ่งยวด เพื่อใช้เคลือบผิวหน้ารอยกรีดยางพารา