



รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

ชื่อโครงการวิจัย การเพิ่มประสิทธิภาพผ้าให้มีความหน่วงไฟด้วย
วัสดุประกอบนาโนเพื่อประยุกต์ใช้ในการปฏิบัติงานของผู้พิทักษ์ป่า

ชื่อโครงการวิจัย Enhancing fire retardant properties in
fabrics based nanocomposites for ranger application

รายชื่อคณะผู้วิจัย

นางสาวปิ่นทारीย์ คงสัตย์

นายณัฐพล อาจหาญ

นายกิตติคุณ เชี่ยวสกุล

งานวิจัยนี้ได้รับงบประมาณภายใต้งบประมาณด้านวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม

จากกองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม

ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2565- 2566

สังกัด สำนักป้องกัน ปราบปราม และควบคุมไฟป่า

ส่วนยุทธการด้านป้องกันและปราบปราม

กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช

พ.ศ. 2566

บทสรุปผู้บริหาร

(Executive Summary)

โครงการนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาคุณสมบัติการหน่วงไฟและความไม่ชอบน้ำของผ้าฝ้าย ที่ผ่านการปรับเปลี่ยนพื้นผิวด้วยเทคนิคแอตโมเซลล์าโพลีเมอร์ไรเซชัน โดยใช้ P-monomer และอนุภาคนาโนซิลิกา กระบวนการนี้เป็นการนำนาโนซิลิกาเข้าไปยึดเกาะในรูพรุนของเส้นใยผ้าโดยตรง ส่งผลให้เกิดการหน่วงการติดไฟได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งทำการยืนยันการปรับสภาพพื้นผิวทำด้วยเทคนิคการวิเคราะห์ทางโครงสร้างโมเลกุลด้วย ATR-FTIR ซึ่งตรวจพบพันธะ Si-O และการตรวจสอบลักษณะผิวด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) พบการกระจายตัวของนาโนซิลิกาบนพื้นผิวผ้าอย่างชัดเจน นอกจากนี้ยังมีการทดสอบคุณสมบัติการสลายตัวของวัสดุที่อุณหภูมิต่างๆ พบว่าผ้าฝ้ายที่ผ่านการปรับปรุงมีการหน่วงไฟเพิ่มมากขึ้น

ผลจากการวิจัยแสดงให้เห็นว่าการดัดแปลงพื้นผิวด้วยเทคนิคนี้สามารถเพิ่มคุณสมบัติการหน่วงไฟและทำให้ผ้ามีคุณสมบัติไม่ชอบน้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งสามารถนำไปพัฒนาผลิตภัณฑ์สิ่งทอที่ต้องการสมบัติความหน่วงไฟและการใช้งานที่ทนทานต่อสภาวะแวดล้อมได้ในอนาคต

คำนำ

ในปัจจุบัน การพัฒนาคุณสมบัติของวัสดุสิ่งทอเพื่อเพิ่มความปลอดภัยและประสิทธิภาพในการใช้งาน เป็นเรื่องที่มีความสนใจอย่างกว้างขวาง โดยเฉพาะการปรับปรุงคุณสมบัติการทอแห้งไฟและความไม่ชอบน้ำให้กับผ้า เพื่อยืดอายุการใช้งานและเพิ่มความปลอดภัยต่อผู้บริโภค งานวิจัยนี้มุ่งเน้นการปรับปรุงผ้าฝ้ายโดยใช้เทคนิคแอตไมเซลลูลาร์โพลีเมอร์ไรเซชัน ด้วยการนำ P-monomer และนาโนซิลิกามายึดเกาะบนพื้นผิวผ้าโดยตรง เพื่อพัฒนาคุณสมบัติที่ต้องการอย่างมีประสิทธิภาพ การดำเนินการวิจัยประกอบด้วย การตรวจสอบและยืนยันการปรับสภาพพื้นผิวด้วยเทคนิควิเคราะห์ขั้นสูง อาทิ ATR-FTIR และ SEM รวมถึงการประเมินการสลายตัวของวัสดุที่อุณหภูมิต่างๆ เพื่อวิเคราะห์ความเสถียรทางความร้อน ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าผ้าฝ้ายที่ผ่านการปรับปรุงมีคุณสมบัติการทอแห้งไฟและความไม่ชอบน้ำที่ดีขึ้นอย่างชัดเจน ซึ่งสามารถนำไปปรับปรุงและพัฒนาให้ผู้ที่ปฏิบัติงานสามารถนำเสื้อผ้าที่มีอยู่มาประยุกต์ใช้ปรับปรุงได้ด้วยตนเอง เพื่อพัฒนาคุณสมบัติเสื้อผ้าได้ดียิ่งขึ้น

โดยงานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากสำนักงานการวิจัยแห่งชาติ และได้รับความร่วมมือจากกรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช สถาบันวิจัย พัฒนา และสาธิตการศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ และมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือในการร่วมมือเพื่อให้งานวิจัยดำเนินงานได้จนบรรลุวัตถุประสงค์

ปณทาร์ย์ คงสตัย และคณะ

2566

บทคัดย่อ (ภาษาไทย)

P-monomer และนาโนซิลิกาจะถูกยึดโดยตรงบนพื้นผิวของผ้าฝ้ายด้วยเทคนิคแอตโมสเฟียร์พลาสมา ซึ่งเป็นการใช้พลาสมาในกระบวนการนำนาโนซิลิกาเข้าไปอยู่ในรูพรุนของพื้นผิวผ้า ซึ่งส่งผลให้มีการติดไฟที่ช้าลง การปรับเปลี่ยนพื้นผิวนี้อาจมีลักษณะเฉพาะซึ่งทำการทดสอบด้วยเทคนิค Attenuated total reflectance Fourier transform infrared (ATR-FTIR) เพื่อตรวจสอบการเกิด Si-O บนพื้นผิว รวมถึงเทคนิคการตรวจสอบพื้นผิว (Scanning electron microscope) ซึ่งยืนยันการอยู่ด้วยกันของอนุภาคนาโนกับวัสดุ นอกจากนี้ยังใช้การตรวจสอบคุณสมบัติการสลายตัวของผ้าที่ผ่านการปรับปรุงที่อุณหภูมิต่างๆ เพื่อตรวจสอบการสลายตัวของพอลิเมอร์ ผลที่ได้คือผ้าฝ้ายที่มีการปรับปรุงด้วย P-monomer และนาโนซิลิกา จะแสดงให้เห็นประสิทธิภาพที่ไม่ชอบน้ำและมีการหน่วงไฟเพิ่มมากขึ้น

Abstract

(ภาษาอังกฤษ)

P-monomer and Nanosilica are directly adhered to the surface of silk fabric using the technique of attenuated total reflectance Fourier transform infrared (ATR-FTIR) spectroscopy. This method involves incorporating Nanosilica into the fabrics surface pores using adsorbed polymerization, employing cells in the process. This results in a slower ignition on the fabric. The modification of the surface is characterized and tested using the Attenuated Total Reflectance Fourier Transform Infrared (ATR-FTIR) technique to observe the Si-O formation on the surface. Additionally, surface examination techniques such as Scanning Electron Microscope (SEM) confirm the presence of nanoscale particles on the material. Furthermore, the study also involves investigating the dissolution properties of the modified fabric at different temperatures to observe the polymers degradation. The outcomes indicate that silk fabric modified with P-monomer and Nanosilica exhibits enhanced water resistance and increased flame retardancy.

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณสำนักงานการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ที่ได้ให้การสนับสนุนทุนวิจัยสำหรับโครงการนี้ ซึ่งมีส่วนสำคัญอย่างยิ่งในการขับเคลื่อนงานวิจัยให้สามารถดำเนินการได้อย่างต่อเนื่องและมีประสิทธิภาพ รวมถึงขอขอบคุณกรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช ตลอดจนสถาบันวิจัย พัฒนา และสาธิตการศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ และมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ สำหรับความร่วมมือ การสนับสนุนทางวิชาการ รวมถึงการให้ข้อมูลและทรัพยากรที่จำเป็นในการดำเนินงานวิจัย จนทำให้โครงการสามารถบรรลุวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้

นอกจากนี้ คณะผู้วิจัยขอขอบคุณคณาจารย์ที่ปรึกษา ทีมวิจัย ตลอดจนผู้มีส่วนเกี่ยวข้องทุกท่าน ที่ให้คำแนะนำ ความช่วยเหลือ และแรงสนับสนุนในทุกขั้นตอนของการดำเนินงานครั้งนี้ จนบรรลุวัตถุประสงค์ได้

ปณทاریย์ คงสตัย และคณะ

2566

สารบัญ

	หน้า
บทสรุปผู้บริหาร	ก
คำนำ	ข
บทคัดย่อ (ภาษาไทย)	ค
บทคัดย่อ (ภาษาอังกฤษ)	ง
กิตติกรรมประกาศ	จ
สารบัญ	ฉ
สารบัญตาราง	ช
สารบัญภาพ	ซ
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 แนวคิดทฤษฎี และ/หรือ ผลการศึกษาและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	11
บทที่ 4 ผลการศึกษา	14
บทที่ 5 สรุป อภิปรายผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ	21
เอกสารอ้างอิง	23
ภาคผนวก	24
ประวัติผู้วิจัย	38

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

1. ปัญหาทางด้านคุณสมบัติชุดปฏิบัติงานของเจ้าหน้าที่

การปฏิบัติงานด้านการลาดตระเวน ชุดปฏิบัติงาน ผ้าพันคอ หมวก กระเป๋า เป็นอุปกรณ์จำเป็นที่ส่งผลต่อการความปลอดภัยของเจ้าหน้าที่ ดังนั้นคุณสมบัติต่างๆ ชุดปฏิบัติงานของเจ้าหน้าที่ที่ต้องการได้แก่ คุณสมบัติด้านความแข็งแรง คุณสมบัติในการระบายความร้อนที่ดี คุณสมบัติด้านการป้องกันน้ำ คุณสมบัติด้านการติดไฟที่ยากรวมถึงก่อให้เกิดควันน้อย ซึ่งในปัจจุบันได้มีการเพิ่มคุณสมบัติดังกล่าวด้วยการปรับปรุงวัสดุด้วยเทคนิคและสารเติมแต่งต่างๆ เพื่อใช้สำหรับงานดับไฟ เช่น ชุดเพื่อการดับไฟ โดยมีการใช้ เส้นใยอะรามิด (aramid fiber) เป็นเส้นใยประดิษฐ์ที่มีความ แข็งแรงสูง และหมวกทำด้วย fiberglass ซึ่งมีข้อจำกัดในด้านการระบายอากาศและน้ำหนักของอุปกรณ์ เนื่องจากการปฏิบัติงานของเจ้าหน้าที่ลาดตระเวนจะมีการเดินเท้า และลาดตระเวนเป็นบริเวณกว้าง จึงต้องการชุดและอุปกรณ์ที่สามารถประยุกต์ใช้กับชุดลาดตระเวนของพนักงานพิทักษ์ป่าในปัจจุบันได้ จึงมีแนวคิดในการปรับปรุงคุณสมบัติของผ้าที่นำมาผลิตชุดลาดตระเวนให้มีคุณสมบัติการหน่วงไฟ และป้องกันน้ำ รวมถึงคุณสมบัติอื่นๆ เช่น ความแข็งแรง การระบายอากาศ เป็นต้น ซึ่งในปัจจุบันมีการใช้ผ้าสำหรับตัดชุดปฏิบัติงานคือผ้าฝ้าย

2. ปัญหาทางการหน่วงไฟ

การเลือกใช้สารหน่วงการติดไฟมักขึ้นอยู่กับการใช้งาน ชนิดของวัสดุ ราคา ความสามารถในการนำกลับมาใช้ใหม่ได้ และคำนึงถึงมาตรฐานความปลอดภัย โดยมีคุณสมบัติหลักที่ต้องการ คือ มีความหน่วงไฟสูง ทนต่อการซักล้าง มีผลต่อผิวของวัสดุน้อย สามารถใช้ร่วมกับสารอื่นได้ ต้องไม่เป็นอันตรายต่อผิวหนัง และการถ่ายเทอากาศของผ้าไม่ลดลงมากเกินไป ไม่เกิดการสลายตัว (Decompose) ให้ก๊าซที่เป็นพิษ ความแข็งแรงของผ้าไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

- (1) เพื่อศึกษาสัดส่วนที่เหมาะสมของการปรับปรุงพื้นผิวนาโนทางการค้า
- (2) เพื่อศึกษาคุณสมบัติหน่วงไฟของวัสดุผ้าคอมโพสิต
- (3) เพื่อศึกษาปริมาณของควันไฟเมื่อเกิดการเผาไหม้

1.3 กรอบการวิจัย

กรอบการวิจัยภายใต้แผนงาน/โครงการวิจัย “การเพิ่มประสิทธิภาพผ้าให้มีความหน่วงไฟด้วยวัสดุประกอบนาโนเพื่อประยุกต์ใช้ในการปฏิบัติงานของผู้พิทักษ์ป่า”

ปัญหา 1. ปัญหาทางด้านคุณสมบัติชุดปฏิบัติงานของเจ้าหน้าที่ 2. ปัญหาทางการบริหาร	
ปัญหาด้านการจัดการ/นโยบาย	ปัญหาทางการศึกษาวิจัยในปัจจุบัน
การขาดมาตรฐานกลางเกี่ยวกับชุดปฏิบัติงาน: ยังไม่มีการกำหนดมาตรฐานเฉพาะที่ชัดเจนในเรื่องคุณสมบัติที่จำเป็น เช่น การบริหาร ความทนทานต่อสภาพแวดล้อม หรือการไม่ดูดซับน้ำ ส่งผลให้หน่วยงานต่าง ๆ มีแนวทางการจัดซื้อจัดจ้างที่แตกต่างกันไป และไม่สามารถรับประกันคุณภาพของชุดที่ได้มาได้อย่างสม่ำเสมอ ข้อจำกัดของงบประมาณ: การจัดหาอุปกรณ์หรือชุดปฏิบัติงานที่มีคุณสมบัติพิเศษมักมีต้นทุนสูง นโยบายด้านงบประมาณที่ไม่เพียงพอ ทำให้หน่วยงานจำเป็นต้องเลือกใช้อุปกรณ์หรือชุดที่มีราคาถูกแต่ขาดประสิทธิภาพในการป้องกันอันตราย	การศึกษาวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาวัสดุขั้นสูง เช่น นาโนเทคโนโลยี หรือการดัดแปลงคุณสมบัติผิวของเส้นใย ต้องใช้เครื่องมือ เทคโนโลยี และวัสดุเฉพาะทางที่มีราคาสูง ซึ่งทำให้ขอบเขตการทดลองมักถูกจำกัดด้วยงบประมาณที่มีอยู่ ขาดกลไกในการเชื่อมโยงงานวิจัยกับภาคอุตสาหกรรม ทำให้ผลงานวิจัยจำนวนมากไม่สามารถพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ที่นำมาใช้จริงได้

ชื่อโครงการ การเพิ่มประสิทธิภาพผ้าให้มีความทนไฟด้วยวัสดุประกอบนาโนเพื่อประยุกต์ใช้ในการปฏิบัติงานของผู้

กิจกรรมของปีที่ ๑ และ ๒ การศึกษา เพื่อศึกษาสัดส่วนที่เหมาะสมของการปรับปรุงพื้นผิวอนุภาคนาโนทางการค้า เพื่อศึกษาคุณสมบัติทนไฟของวัสดุผ้าคอมโพสิต และเพื่อศึกษาปริมาณของควันไฟเมื่อเกิดการเผาไหม้	ผลผลิตของปีที่ ๑ และ ๒ ข้อมูลการศึกษา ได้แก่ สัดส่วนที่เหมาะสม คุณสมบัติของผ้า ต้นฉบับสำหรับการเผยแพร่ผลงานวิจัย
---	---

กิจกรรมโครงการที่จะดำเนินการขอทุนวิจัยต่อไปในอนาคต

การประสานหน่วยงานเพื่อดำเนินการทดลองระดับโรงงานต้นแบบ

1.4 นิยามศัพท์

P-monomer — โมโนเมอร์ชนิดหนึ่งที่ใช้เป็นตัวเริ่มต้นในกระบวนการโพลีเมอร์ไรเซชัน

Nano-silica (นาโนซิลิกา) — อนุภาคซิลิกาขนาดนาโนเมตร ใช้เสริมสมบัติต่าง ๆ ของวัสดุ เช่น ความแข็งแรง หน่วงไฟ และไม่ชอบน้ำ

Admicellar Polymerization (แอตไมเซลล์โพลีเมอร์ไรเซชัน) — เทคนิคการสร้างชั้นโพลีเมอร์บาง ๆ บนพื้นผิววัสดุโดยใช้ไมเซลล์เป็นตัวกลาง

Micelle (ไมเซลล์) — โครงสร้างทรงกลมของโมเลกุลที่ใช้จับอนุภาคหรือนำสารเข้าสู่พื้นผิววัสดุ

Surface Modification (การปรับปรุงพื้นผิว) — กระบวนการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของผิววัสดุ เช่น เพิ่มความไม่ชอบน้ำ หน่วงไฟ หรือทนต่อการสึกหรอ

Hydrophobicity (สมบัติไม่ชอบน้ำ) — ความสามารถของพื้นผิวในการป้องกันการดูดซับน้ำ

Flame Retardancy (สมบัติหน่วงไฟ) — ความสามารถของวัสดุในการต้านการลุกไหม้หรือชะลอการลุกไหม้

Thermal Degradation (การสลายตัวด้วยความร้อน) — การเสื่อมสลายของวัสดุเมื่อได้รับความร้อน

Attenuated Total Reflectance Fourier Transform Infrared Spectroscopy (ATR-FTIR) — เทคนิคการวิเคราะห์โครงสร้างทางเคมีบนพื้นผิววัสดุ

Scanning Electron Microscope (SEM) — กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด ใช้ดูโครงสร้างพื้นผิวขนาดนาโน

1.5 สมมติฐานการวิจัย (เฉพาะงานวิจัยเชิงปริมาณ)

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ส่งเสริมการวิจัยและพัฒนานวัตกรรมภายในประเทศ: การพัฒนาวัสดุผสมขั้นสูงและเทคโนโลยีการเคลือบผิว จะเป็นพื้นฐานสำคัญสำหรับการต่อยอดงานวิจัยในสาขาอื่น ๆ เช่น วัสดุป้องกันไฟ วัสดุกั้นน้ำ สำหรับอุตสาหกรรมสิ่งทอ หรืออุปกรณ์นิรภัยประเภทต่าง ๆ

บทที่ 2

แนวคิดทฤษฎี และ/หรือ ผลการศึกษาและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. วัสดุประเภทผ้า

ผ้า (Fabric) หมายถึง วัสดุชนิดหนึ่ง ที่มีลักษณะเป็นแผ่น และผ่านกระบวนการผลิตจากเส้นใย ธรรมชาติ หรือสังเคราะห์ เกิดเป็นเส้นด้าย และผ่านกรรมวิธีผลิตจนได้เป็นผืนผ้า โดยทั่วไป วัสดุประเภทผ้า สามารถแบ่งเป็น 3 ประเภทหลักๆ ตามตารางที่ 1

1.1 เส้นใยธรรมชาติ (Natural Fiber)

1.1.1 เส้นใยฝ้าย (Cotton) ได้มาจากการนำเส้นใยของปุยฝ้าย มาปั่นจนเกิดเป็นเส้นด้าย แล้ว แล้วนำมาทอ หรือถัก ให้เป็นผืนผ้า คุณสมบัติของผ้าฝ้าย หรือผ้าคอตตอน (Cotton)

1.1.2 เส้นใยไหม (Silk)

1.1.3 เส้นใยลินิน (Linen)

1.1.4 เส้นใยขนสัตว์ (Wool) ผ้าขนสัตว์คือการนำขนสัตว์นำมาปั่น จนเกิดเป็นเส้นด้าย จากนั้นทอ หรือถักเป็นผืนผ้า โดยขนสัตว์ที่นิยมมาใช้ทำเป็นผ้าที่สุด คือขนแกะ

1.2 เส้นใยสังเคราะห์จากสารเคมี (Chemical Synthetic Fiber) เช่น ผ้าโพลีเอสเตอร์ (Polyester) มีลักษณะคล้ายผ้าฝ้ายที่ได้จากเส้นใยธรรมชาติ เพราะมีความนุ่มและมันเงา บางและเบา จับจีบได้ง่าย และคงรูปได้ดี ดูดซับความชื้นได้น้อย มีคุณสมบัติที่ไม่ยับง่าย มักนิยมนำไปผสมกับผ้าฝ้าย เพื่อให้ผ้านั้น นุ่มใช้มากยิ่งขึ้น

1.3 เส้นใยสังเคราะห์จากวัสดุธรรมชาติ (Natural Synthetic Fiber) เช่น ผ้าเรยอน (Rayon) เป็นต้น

ตารางที่ 1 แสดงเส้นใยจากธรรมชาติและเส้นใยที่มนุษย์ทำขึ้น

เส้นใยจากธรรมชาติ					เส้นใยจากมนุษย์ทำขึ้น	
เส้นใยจากแร่	เส้นใยจากสัตว์	เส้นใยจากพืช			สังเคราะห์จากธรรมชาติ	สังเคราะห์จากกลุ่มปิโตรเลียม
		เมล็ด	ใบ	ลำต้น		
แร่ใยหิน	ไหม, ขนสัตว์	ฝ้าย, มะพร้าว	สับปะรด, ป่านศรียา	ลินิน, ป่าน, ปอ, กล้วยง	เรยอน, เซลลูโลสแอซีเตด	พอลิเอสเตอร์, ไนลอน, อะคริลิก, สแปนเด็กซ์

2. กลไกการติดไฟ

กลไกในการติดไฟนั้นจะต้องมีองค์ประกอบของการติดไฟ (Fire Triangle) คือ เชื้อเพลิง (fuel) ออกซิเจน (oxygen) และความร้อน (heat) เมื่อมีองค์ประกอบทั้ง 3 ครบแล้วไฟจะเกิดการลุกไหม้ขึ้นและเกิดปฏิกิริยาลูกโซ่ (Chain Reaction) หรือการเผาไหม้อย่างต่อเนื่อง กระบวนการเผาไหม้นี้เริ่มต้นตั้งแต่เชื้อเพลิงได้รับความร้อนจนติดไฟขึ้น โดยอะตอมจะถูกเหวี่ยงออกจากโมเลกุลของเชื้อเพลิง กลายเป็นอนุมูลอิสระ และอนุมูลอิสระเหล่านี้จะกลับไปอยู่ที่ฐานของไฟอย่างรวดเร็วทำให้เกิดเปลวไฟ เสื้อผ้าหรือเครื่องนุ่งห่มได้ถูกจัดอยู่ในส่วนของเชื้อเพลิงที่เป็นวัสดุที่สามารถทำปฏิกิริยากับออกซิเจนได้อย่างรวดเร็วในการเผาไหม้ โดยเชื้อเพลิงที่อยู่ในสถานะก๊าซจะสามารถลุกไหม้ได้ แต่เสื้อผ้าหรือเครื่องนุ่งห่มถูกจัดอยู่ในสถานะของแข็ง ถ้าโมเลกุลที่ผิวของเสื้อผ้าหรือเครื่องนุ่งห่มอยู่ในสภาพที่เป็นก๊าซ โดยการที่โมเลกุลที่ผิวเสื้อผ้าหรือเครื่องนุ่งห่มสามารถแปรสภาพกลายเป็นก๊าซได้จะต้องอาศัยความร้อนเพื่อช่วยให้เกิดการติดไฟขึ้นมา ซึ่งการติดไฟของผ้าแต่ละชนิดจะมีความแตกต่างกันขึ้นอยู่กับคุณสมบัติที่เรียกว่า ความสามารถในการติดไฟของผ้า (Flammability Limit) เป็นปริมาณก๊าซที่เกิดจากความร้อนที่กระทำบนผิวของผ้าแล้วทำให้เกิดก๊าซที่เป็นเชื้อเพลิงในอากาศที่มีคุณสมบัติพร้อมในการติดไฟ จากปริมาณก๊าซเชื้อเพลิงผสมกับอากาศนั้นจะต้องมีปริมาณพอเหมาะจึงสามารถติดไฟได้ โดยปริมาณต่ำสุดของก๊าซเชื้อเพลิงสามารถคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ ในอากาศ ซึ่งค่าที่จุดติดไฟได้เรียกว่า “ค่าต่ำสุดของไอเชื้อเพลิง (Lower Flammable Limit : LEL)” และปริมาณสูงสุดของไอเชื้อเพลิงที่เป็น เปอร์เซ็นต์ ในอากาศซึ่งสามารถจุดติดไฟได้เรียกว่า “ค่าสูงสุดของไอเชื้อเพลิง (Upper Flammable Limit : UEL)” ซึ่งสารเชื้อเพลิงแต่ละชนิดจะมีค่าต่ำสุดและค่าสูงสุดของไอเชื้อเพลิงแตกต่างกันไป ทำให้เกิดกลไกการติดไฟที่แตกต่างกันด้วยเช่นกัน ต่อจากนั้นจะเกิดการเผาไหม้โดยลักษณะการเผาไหม้ต่อเปลวไฟมีด้วยกัน 3 ประเภท คือ

1. วัสดุที่ไม่สามารถลุกไหม้ หรือติดไฟได้ (Non-combustible) จะไม่ลุกไหม้เมื่อสัมผัสถูกเปลวไฟ

2. วัสดุหรือสารหน่วงไฟ (Flame Retardant) สามารถถูกเผาไหม้หรือลุกติดไฟได้ยากเมื่อสัมผัสกับความร้อนหรือเปลวไฟ ทำให้สามารถดับลงได้เอง เมื่อถูกนำออกให้พ้นจากเปลวไฟ

3. วัสดุที่สามารถลุกไหม้ หรือติดไฟได้ (Combustible) สามารถลุกติดไฟได้ง่าย

3. สารหน่วงการติดไฟ (Flame Retardants)

วัสดุหรือสารหน่วงไฟ การเลือกใช้สารเคมีในการผลิตผ้าหน่วงไฟแบบถาวรโดยทั่วไป สารเคมีหน่วงไฟที่ถูกนำมาใช้ในการตกแต่งสิ่งทอ แบ่งออกเป็น 3 ประเภท ตามความสามารถในการคงทนต่อการซัก และข้อกำหนด ดังนี้

ก. สารหน่วงไฟถาวร (DORABLE FLAME RETARDANT) มีความคงทนต่อการซักสูง เหมาะสำหรับผ้าที่ใช้ผลิตเสื้อผ้า และเครื่องนุ่งห่ม

ข. สารหน่วงไฟกึ่งถาวร (SEMI-DURABLE FLAME RETARDANT) มีความคงทนต่อการเช็ดถูทำความสะอาดแต่ไม่ทนต่อการซักเหมาะกับผ้าเฟอร์นิเจอร์ และผ้าที่ไม่ต้องการการซัก

ค. สารหน่วงไฟไม่ถาวร (NON-DURABLE FLAME RETARDANT) ไม่มีความคงทนต่อการซัก หรือ การเช็ดถูเหมาะสำหรับผ้าที่จะนำมาทำเป็นวัสดุตกแต่งทั่วไป เช่น ผ้าม่าน

สารหน่วงการติดไฟแบ่งตามองค์ประกอบทางเคมีได้ 5 ประเภท แสดงตามตารางที่ 2 คือ (1) สารหน่วงไฟที่เป็นสารประกอบโบรมีน (Brominated Flame Retardants) (2) สารหน่วงไฟที่เป็นสารประกอบคลอรีน (Chlorinated Flame Retardants) (3) สารหน่วงไฟที่มีฟอสฟอรัสเป็นส่วนประกอบ (Phosphorus containing Flame Retardant) (4) สารหน่วงติดไฟที่มีไนโตรเจนเป็นส่วนประกอบ (Nitrogen containing Flame Retardant) (5) สารหน่วงติดไฟที่เป็นสารอนินทรีย์ (Inorganic Flame Retardant) โดยสารหน่วงไฟที่เป็นสารประกอบโบรมีน และสารประกอบคลอรีนจะประสิทธิภาพในการหน่วงไฟที่ดีมาก แต่มีข้อเสียคือ แต่อาจเป็นอันตรายต่อผู้ใช้ อาจถึงแก่ความตายได้ และเมื่อเกิดการเผาไหม้ จะเกิดแก๊สฮาโลเจน คือ HBr และ HCl ซึ่งเป็นแก๊สพิษ และสารเป็นสารก่อมะเร็ง มีอันตรายหากสูดดมเข้าไป จะมีฤทธิ์ในการทำลายปอด และระบบทางเดินหายใจ และหากได้รับแก๊สนี้ในปริมาณมาก หรือในการกำจัดสารหน่วงไฟประเภทนี้ด้วยการเผา หรือการฝัง ก็อาจทำให้เกิดสารก่อมะเร็ง และในขั้นตอนการนำกลับมาใช้ใหม่ (Recycle) จะก่อให้เกิดสารไดออกซิน (Dioxine) ซึ่งเป็นสารก่อมะเร็ง แพร่กระจายในอากาศ หรือลงสู่ดินซึ่งเป็นอันตรายต่อสิ่งแวดล้อม โดยในปัจจุบันมีแนวโน้มในการใช้สารหน่วงไฟประเภทสารหน่วงไฟอนินทรีย์ซึ่งมีเสถียรภาพทางความร้อน ไม่เกิดก๊าซกัดกร่อน ราคาถูก เช่น อลูมิเนียมไฮดรอกไซด์ แต่ปัญหาคือมีขนาดใหญ่จะทำให้ไม่สามารถเข้ากันได้กับวัสดุคอมโพสิต และก่อให้เกิดการลดความแข็งแรง

ตารางที่ 2 แสดงประเภทของสารหน่วงไฟ

Fire retardants

Category	Classification
Organic compound	Non-phosphorus compounds
	Halogenated
	Non-halogenated
	Phosphorus compounds
Inorganic compound	Halogenated
	Non-halogenated
	Phosphate compounds (di-ammonium phosphate/ammonium polyphosphate/melamine phosphate)
	Boron compounds (borax/boric acid/boric oxide)
	Nitrogen compounds
	Hydroxide compounds of Aluminium or magnesium
	Other compounds (CaCO ₃)

4. สารหน่วงไฟที่ใช้กับผ้า

การใช้สารหน่วงไฟในทางสิ่งทอ ส่วนใหญ่จะเป็นผ้าผืน ซึ่งเรามักจะเรียกว่า ผ้ากันไฟ (Flame Retardant) โดยจะแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ 1. การเคลือบสารเคมีในเส้นใยก่อนที่จะนำไปทอผ้า 2. การเคลือบสารเคมีในขั้นตอนสุดท้ายของการผลิตเป็นผืนผ้าแล้ว

ประเภทของสารหน่วงไฟ สามารถแบ่งตามองค์ประกอบทางเคมีได้ 5 ประเภท คือ สารหน่วงการติดไฟที่เป็นสารประกอบโบรมีน (Brominated Flame Retardants) สารหน่วงการติดไฟที่เป็นสารประกอบคลอรีน (Chlorinated Flame Retardants) สารหน่วงการติดไฟที่มีฟอสฟอรัสเป็นส่วนประกอบ (Phosphorus containing Flame Retardant) สารหน่วงการติดไฟที่มีไนโตรเจนเป็นส่วนประกอบ (Nitrogen containing Flame Retardant) สารหน่วงการติดไฟที่เป็นสารอนินทรีย์ (Inorganic Flame Retardant) เป็นต้น (Reference: ดร.ธนาวิ ลีจากภัย. 2546. สารหน่วงการติดไฟ. (ออนไลน์) แหล่งที่มา: <https://www.mtec.or.th/>)

การเลือกใช้สารหน่วงการติดไฟมักขึ้นอยู่กับการใช้งาน ชนิดของวัสดุ ความสามารถในการนำกลับมาใช้ใหม่ได้ และคำนึงถึงมาตรฐานความปลอดภัย นอกจากนี้คือ จะต้องแสดงความเป็น Flame Retardant ได้สูง จะต้องทนต่อการซักล้างได้ดี จะต้องใช้ง่ายในกระบวนการหรือเครื่องจักรทั่วไป มีผลต่อผิวสัมผัสของวัสดุน้อย ไม่มีผลทำให้ผ้าเหลือง สามารถใช้ร่วมกับสารอื่นได้ ต้องไม่เป็นอันตรายต่อผิวหนังและการถ่ายเทอากาศของผ้าไม่ลดลงมากเกินไป ไม่เกิดการ Decompose ให้ก๊าซที่เป็นพิษ ความแข็งแรงของผ้าไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก

การเลือกใช้สารเคมีในการผลิตผ้าหน่วงไฟที่ปลอดภัย สารหน่วงไฟบางตัวที่มีประสิทธิภาพในการหน่วงไฟที่ดีมาก อาจกลับเป็นอันตรายต่อผู้ใช้ เนื่องจากสลายตัวให้แก๊สพิษ หรือในการกำจัดสารหน่วงไฟ เช่น การเผา หรือการฝัง ก็อาจทำให้เกิดสารก่อมะเร็ง เช่น สารประกอบฮาโลเจนจำพวกสารประกอบโบรมีน และสารประกอบคลอรีนที่มีประสิทธิภาพในการหน่วงไฟที่ดี และมีความคงทนสูง แต่มีข้อเสียคือ สารดังกล่าวเป็นสารก่อมะเร็ง และเมื่อเกิดการเผาไหม้จะเกิดแก๊สฮาโลเจน คือ HBr และ HCl ซึ่งเป็นแก๊สพิษ มีอันตรายหากสูดดมเข้าไป จะมีฤทธิ์ในการทำลายปอด และระบบทางเดินหายใจ และหากได้รับแก๊สนี้ในปริมาณมาก อาจถึงแก่ความตายได้ นอกจากนี้สารหน่วงไฟประเภทฮาโลเจน เมื่อถูกเผาทำลายหรือนำไป RECYCLE จะก่อให้เกิดสารไดออกซิน (DIOXINE) ซึ่งเป็นสารก่อมะเร็ง แพร่กระจายในอากาศ หรือลงสู่ดินซึ่งเป็นอันตรายต่อสิ่งแวดล้อม สารหน่วงไฟบางชนิดอาจอยู่ทน ทำลายยาก หรืออาจสะสมอยู่ในสิ่งมีชีวิต เช่น สารหน่วงไฟโบรมีน เมื่อปล่อยลงสู่แหล่งน้ำพบว่ามีผลต่อฮอร์โมนสัตว์น้ำ เกิดอันตรายต่อระบบสืบพันธุ์ และเป็นสารพิษต่อสัตว์น้ำ

กระบวนการทำงานของสารหน่วงไฟ คือ การทำให้วัสดุเชื้อเพลิงที่ติดไฟในองค์ประกอบทั้ง 3 แปรสภาพเป็นวัสดุที่ไม่ติดไฟหรือติดไฟได้ยากขึ้น โดยการใช้สารตกแต่งด้านการลามไฟตกแต่งสำเร็จไปบนเส้นใยของเส้นด้ายหรือผ้าผืน สารเคมีตกแต่งด้านการลามไฟมีหลากหลายประเภท เช่น กลุ่มของสารประกอบโบรมีน, กลุ่มสารประกอบฟอสเฟต, กลุ่มสารอลูมิเนียม กลุ่มของสารนาโนแคลซ์ เป็นต้น โดยสารเคมีตกแต่งด้านการลามไฟจะต้องเลือกใช้ให้เหมาะสมกับชนิดของเส้นใยที่เป็นเส้นด้ายหรือผืนผ้าผืนนั้น เช่น Polyester, Cotton, T/C, CVC, Silk, Wool เป็นต้น

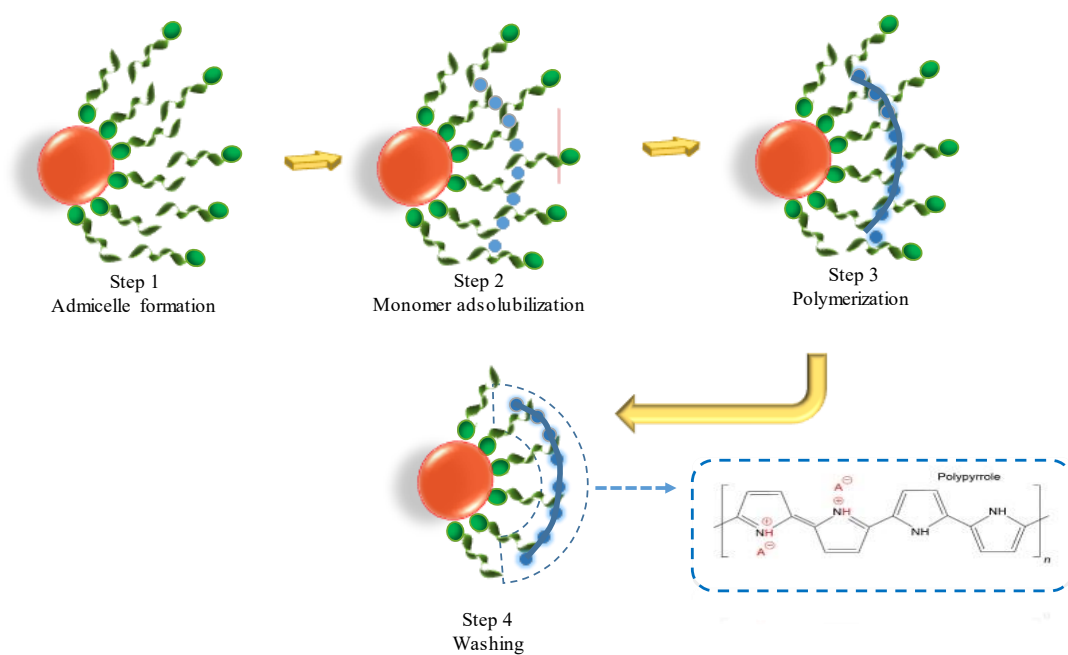
ในงานวิจัยได้ระบุถึงประเภทของสารที่สามารถนำมาช่วยในเรื่องคุณสมบัติของการหน่วงไฟ คือ P-monomer ที่มีผลต่อการหน่วงไฟของ P-containing poly-styrene-acrylate (P-PSA) co-polymer โดยระบุว่า การทดสอบการหน่วงไฟของสาร P-PSA co-polymers ที่มีการใช้ปริมาณของ P-monomer ที่แตกต่างกัน และนำมาวัดเพื่อหาค่าของ limiting oxygen index (LOI) ด้วยวิธีการทดสอบ UL-94 พบว่าค่า LOI ของ P-PSA co-polymer มีการเพิ่มขึ้นอย่างมากตามปริมาณของ P-monomer ที่เพิ่มขึ้น จะเห็นได้ว่าการรวมตัวของ P-monomer ในสายโซ่พอลิเมอร์สามารถปรับระดับได้อย่างมีประสิทธิภาพช่วยเพิ่มการหน่วงไฟของ P-PSA co-polymer นอกจากนี้ยังใช้การทดสอบ UL-94 เพื่อตรวจสอบการหน่วงไฟของ P-PSA co-polymer และผลการเผาไหม้ในแนวดิ่งแสดงให้เห็นว่าสาร P-PSA co-polymer นี้สามารถผ่านการทดสอบ UL-94 (V0 level) และมีคุณสมบัติของการหน่วงไฟตรงตามข้อกำหนดการที่ใช้งานทางอุตสาหกรรมต่างๆ [Hui Qiao, Yun Liang, Guilong Xu, Yi Wang, Jin Yang & Jian Hu, Preparation, characterization and flame retardancy of phosphorus-containing poly-styrene-acrylate emulsion, DESIGNED MONOMERS AND POLYMERS 2019, VOL. 22, NO. 1, 114–121] และในบางงานวิจัยได้มีการนำสาร P-monomer มาเป็นสารตั้งต้นสำหรับการเตรียม P-PA emulsion เพื่อใช้เป็นสารหน่วงไฟ โดยได้มีการนำไปทดสอบกับเส้นใยและศึกษาการรวมตัวกันของเส้นใย MF และ P-PA emulsion ที่สามารถก่อให้เกิดกลไกการหน่วงไฟของเฟสก๊าซและเฟสควบแน่น ซึ่งจะช่วยเพิ่มคุณสมบัติการหน่วงไฟได้ [Lingxiao Wang, Hui Qiao, Guilong Xu, Yun Liang, Jin Yang and Jian Hu, Preparation and properties of flame retardant air filter media by incorporation of melamine-formaldehyde fiber and phosphorous-containing poly-acrylate binder, Journal of Industrial Textiles, Volume 52: 1–12, 2022]

สารประเภท Silicon dioxide (SiO_2) ถือได้ว่าเป็นสารที่ช่วยในเรื่องของการหน่วงไฟ โดยซิลิกอนจะสลายตัวเป็น SiO_2 เมื่อได้รับความร้อนในบรรยากาศจะก่อตัวเป็นชั้นอนินทรีย์สารเพื่อป้องกันชั้นผิวของสารตั้งต้น ให้แยกออกจากพื้นผิวที่ติดไฟ และยับยั้งการแลกเปลี่ยนมวลและพลังงาน [Ming-Yuan Shen, Chen-Feng Kuan, Hsu-Chiang Kuan, Chia-Hsun Chen, Jia-Hong Wang, Ming-Chuen Yip, and Chin-Lung Chiang, Preparation, Characterization, Thermal, and Flame-Retardant

Properties of Green Silicon-Containing Epoxy/Functionalized Graphene Nanosheets Composites, Journal of Nanomaterials, Volume 2013, Article ID 747963, 10 pages] สารประเภท SiO₂ ยังสามารถนำไปใช้งานร่วมกับสารชนิดอื่น เช่น Aluminum hydroxide (ATH), Polyethylene (PE), และสารจำพวก Inorganic fillers เป็นต้น โดยคุณสมบัติที่ได้ของสารเกี่ยวกับการทดสอบความไวไฟ เช่น การวัดความร้อนแบบ cone calorimetry (CONE), การวัดค่า limited oxygen index (LOI), และ Thermal analysis (TGA) มีผลที่ช่วยปรับคุณสมบัติในการทนไฟได้ดีมากขึ้น [Ping Wei, Zhidong Han, Xiaonan Xu and Zhanxiong Li, Synergistic Flame Retardant Effect of SiO₂ in LLDPE/EVA/ATH Blends, Journal of Fire Sciences 2006; 24; 487]

5. เทคนิคแอตไมเซลล์พอลิเมอร์ไรเซชัน (Admicellar Polymerization)

ปฏิกิริยาแอตไมเซลล์พอลิเมอร์ไรเซชัน ซึ่งเป็นปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในชั้นของแอตไมเซลล์ (Admicelle) ของสารลดแรงตึงผิว (Surfactant) ที่ดูดซับบนผิวของวัสดุในลักษณะสองชั้น (Bilayer) โดยในกระบวนการของปฏิกิริยาแอตไมเซลล์พอลิเมอร์ไรเซชัน ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนการดูดซับของแอตไมเซลล์บนผิววัสดุ ขั้นตอนการละลายของมอนอเมอร์ในแอตไมเซลล์ และขั้นตอนการเกิดฟิล์มพอลิเมอร์ในชั้นแอตไมเซลล์ และหลังจากเสร็จสิ้นกระบวนการดังกล่าว จะทำการล้างเพื่อกำจัดสารลดแรงตึงผิวชั้นนอกของแอตไมเซลล์ออกทำให้ชั้นฟิล์มพอลิเมอร์ปรากฏขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 1 กระบวนการดังกล่าวอาศัยคุณสมบัติการดูดซับของสารลดแรงตึงผิวบนผิววัสดุ ดังนั้นจึงต้องคำนึงถึงปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อการดูดซับด้วย เช่น สภาพโครงสร้างตามธรรมชาติบนพื้นผิวที่ใช้สำหรับดูดซับ โครงสร้างทางโมเลกุลของสารลดแรงตึงผิว และ สภาวะแวดล้อมของสารละลาย เช่น ค่าความเป็นกรด-ด่าง เป็นต้น



ภาพที่ 1 ปฏิกิริยาแอตไมเซลล์าร์พอลิเมอร์ไรเซชัน

บทที่ 3

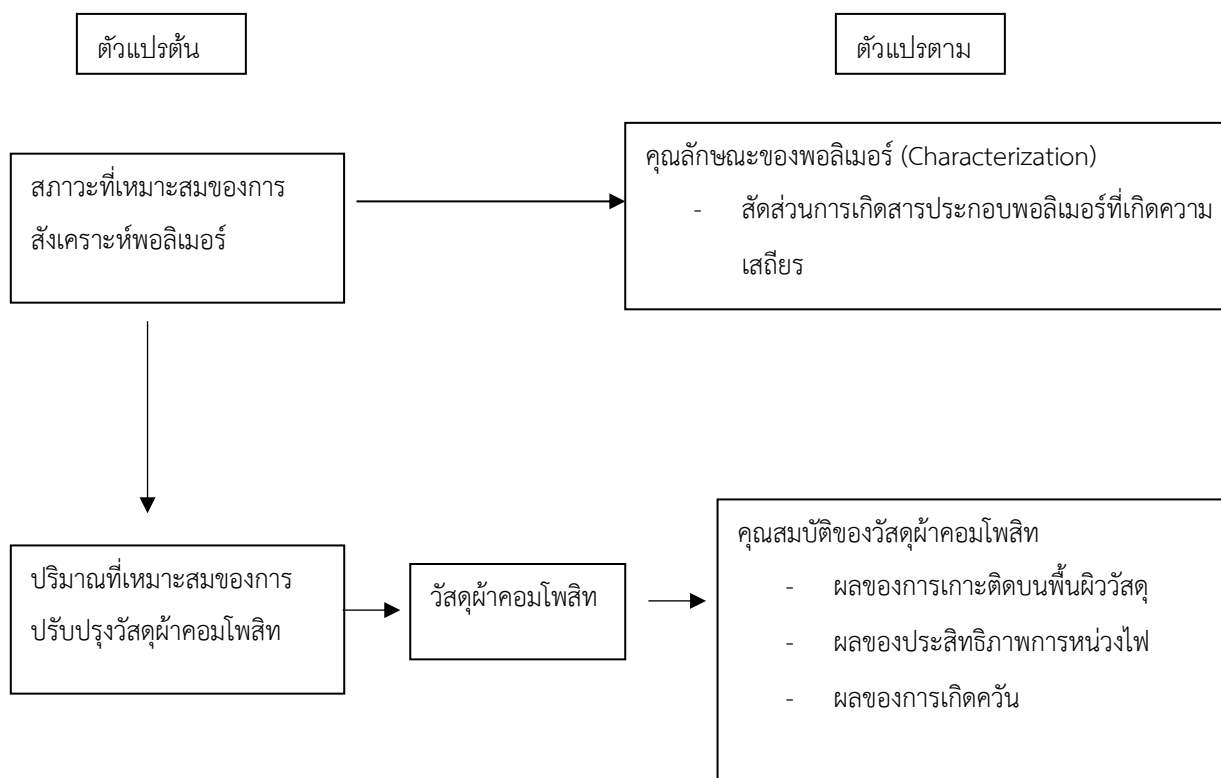
วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 พื้นที่ในการปฏิบัติงาน

- (1) ห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ สถาบันวิจัย พัฒนาและสาธิตการศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ องค์กรักษ์
- (2) ห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

3.2 วิธีดำเนินการวิจัย

ขอบเขตของโครงการวิจัย



- (1) วัตถุดิบที่ใช้ คือ ผ้าฝ้าย และผ้าฝ้ายผสมโพลีเอสเตอร์ทางการค้า
- (2) ตัวแปรที่ศึกษามีดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 สภาวะที่เหมาะสมของการสังเคราะห์พอลิเมอร์

ตัวแปรต้น สภาวะและสัดส่วนมอนอเมอร์ที่เหมาะสม

ตัวแปรตาม คุณลักษณะของพอลิเมอร์ (Characterization)

ขั้นตอนที่ 2 วัสดุผ้าคอมโพสิต

ตัวแปรต้น สัดส่วนที่เหมาะสมของการปรับปรุงวัสดุผ้าคอมโพสิตกับพอลิเมอร์

ตัวแปรตาม คุณสมบัติของวัสดุผ้าคอมโพสิต ในด้านการทวงไฟ

ตัวแปรควบคุม ฝ้าฝ้าย และฝ้าฝ้ายผสมโพลีเอสเตอร์ทางการค้า

ระเบียบวิธีวิจัย

การสังเคราะห์พอลิเมอร์

Method 1. Preparation of P-monomer

HEMA 130.2 g (1 mol) + Hydroquinone 0.5 g + Stirrer [250 ml]

P_2O_5 (0.5 mol) 71.0 g ($T < 15^\circ C$ for 1 hr)
(แบ่งใน flask 5 ขวด)

Raised $T = 40^\circ C$ for 1 hr and Next $T = 70^\circ C$ for 3 hr

HEMA 13g (0.1 mol) + P_2O_5 (แบ่งใน flask 5 ขวด)

Analyzed by HNMR and potentiometric titration method

Mono-phosphate ester
Di-phosphate ester
Tri-phosphate ester
Pyrophosphoric acid

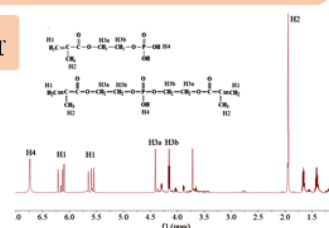


Figure 2. 1H NMR spectrum of P-monomer and respective hydrogen resonances (500 MHz, $CDCl_3$).

Show that P-monomer

Method 2. Preparation of P-PSA emulsion

Semi-continuous emulsion polymerization (500-mL four-neck flask equipped)

DNS-86 and $NaHCO_3$ + 500-mL four-neck flask equipped (DI Water)

Raised $T = 75^\circ C$ rate 250 rpm

+ Monomers (St, BA, N-MA) + APS aqueous solution

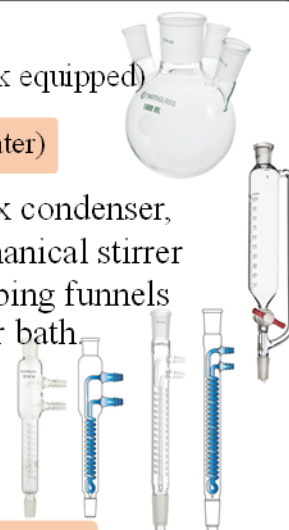
Added drop by drop P-monomer lasting 3 hr

Raised $T = 80^\circ C$ t = 2hr

Cooled to room temperature
pH ~ 6 by NaOH solution (5 wt%).

P-PSA emulsion

- reflux condenser,
- mechanical stirrer
- dropping funnels
- water bath.



กลุ่มเป้าหมาย

- (1) ผู้ที่ดูแลทางด้านการดับไฟป่าหรือผู้ปฏิบัติงานเกี่ยวข้องกับทางด้านไฟป่า

วิธีการศึกษา

- (1) ศึกษากระบวนการและทำการสังเคราะห์สารเพื่อนำไปใช้กับเนื้อผ้าเพื่อเสริมคุณภาพความทนไฟและความต้านทานน้ำ
- (2) นำสารที่ได้ไปเคลือบลงบนเนื้อผ้า
- (3) นำเนื้อผ้าที่ได้ไปทดสอบคุณสมบัติของผ้าทนไฟที่ต้องการโดยจะส่งไปวิเคราะห์ภายนอก

3.3 การวิเคราะห์ข้อมูล

- (1) สภาวะที่เหมาะสมของการสังเคราะห์พอลิเมอร์ เทคนิคที่ใช้ในการวิเคราะห์ ได้แก่
 - Fourier Transform Infrared Spectrometer, FTIR
- (2) ปริมาณที่เหมาะสมของการปรับปรุงวัสดุผ้าคอมโพสิต เทคนิคที่ใช้ในการวิเคราะห์ ได้แก่
 - Scanning Electron Microscope (SEM)
 - Transmission Electron Microscope (TEM)
 - Thermogravimetric Analysis (TGA)

บทที่ 4

ผลการศึกษา

4.1 ผลการดำเนินงานที่เกิดขึ้นจริง

การปรับปรุงคุณสมบัติการทนไฟของผ้าฝ้าย:

หลังจากการเคลือบผ้าฝ้ายด้วย P-monomer และนาโนซิลิกา ผ่านกระบวนการแอตโมเซลล์าโพลีเมอร์ไรเซชัน พบว่าผ้าฝ้ายที่ได้รับการปรับปรุงมีความสามารถในการทนไฟเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน โดยเมื่อทำการทดสอบการติดไฟ (flame resistance) พบว่าเวลาที่ผ้าฝ้ายมีการลุกไหม้ลดลงและสามารถหยุดการลุกไหม้ได้เร็วกว่าผ้าฝ้ายธรรมดา

คุณสมบัติความไม่ชอบน้ำ (Hydrophobicity):

ผ้าฝ้ายที่ผ่านการเคลือบด้วยนาโนซิลิกาและ P-monomer แสดงถึงสมบัติความไม่ชอบน้ำที่ดีขึ้น โดยการทดสอบการซึมผ่านของน้ำพบว่า การดูดซึมน้ำของผ้าลดลงอย่างมาก ทำให้ผ้าฝ้ายที่ปรับปรุงมีคุณสมบัติกันน้ำที่ดีขึ้น

การปรับปรุงความทนทานและความยืดหยุ่น:

การทดสอบการสลายตัวทางความร้อน (thermal degradation) พบว่า ผ้าที่ได้รับการปรับปรุงสามารถทนความร้อนได้ดีกว่าผ้าฝ้ายธรรมดา โดยเริ่มมีการสลายตัวที่อุณหภูมิสูงขึ้น ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความทนทานที่เพิ่มขึ้นในการใช้งานในสภาพแวดล้อมที่มีอุณหภูมิสูง

การยึดเกาะของนาโนซิลิกากับพื้นผิวผ้า:

จากการทดสอบด้วยเทคนิค Attenuated Total Reflectance Fourier Transform Infrared Spectroscopy (ATR-FTIR) พบการเกิดพันธะ Si-O บนพื้นผิวผ้า ซึ่งยืนยันการเชื่อมต่อที่ดีระหว่างนาโนซิลิกากับโครงสร้างผ้า การทดสอบด้วย Scanning Electron Microscope (SEM) ยังพบการกระจายตัวที่สม่ำเสมอของอนุภาคนาโนซิลิกาบนพื้นผิวผ้าอย่างชัดเจน

การเสื่อมสภาพของผ้าเมื่อสัมผัสกับความร้อน:

การทดสอบการเสื่อมสภาพของผ้าฝ้ายที่ได้รับการปรับปรุงที่อุณหภูมิสูงพบว่าแม้ว่าผ้าจะมีการเสื่อมสภาพที่เกิดขึ้นเมื่อทำการทดสอบที่อุณหภูมิสูง แต่การเสื่อมสภาพนั้นช้ากว่าผ้าฝ้ายธรรมดา ซึ่งแสดงให้เห็นถึงการปรับปรุงความทนทานของผ้าในระยะยาว

4.2 ผลผลิตที่เกิดขึ้นจริง (Output)

โครงการที่ได้รับ อนุมัติ	ผลผลิตตามคำรับรอง	จำนวน	หน่วย นับ	ผลผลิตที่เกิดขึ้นจริง	จำนวน	หน่วย นับ	รายละเอียดผลผลิต (พร้อมแนบหลักฐาน)	เชิง คุณภาพ
โครงการที่ 1	1. องค์ความรู้	1	เรื่อง	1. องค์ความรู้	1	เรื่อง	องค์ความรู้ใหม่ในเรื่องผ้าที่มี คุณสมบัติความทนงไฟ	
	2. ต้นแบบผลิตภัณฑ์			2. ต้นแบบผลิตภัณฑ์				
	2.1 ระดับภาคสนาม	-	ต้นแบบ	2.1 ระดับภาคสนาม	-	ต้นแบบ		
	2.2 ระดับห้องปฏิบัติการ	1	ต้นแบบ	2.2 ระดับห้องปฏิบัติการ	1	ต้นแบบ	ต้นแบบการผลิตผ้าที่มี คุณสมบัติความทนงไฟ	

สรุปภาพรวมผลผลิตที่เกิดขึ้นจริงเทียบกับคำรับรอง

ผลผลิตรวมตามคำรับรอง	จำนวน	หน่วยนับ	ผลผลิตรวมที่เกิดขึ้นจริง	จำนวน	หน่วยนับ
1. องค์ความรู้	1	เรื่อง	1. องค์ความรู้	1	เรื่อง
2. ต้นแบบผลิตภัณฑ์			2. ต้นแบบผลิตภัณฑ์		
2.1 ระดับภาคสนาม	-	ต้นแบบ	2.1 ระดับภาคสนาม	-	ต้นแบบ
2.2 ระดับห้องปฏิบัติการ	1	ต้นแบบ	2.2 ระดับห้องปฏิบัติการ	1	ต้นแบบ

4.3 ผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นจริง (Outcome)

การพัฒนาผ้าฝ้ายที่มีคุณสมบัติทนไฟและไม่ชอบน้ำ

ผ้าฝ้ายที่ได้รับการปรับปรุงโดยการเคลือบ P-monomer และนาโนซิลิกา ผ่านกระบวนการแอตไมเซลล์โพลีเมอร์ไรเซชัน ได้แสดงถึงคุณสมบัติที่ดีกว่าในด้านการทนไฟและความไม่ชอบน้ำเมื่อเทียบกับผ้าฝ้ายธรรมดา การทดสอบการทนไฟพบว่า ผ้าฝ้ายที่ได้รับการเคลือบมีการลดความเร็วในการลุกไหม้และหยุดการลุกไหม้เร็วกว่าผ้าธรรมดา ส่วนการทดสอบความไม่ชอบน้ำแสดงให้เห็นว่า ผ้าฝ้ายที่ได้รับการปรับปรุงสามารถป้องกันน้ำจากการซึมผ่านได้อย่างมีประสิทธิภาพ

วัสดุนาโนซิลิกาที่เคลือบผิวผ้า

กระบวนการเคลือบนาโนซิลิกากับผิวผ้าฝ้ายทำให้ผ้าแสดงความทนทานต่อการเสื่อมสภาพและความร้อนเพิ่มขึ้น การทดสอบด้วย Scanning Electron Microscope (SEM) ยืนยันว่าอนุภาคนาโนซิลิกากระจายตัวบนพื้นผิวผ้าได้อย่างสม่ำเสมอ ทำให้สามารถเพิ่มคุณสมบัติในการป้องกันการลุกไหม้และการซึมน้ำได้

เทคนิคการแอตไมเซลล์โพลีเมอร์ไรเซชัน (Admicellar Polymerization)

การนำเทคนิคนี้มาใช้ในการยิดเกาะ P-monomer และนาโนซิลิกายังผิวผ้าฝ้ายช่วยเพิ่มการยิดเกาะที่ดีขึ้น ระหว่างสารเคลือบและพื้นผิวผ้า ทำให้ผ้าฝ้ายที่ผ่านการปรับปรุงมีความทนทานต่อการซักล้างและการสวมใส่ในระยะยาวได้ดียิ่งขึ้น

การปรับปรุงความทนทานต่อความร้อนและการสลายตัว

จากการทดลองที่อุณหภูมิสูงพบว่า ผ้าที่ได้รับการเคลือบด้วย P-monomer และนาโนซิลิกามีความทนทานต่อการเสื่อมสภาพที่ดีกว่าผ้าธรรมดา การทดสอบการเสื่อมสภาพทางความร้อนแสดงให้เห็นว่าผ้าปรับปรุงมีการสลายตัวที่อุณหภูมิสูงกว่าและช้ากว่าผ้าธรรมดา

ผลิตภัณฑ์ผ้าฝ้ายที่พร้อมใช้งาน:

การทดลองนี้สามารถนำไปสู่การพัฒนาผ้าฝ้ายที่มีคุณสมบัติพิเศษสำหรับการใช้งานในภาคอุตสาหกรรมที่ต้องการวัสดุป้องกันไฟหรือทนต่อสภาพแวดล้อมที่มีความชื้นสูง รวมถึงการใช้งานในชุดปฏิบัติงานของเจ้าหน้าที่ในภาคสนาม เช่น การดับเพลิง หรือการทำงานในพื้นที่เสี่ยงภัย

4.4 ผลกระทบที่เกิดขึ้นจริง (Impact)

เส้นทางจากผลกระทบสู่งานวิจัย การเพิ่มประสิทธิภาพผ้าให้มีความทนงไฟ

ด้วยวัสดุประกอบนาโนเพื่อประยุกต์ใช้ในการปฏิบัติงานของผู้พิทักษ์ป่า

การนำผลผลิตที่ได้ไปใช้ ประโยชน์ในด้านต่าง ๆ	รายละเอียด ผลลัพธ์	กลุ่มเป้าหมาย	จำนวน ครั้ง	ระยะเวลา (วัน เดือน ปี)	สถานที่
ด้านการป้องกันการบุกรุก ทำลายทรัพยากรป่าไม้อย่าง บูรณาการ					
ด้านการอนุรักษ์และฟื้นฟูพื้นที่ ป่าอนุรักษ์ให้มีสภาพป่าสมบูรณ์					
ด้านการเพิ่มประสิทธิภาพการ เฝ้าระวังพื้นที่ป่าอนุรักษ์ เพื่อลด ภัยคุกคามต่อระบบนิเวศป่าไม้ และสัตว์ป่า					
ด้านการพัฒนาศักยภาพพื้นที่ ป่าอนุรักษ์ในการให้บริการ ด้านนิเวศอย่างสมดุล					
ด้านการศึกษา วิจัย พัฒนา และสร้างนวัตกรรมเพื่อสนับสนุน การบริหารจัดการ	ต้นแบบการ ผลิตผ้าที่มี คุณสมบัติ ความทนงไฟ	ผู้ปฏิบัติงาน ทางด้านการ ดับไฟป่า	1	1 เดือน	กรมอุทยานฯ
ด้านการปรับสมดุลและพัฒนา ระบบการบริหารจัดการภาครัฐ					

ผลกระทบ (Impact)

การสร้างองค์ความรู้ในการสังเคราะห์สารเพื่อนำไปใช้กับงานทางด้านไฟป่า โดยสามารถนำสารที่ได้ไปประยุกต์ใช้กับวัสดุประเภทผ้า เช่น เสื้อทนงไฟ ผ้าคลุมทนงไฟ และกระเป๋าผ้าทนงไฟ สามารถเลือกวัสดุประเภทผ้ามาทำการเคลือบสารเพื่อเพิ่มคุณสมบัติความทนงไฟได้ตามความต้องการของผู้ใช้งาน โดยเป็นการเพิ่มความหลากหลายของวัสดุทนงไฟให้มากขึ้นกว่าวัสดุทนงไฟที่มีขายตามท้องตลาด

4.5 การนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

ด้านนโยบาย โดย หน่วยงานรัฐบาลที่เกี่ยวข้อง เช่น กระทรวงแรงงาน กระทรวงการพัฒนาสังคมและความมั่นคงของมนุษย์ หรือกระทรวงสาธารณสุข

อย่างไร

- การพัฒนาผ้าห่มไฟและกันน้ำสำหรับชุดปฏิบัติงานสามารถนำไปใช้ในการออกนโยบายหรือกำหนดมาตรฐานความปลอดภัยในการทำงานของเจ้าหน้าที่ภาครัฐ เช่น เจ้าหน้าที่ดับเพลิง หรือเจ้าหน้าที่ในพื้นที่เสี่ยงภัย เพื่อเพิ่มความปลอดภัยและลดอัตราการบาดเจ็บจากอุบัติเหตุที่เกิดจากเปลวไฟหรือความชื้น
- การส่งเสริมมาตรการจัดหาชุดปฏิบัติงานที่มีคุณสมบัติพิเศษให้แก่หน่วยงานภาครัฐ

ด้านสังคม โดย องค์กรภาครัฐและภาคเอกชน ที่เกี่ยวข้องกับความปลอดภัยในชีวิตและทรัพย์สิน เช่น องค์กรดับเพลิง หรือบริษัทที่ผลิตอุปกรณ์เพื่อความปลอดภัย

อย่างไร:

- การนำผลการวิจัยไปใช้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่มีคุณสมบัติห่มไฟและกันน้ำจะช่วยเพิ่มความปลอดภัยให้กับเจ้าหน้าที่ภาครัฐที่ปฏิบัติงานในพื้นที่เสี่ยง เช่น การดับไฟ หรือการทำงานในสถานที่อันตราย
- การสร้างความตระหนักและให้ความรู้แก่สังคมเกี่ยวกับความสำคัญของการใช้วัสดุป้องกันไฟและวัสดุที่ไม่ชอบน้ำในภาคการทำงานที่เสี่ยง

ด้านเศรษฐกิจ โดย ภาคอุตสาหกรรมสิ่งทอและการผลิต เช่น ผู้ผลิตชุดปฏิบัติงาน บริษัทผู้ผลิตวัสดุและอุปกรณ์ป้องกันความปลอดภัย

อย่างไร:

- การพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่มีคุณสมบัติห่มไฟและกันน้ำสามารถนำไปสู่การเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันของอุตสาหกรรมสิ่งทอในประเทศ โดยการผลิตสินค้าที่มีคุณสมบัติพิเศษและเป็นที่ต้องการในตลาดทั้งในและต่างประเทศ
- การลดต้นทุนในระยะยาวจากการใช้วัสดุที่มีความทนทานสูง เช่น ชุดปฏิบัติงานที่สามารถใช้งานได้ยาวนานขึ้น ลดความจำเป็นในการจัดซื้อใหม่และซ่อมแซม

ด้านวิชาการ โดย นักวิจัยและนักวิชาการ ในสาขาวิทยาศาสตร์วัสดุ, วิศวกรรมเคมี, หรือเทคโนโลยีการผลิต

อย่างไร:

- ผลการวิจัยนี้สามารถนำไปเป็นแนวทางการศึกษาต่อในระดับปริญญาเอกหรือการวิจัยเพิ่มเติมในด้านวัสดุนาโน วัสดุผสม หรือเทคโนโลยีการปรับปรุงคุณสมบัติของวัสดุสิ่งทอ เพื่อพัฒนาเทคโนโลยีและกระบวนการใหม่ๆ ที่สามารถนำไปใช้ในอุตสาหกรรมหรือการใช้งานที่หลากหลาย
- การเผยแพร่ผลงานวิจัยในวารสารวิชาการต่างๆ จะช่วยเสริมสร้างความรู้และเพิ่มความเข้าใจในวิทยาการด้านนาโนเทคโนโลยีและวัสดุทางเลือกที่มีประสิทธิภาพสูง

บทที่ 5

สรุป อภิปรายผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปและอภิปรายผลการวิจัยของโครงการวิจัย

โครงการนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาคุณสมบัติการหน่วงไฟและความไม่ชอบน้ำของผ้าฝ้าย ที่ผ่านการปรับเปลี่ยนพื้นผิวด้วยเทคนิคแอตโมเซลล์าโพลีเมอร์ไรเซชัน โดยใช้ P-monomer และอนุภาคนาโนซิลิกา กระบวนการนี้เป็นการนำนาโนซิลิกาเข้าไปยึดเกาะในรูพรุนของเส้นใยผ้าโดยตรง ส่งผลให้เกิดการหน่วงการติดไฟได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งทำการยืนยันการปรับสภาพพื้นผิวทำด้วยเทคนิคการวิเคราะห์ทางโครงสร้างโมเลกุลด้วย ATR-FTIR ซึ่งตรวจพบพันธะ Si-O และการตรวจสอบลักษณะผิวด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) พบการกระจายตัวของนาโนซิลิกากับพื้นผิวผ้าอย่างชัดเจน นอกจากนี้ยังมีการทดสอบคุณสมบัติการสลายตัวของวัสดุที่อุณหภูมิต่างๆ พบว่าผ้าฝ้ายที่ผ่านการปรับปรุงมีการหน่วงไฟเพิ่มมากขึ้น

ผลจากการวิจัยแสดงให้เห็นว่าการดัดแปลงพื้นผิวด้วยเทคนิคนี้สามารถเพิ่มคุณสมบัติการหน่วงไฟและทำให้ผ้ามีคุณสมบัติไม่ชอบน้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งสามารถนำไปพัฒนาผลิตภัณฑ์สิ่งทอที่ต้องการสมบัติความหน่วงไฟและการใช้งานที่ทนทานต่อสภาวะแวดล้อมได้ในอนาคต

5.2 ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

การขยายผลการใช้งาน ควรพิจารณาการนำเทคโนโลยีการเคลือบผ้าฝ้ายด้วย P-monomer และนาโนซิลิกาไปใช้งานในสาขาอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง เช่น ชุดปฏิบัติงานของเจ้าหน้าที่ทางการแพทย์ หรือการใช้งานในอุตสาหกรรมต่างๆ ที่มีความเสี่ยงจากเปลวไฟหรือความชื้น เช่น อุตสาหกรรมการบิน การผลิตอุปกรณ์ทางทหาร เป็นต้น

การพัฒนาเทคโนโลยีเพิ่มเติม ควรศึกษาการปรับปรุงกระบวนการแอตโมเซลล์าโพลีเมอร์ไรเซชัน เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการยึดเกาะของนาโนซิลิกากับพื้นผิวผ้า และค้นหาวิธีการเพิ่มปริมาณนาโนซิลิกาโดยไม่ส่งผลกระทบต่อคุณสมบัติของผ้าในแง่ของความยืดหยุ่นและความทนทาน

การพัฒนาในด้านความปลอดภัย ควรมีการศึกษาความปลอดภัยในการใช้วัสดุที่ได้รับการเคลือบจากมุมมองของสุขภาพและสิ่งแวดล้อม เช่น การทดสอบความเป็นพิษในระยะยาว หรือการตรวจสอบผลกระทบต่อสุขภาพของผู้ใช้งานที่ต้องสัมผัสกับวัสดุเหล่านี้ในระยะยาว

5.3 ข้อเสนอแนะต่อผู้ที่เกี่ยวข้องสำหรับการดำเนินงานในระยะต่อไป

การวิจัยเพิ่มเติมในด้านการปรับปรุงคุณสมบัติผ้า ควรศึกษาคุณสมบัติการต้านเชื้อโรคและการป้องกันสิ่งสกปรกเพิ่มเติม ซึ่งจะช่วยเพิ่มความสามารถในการใช้งานชุดปฏิบัติงานในสภาพแวดล้อมที่มีการปนเปื้อนทางชีวภาพหรือในสถานการณ์ที่ต้องการความสะอาดสูง

การศึกษาเกี่ยวกับผลกระทบในระยะยาว ควรมีการศึกษาผลกระทบระยะยาวของการใช้วัสดุที่ได้รับการเคลือบจากมุมมองของประสิทธิภาพในการใช้งาน และการเปลี่ยนแปลงในคุณสมบัติของผ้าเมื่อถูกซักล้างหรือใช้งานในระยะยาว

5.4 ปัญหาและอุปสรรคในการทำงาน

การขาดอุปกรณ์การทดสอบคุณสมบัติผ้า

เอกสารอ้างอิง



-ร่าง-
ชุดปฏิบัติการ ไฟป่า



สำนักป้องกัน ปราบปราม และควบคุมไฟป่า



ประเด็นหลัก

1. รูปแบบชุด
2. ชนิดผ้า
3. มาตรฐานการห่มวางไฟของผ้า



แบบที่ 2 ลักษณะเสื้อสียาว คอปิด กางเกงขาสั้นแบบมีกระเป๋



แบบที่ 1

เสื้อแขนยาวสีแดง ปลายแขนสีดำ
กางเกงขาสั้นแบบปล่อย



กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช

แบบที่ 3 ลักษณะเสื้อคลุมชิปขาว คอพับ มีแถบสะท้อนแสง
กางเกงขาสั้นแบบมีกระเป๋



แบบที่ 4

ลักษณะชุดหมวกคลุม
สามารถถอดออกทั้ง
ชุดในระหว่างที่ไม่ได้
ปฏิบัติงานได้



แบบที่ 5

เสื้อคลุม แบบzipครึ่ง
ตัว





ประเด็นหลัก

1. รูปแบบชุด

2. ชนิดผ้า

3. มาตรฐานการทอของผ้า

ชื่อผ้าทางการค้า	ลักษณะผ้า	ข้อดี	ข้อด้อย
ผ้าเวสปอยท์	ผลิตจากเส้นใยฝ้าย (Cotton 100%)	1. ผ้าหนา ทนทาน ต่อการฉีกขาด 2. ระบายอากาศได้ดี 3. ป้องกันสะเก็ดไฟ ติดไฟไม่ลุกลาม	1. เนื้อผ้าที่ ก่อนใช้งานยับง่าย และมีสีซีดลง 2. การหดของเนื้อ และทรงผ้า

ชื่อผ้าทางการค้า	ลักษณะผ้า	ข้อดี	ข้อด้อย
ผ้า FR –COTTON	98%Cotton, 2% Antistatic	1. ผ้ากันไฟ ที่มีคุณสมบัติทน หน่วง และไม่ติดไฟ กันไฟ 2. การใช้งานที่ 50-80 ของการซัก 3. กันกรด กันสารเคมี	



ประเด็นหลัก

1. รูปแบบชุด
2. ชนิดผ้า

3. มาตรฐานการหน่วงไฟของผ้า



มาตรฐานการหน่วงไฟ	การทดสอบ	ค่ามาตรฐานการทดสอบ
ISO 6942:2002	Protective clothing เป็นการทดสอบระยะเวลาการสัมผัสความร้อนทำให้อุณหภูมิเพิ่มขึ้น	Class 1 temperature increase occurs after ≥ 7 seconds Class 2 temperature increase occurs after ≥ 16 seconds.
ISO 17493	Clothing and equipment for protection against heat – Test method for convective heat resistance using a hot air circulating oven.	180°C (260°C optional)
มาตรฐานการหน่วงไฟ	การทดสอบ	ค่ามาตรฐานการทดสอบ
ISO 6942:2002	Protective clothing เป็นการทดสอบระยะเวลาการสัมผัสความร้อนทำให้อุณหภูมิเพิ่มขึ้น	Class 1 temperature increase occurs after ≥ 7 seconds Class 2 temperature increase occurs after ≥ 16 seconds.
ISO 17493	Test method for convective heat resistance using a hot air circulating oven.	180°C (260°C optional)
ISO 15025	Method of test for limited flame spread	

Method 2. Preparation of P-PSA emulsion

Semi-continuous emulsion polymerization (500-mL four-neck flask equipped)

DNS-86 and NaHCO_3 + 500-mL four-neck flask equipped (DI Water)

→ Raised T = 75°C rate 250 rpm

+ Monomers (St, BA, N-MA) + APS aqueous solution

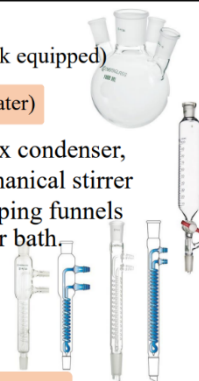
Added drop by drop P-monomer lasting 3 hr

→ Raised T = 80°C t = 2hr

Cooled to room temperature
pH ~ 6 by NaOH solution (5 wt%).

→ P-PSA emulsion

- reflux condenser,
- mechanical stirrer
- dropping funnels
- water bath



Equipment

1. Beaker 250 ml
2. Erlenmeyer flask 250 ml
3. Water bath/Basin 1000 ml + Thermometer
4. Hotplate & Stirrer



Method 1. Preparation of P-monomer

HEMA 130.2 g (1 mol) + Hydroquinone 0.5 g + Stirrer [250 ml]

↓ P_2O_5 (0.5 mol) 71.0 g (T < 15°C for 1 hr)
(แบ่งใน flask 5 ขวด)

Mono-phosphate ester
 Di-phosphate ester
 Tri-phosphate ester
 Pyrophosphoric acid

→ Raised T = 40°C for 1 hr and Next T = 70°C for 3 hr

↓ HEMA 13g (0.1 mol) + P_2O_5 (แบ่งใน flask 5 ขวด)

↓ Analyzed by HNMR and potentiometric titration method

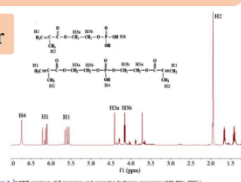


Figure 2. ^1H NMR spectrum of P-monomer and respective hydrogen-monomers (H₂O, CH₂O).

→ Show that P-monomer

ภาพที่ 1 การเตรียมความพร้อมในการวิจัย

The screenshot shows a Zoom meeting interface. At the top, there are three video thumbnails of participants: Pantharee DNP, J. Kimkarn Sawasaku, and Tongkietthra. The main content area displays a presentation slide titled "การศึกษการทำวิจัย" (Research Study). The slide includes a diagram showing the research process: "สถานที่ทำวิจัย" (Research Location) -> "การศึกษาทำวิจัย" (Research Study) -> "การทำวิจัย" (Research) -> "การวัดและวิเคราะห์ผล" (Measurement and Analysis of Results). The diagram also shows logos for NECTEC, NSTDA, and SYNCHROTRON THAILAND. Below the diagram, there is a video thumbnail of a researcher. The bottom part of the slide contains text in Thai and English:

การเพิ่มประสิทธิภาพผ้าให้มีความหน่วงไฟด้วยวัสดุประกอบนาโน เพื่อประยุกต์ใช้ในการปฏิบัติงานของผู้พิทักษ์ป่า

Enhancing fire retardant properties in fabrics based nanocomposites for ranger application

สาขาการวิจัย สาขาการวิจัยหลัก วิศวกรรมและเทคโนโลยี
สาขาวิจัยย่อย นาโนเทคโนโลยี

At the bottom right, there is a small box that says "NEW Introducing Zoom Apps Discover and add apps to enhance your Zoom experience".

ภาพที่ 2 การประชุมคณะนักวิจัยผ่านระบบออนไลน์

คำสั่งกรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช
ที่ ๕ ๒๓ ๕ /๒๕๖๔
เรื่อง แต่งตั้งคณะกรรมการกำกับโครงการวิจัย ที่ปรึกษาโครงการวิจัย และคณะทำงานโครงการวิจัย

ด้วยกรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช ได้รับการสนับสนุนทุนอุดหนุนการวิจัย และนวัตกรรม จากกองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. ๒๕๖๕ เพื่อดำเนินโครงการวิจัย เรื่อง การเพิ่มประสิทธิภาพทำให้มีความหวังไฟด้วยวัสดุประกอบนาโน เพื่อประยุกต์ใช้ในการปฏิบัติงานของผู้พิทักษ์ป่า และโครงการวิจัย เรื่อง การศึกษาและการพัฒนากระบวนการวนวิธีการใช้อากาศยานไร้คนขับระยะไกลในการบินตรวจสอบสภาพป่าเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพด้านป้องกันและปราบปราม

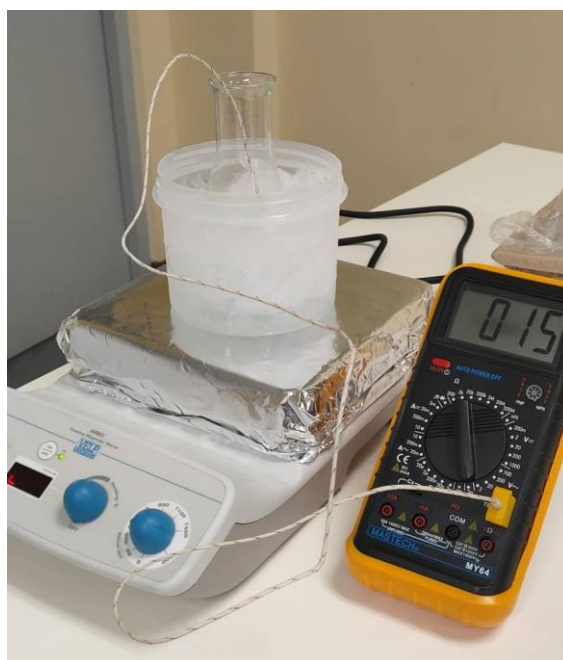
กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช พิจารณาแล้ว เพื่อให้การดำเนินการโครงการวิจัย เรื่อง การเพิ่มประสิทธิภาพทำให้มีความหวังไฟด้วยวัสดุประกอบนาโนเพื่อประยุกต์ใช้ในการปฏิบัติงานของผู้พิทักษ์ป่า และโครงการวิจัย เรื่อง การศึกษาและการพัฒนากระบวนการวนวิธีการใช้อากาศยานไร้คนขับระยะไกลในการบินตรวจสอบสภาพป่าเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพด้านป้องกันและปราบปราม เป็นไปตามเป้าหมายและบรรลุวัตถุประสงค์ ฉะนั้น อาศัยอำนาจตามความในมาตรา ๓๒ แห่งพระราชบัญญัติระเบียบบริหารราชการแผ่นดิน พ.ศ. ๒๕๓๔ ซึ่งแก้ไขเพิ่มเติมโดยพระราชบัญญัติระเบียบบริหารราชการแผ่นดิน (ฉบับที่ ๕) พ.ศ. ๒๕๔๕ มาตรา ๒๓ และมาตรา ๖๒ แห่งพระราชบัญญัติอุทยานแห่งชาติ พ.ศ. ๒๕๖๒ ข้อ ๖ ของระเบียบกรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช ว่าด้วยการปฏิบัติของพนักงานเจ้าหน้าที่ในอุทยานแห่งชาติวนอุทยาน สวนพฤกษศาสตร์ และสวนรุกขชาติ พ.ศ. ๒๕๖๔ มาตรา ๕๔ มาตรา ๕๖ มาตรา ๖๗ มาตรา ๗๒ และมาตรา ๑๑๖ แห่งพระราชบัญญัติสงวนและคุ้มครองสัตว์ป่า พ.ศ. ๒๕๖๒ จึงแต่งตั้งคณะกรรมการกำกับโครงการวิจัย ที่ปรึกษาโครงการวิจัย และคณะทำงานโครงการวิจัย ดังนี้

๑. คณะกรรมการกำกับโครงการวิจัย

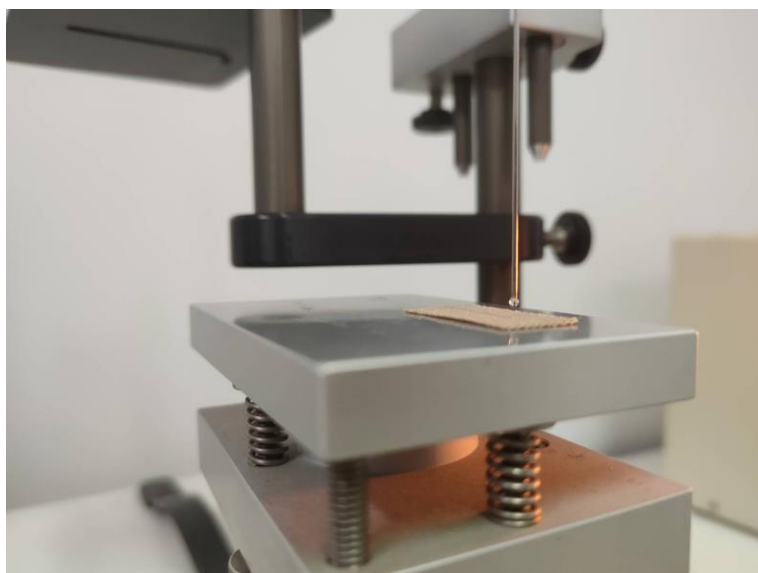
องค์ประกอบ

- | | |
|--|---------------------|
| ๑.๑ ผู้อำนวยการสำนักป้องกัน ปราบปราม และควบคุมไฟป่า ประธานกรรมการ | |
| ๑.๒ ผู้เชี่ยวชาญเฉพาะด้านระบบการป้องกัน ปราบปราม และจัดการไฟป่า รองประธานกรรมการ | |
| ๑.๓ ผู้อำนวยการส่วนแผนการป้องกันพื้นที่อนุรักษ์ | กรรมการ |
| ๑.๔ ผู้อำนวยการส่วนควบคุมไฟป่า | กรรมการ |
| ๑.๕ ผู้อำนวยการส่วนยุทธการด้านป้องกันและปราบปราม | กรรมการและเลขานุการ |
| ๑.๖ นางสาว... | |

ภาพที่ 3 คำสั่งแต่งตั้งคณะกรรมการกำกับโครงการวิจัย ที่ปรึกษาโครงการวิจัย และคณะทำงานโครงการวิจัย







ภาพที่ 4 การทดลอง

ภาคผนวก

งบประมาณที่ได้รับแต่ละปี

330,400 บาท

ประวัติผู้วิจัย

ความเชี่ยวชาญ

- การประเมินวัฏจักรผลิตภัณฑ์ (Life Cycle Assessment (LCA))
- วัสดุและการสังเคราะห์อนุภาคนาโน
- การใช้โปรแกรม MATLAB และ ASPEN
- วัสดุประเภทไม้และเซลลูโลส
- คอลลอยด์และอินเทอร์เฟซ

จำนวนผลงานวิจัย (อ้างอิงจาก Google Scholar)

- H-index 3
- Citations 44
- Publications 7

ประวัติการศึกษา

- ปรัชญาดุษฐ์บัณฑิต สาขาวิศวกรรมเคมี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ (ปีที่จบการศึกษา 2564)
- วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเคมี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ (ปีที่จบการศึกษา 2554)
- วิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาเทคโนโลยีเยื่อและกระดาษ
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (ปีที่จบการศึกษา 2551)
- นักวิจัยแลกเปลี่ยน The University of Oklahoma
The University of Oklahoma, Oklahoma, USA
- บริหารธุรกิจบัณฑิต สาขาการจัดการทั่วไป
มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช (กำลังศึกษา)

ประสบการณ์การทำงาน

- | | |
|----------------------|--|
| พ.ศ. 2565 - ปัจจุบัน | บริษัทสตาร์ทอัพ |
| พ.ศ. 2564 - ปัจจุบัน | ผู้ประเมินบทความวิชาการ |
| พ.ศ. 2557 – ปัจจุบัน | นักวิชาการป่าไม้ |
| พ.ศ. 2559 – 2563 | ผู้ช่วยสอน ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ |

พ.ศ. 2554 – 2556 นักวิชาการ องค์การอุตสาหกรรมป่าไม้

ประสบการณ์การโครงการวิจัย

- พ.ศ. 2566 – ปัจจุบัน โครงการวิจัย การพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตถ่านจากกะลาเผา
- พ.ศ. 2566 – ปัจจุบัน การพัฒนาอุปกรณ์การเรียนแบบ STEM
- พ.ศ. 2565 – 2566 โครงการวิจัย การพัฒนาระบบอัตโนมัติสำหรับควบคุมการยืดเส้นด้ายเพื่อลดปริมาณของเสีย
- พ.ศ. 2565 – 2566 โครงการวิจัย การเพิ่มประสิทธิภาพผ้าให้มีความหน่วงไฟด้วยวัสดุประกอบนาโนเพื่อประยุกต์ใช้ในการปฏิบัติงานของผู้พิทักษ์ป่า
- พ.ศ. 2563 – 2564 คณะทำงานโครงการเทคโนโลยีสะอาด
- พ.ศ. 2563 – 2565 คณะทำงานติดตั้งเครื่องผลิตออกซิเจน ณ สถานที่ตั้ง เพื่อใช้สำหรับเครื่องควบคุมออกซิเจนอัตราไหลสูง (High-flow nasal cannula oxygen) เพื่อช่วยผู้ป่วยโควิด-19 ณ โรงพยาบาลสนามเอราวัณ 3
- พ.ศ. 2564 – 2565 คณะทำงานโรงงานต้นแบบ (Pilot Plant) การปรับปรุงคุณภาพไบโอแก๊สเป็นไบโอมีเทน ณ โรงงานชัยวรุฒน์ จ.สมุทรสาคร
- พ.ศ. 2563 – 2564 โครงการวิจัยการพัฒนาคุณสมบัติด้านการนำไฟฟ้าของวัสดุนาโนเหล็กออกไซด์ชนิดฮีมาไทต์และแมกนีไทต์
- พ.ศ. 2559 – 2564 โครงการวิจัยการพัฒนาคอนกรีตชนิดไหลเข้าแบบเองได้ด้วยวัสดุนาโนเหล็กออกไซด์
- พ.ศ. 2551 – 2553 โครงการวิจัย การรีไซเคิลกระดาษประเภทกระดาษที่ใช้ในสำนักงาน

ผลงานวิจัยที่ตีพิมพ์ในวารสารระดับชาติและนานาชาติ

- Kongsat, P. et al. (2024) "Development of an automatic control system for industrial yarn stretching machine to reduce waste", Srinakharinwirot University Journal of Sciences and Technology (in progress)
- Kongsat, P., E. A. O'Rear and T. Pongprayoon (2022). "Conductivity improvement of magnetite and hematite nanoparticles via admicellar polymerization of polypyrrole. Journal of Industrial and Engineering Chemistry, Volume 113, Pages 540-552.
- Kongsat, P., K. Kudkaew, J. Tangjai, E. A. O'Rear and T. Pongprayoon (2021). "Synthesis of

structure-controlled hematite nanoparticles by a surfactant-assisted hydrothermal method and property analysis." Journal of Physics and Chemistry of Solids 148.

Kongsat P, Sinthupinyo S, O'Rear EA, Pongprayoon T. Effect of Morphologically Controlled Hematite Nanoparticles on the Properties of Fly Ash Blended Cement. Nanomaterials (Basel). 2021 Apr 14;11(4):1003.

Chandranupap, P., Chandranupap, P., & Kongsat, P. (2011). Washing Deinking of Mixed Office Wastepaper as a New Resource for Electrical Purposed Paper. Advanced Materials Research, 287-290, 3024-3027.

Chandranupap, P., Chandranupap, P., & Kongsat, P. (2011). Flotation Deinking of Xerographic and Laser-Printed Paper: Influence of Surface-Active Substances. Advanced Materials Research, 287-290, 3028-3031.

Kongsat, P. et al. (2011). Deinking Xerographic and Laser-Printed Paper as a New Resource of Electrical Purpose Paper." Oral presentation International conference PACCON 2011 pp 617-620

รางวัล

- รางวัล Outstanding Award "RRI U Forum 2018 Thailand Research Fund"
- Outstanding Award "ChE Seminar MChE-DChE 2016"
- Research and Researchers Funds for Industries (RRI)

การฝึกอบรม

- แผนธุรกิจและการวิจัยทางธุรกิจ
- หลักสูตรการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์และนวัตกรรมจัดการของเสียอุตสาหกรรมอย่างยั่งยืน จากมหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช
- แนวทางปฏิบัติตามกฎหมายการระบายมลพิษอุตสาหกรรมทางน้ำ (WPMS) กรมโรงงานอุตสาหกรรม
- โครงสร้างรูปแบบธุรกิจ (Structuring Business Model) สำนักงานนวัตกรรมแห่งชาติ (องค์การมหาชน)
- การใช้งานโปรแกรม GUI-MATLAB จากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
- ภาษาญี่ปุ่นเบื้องต้น จากสถาบันภาษา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
- สำนักงานสีเขียว จากกรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม
- Climate Adaptation: ความรู้เบื้องต้นด้านการปรับตัวต่อผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ จากองค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก
- Climate Change and Sustainable Development : การพัฒนาอย่างยั่งยืนที่ตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ จากองค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก
- Climate Finance จากองค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก

- Carbon Footprint for Organization
- Business and GHG Emission Reduction
- Seminar on Capacity-building for Officials from Parties Implementing CITES
- ISO 9001:2015 Requirement course quality management system บริษัท Q&A Quality and Calibration Co., LTD.
- หลักเกณฑ์และแนวทางการปฏิบัติตามกฎหมาย การระบายมลพิษอุตสาหกรรมผ่านระบบเผ่าระวัง และเตือนภัยมลพิษระยะไกล (POMS)
- CFO 01: Business and GHG Emission Reduction
- CFO_02 : CFO 02 Carbon Footprint for Organization
- โครงการพัฒนาศุลากรด้านทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม หลักสูตรชุมชนต้นแบบการจัดการทรัพยากรธรรมชาติด้วยเศรษฐกิจหมุนเวียน กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม