



รายงานฉบับสมบูรณ์

การปรับปรุงคุณภาพผงไหมและนำไปใช้เตรียมหน้ากากอนามัยฆ่าเชื้อโรค และการ
วิเคราะห์สถานภาพเทคโนโลยี นวัตกรรม ในกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์จากไหม
อย่างยั่งยืน

Surface modification of silk powder and hygiene mask from silk
powder prototype product and The status analysis on knowledge
technology and innovation researches of silk production in Thailand

โดย ผศ.ดร.กฤษณา ศิริเลิศมุกุล และคณะ

ธันวาคม 2562

สัญญาเลขที่ RDG62T0042

(ร่าง) รายงานฉบับสมบูรณ์

การปรับปรุงคุณภาพผงไหมและนำไปใช้เตรียมหน้ากากอนามัยฆ่าเชื้อโรค และการ
วิเคราะห์สถานภาพเทคโนโลยี นวัตกรรม ในกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์จากไหม
อย่างยั่งยืน

Surface modification of silk powder and hygiene mask from silk
powder prototype product and The status analysis on knowledge
technology and innovation researches of silk production in Thailand

คณะผู้วิจัย

ผศ.ดร.กฤษณา ศิริเลิศมุกุล

ผศ.ดร.รัฐพล รังกุพันธุ์

ดร.นาฏนัตตา รอดทองคำ

ดร.นิภาพรพรณ โสติยานนท์

นางสาวปราณี รัตนวลีโรจน์

สังกัด

สถาบันวิจัยโลหะและวัสดุ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สถาบันวิจัยโลหะและวัสดุ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สถาบันวิจัยโลหะและวัสดุ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สถาบันวิจัยโลหะและวัสดุ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สถาบันวิจัยโลหะและวัสดุ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ชุดโครงการ “การพัฒนาอุตสาหกรรมขนาดกลางและขนาดย่อม” ปีงบประมาณ 2561

สนับสนุนโดย สำนักงานการวิจัยแห่งชาติ (วช.) และ

สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สกสว.)

(ความเห็นในรายงานฉบับนี้เป็นของผู้วิจัย วช. - สกสว. ไม่จำเป็นต้องเห็นด้วยเสมอไป)

บทสรุปผู้บริหาร

จากการวิจัยพบว่าโปรตีนเซรีซินที่เป็นสารต้องถูกกำจัดออกจากกระบวนการผลิตเส้นใยไหมมีในปริมาณร้อยละ 20-30 องค์ประกอบรวมของไหม โดยที่ผู้ประกอบการสามารถนำเซรีซินที่แยกสกัดได้นี้กลับมาใช้ประโยชน์ได้ในรูปผลิตภัณฑ์ผงเซรีซินในงานเครื่องสำอาง การปรับปรุงคุณภาพเซรีซินโดยการทำให้บริสุทธิ์และสามารถนำมาใช้เป็นสารเคลือบแผ่นกรองในงานเตรียมหน้ากากอนามัยต้นแบบ โดยใช้เทคนิคอิเล็กโตรสปีนนิ่งในการขึ้นรูปเป็นเส้นใยนาโน บ่งชี้ถึงแนวทางในการนำไปใช้ประโยชน์ใหม่ของสารเซรีซิน ในด้านการรวบรวมข้อมูลงานวิจัย ในโครงการนี้ได้จัดทำข้อมูลงานวิจัยที่เกี่ยวกับการใช้ประโยชน์จากเซรีซินและไฟโบรอินซึ่งแยกสกัดได้จากส่วนของวัสดุเหลือทิ้งจากกระบวนการผลิตไหม แสดงให้เห็นถึงทิศทางการวิจัยที่เกี่ยวข้อง และได้ร่วมจัดกิจกรรมให้ความรู้กับทางพัฒนาการของจังหวัดหนองคาย ในการให้ความรู้และทักษะด้านการใช้สีย้อมธรรมชาติจากแหล่งวัตถุดิบในท้องถิ่น แก่กลุ่มวิสาหกิจชุมชนทอผ้าฝ้ายในเขตอำเภอรัตนวาปี จังหวัดหนองคาย ซึ่งมีการใช้สีย้อมเคมีในการย้อมเส้นด้ายฝ้ายและไหม

บทคัดย่อภาษาไทย

จากการวิจัยการใช้ประโยชน์จากเซรีซินที่เป็นผลพลอยได้จากกระบวนการผลิตไหม ถูกปรับปรุงคุณภาพโดยใช้เทคนิคอัลตราโซนิกร่วมในกระบวนการแยกเซรีซินพบว่ามีสารเซรีซินร้อยละ 28 จากส่วนของเศษไหมจากกระบวนการผลิต และได้นำเซรีซินที่เตรียมได้มาทำการขึ้นรูปเป็นเส้นใยนาโนพอลิเมอร์ผสมด้วยเทคนิคอิเล็กโตรสปินนิงในการปรับปรุงแผ่นกรอง ทดสอบประสิทธิภาพการกรองอนุภาคฝุ่นละอองในอากาศและสมบัติแผ่นกรองที่ปรับปรุงได้ เพื่อประเมินความเป็นไปได้ในการนำไปใช้เป็นหน้ากากอนามัย พบว่าแผ่นกรองที่ปรับปรุงด้วยเซรีซินและใช้เทคนิคอิเล็กโตรสปินนิงในการเตรียมสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการกรองอนุภาคขนาดเล็กได้โดยมีผลทำให้ความต้านทานการไหลของอากาศเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยและจากข้อมูลสถานภาพงานวิจัยการใช้ประโยชน์จากส่วนต่างๆ ของรังไหมและเศษเหลือทิ้งจากไหมจากบทความวิจัยทั้งในและต่างประเทศ พบว่ามีการนำเซรีซินและเศษไหม ที่ผ่านกระบวนการแปรรูปไปใช้ประโยชน์ในกลุ่มผลิตภัณฑ์ทางการแพทย์และเครื่องสำอางเป็นหลัก โดยใช้กระบวนการทางเคมีในการแปรรูปเป็นส่วนใหญ่ และมีส่วนน้อยที่ใช้วิธีทางชีวภาพในการนำเอนไซม์มาร่วมในกระบวนการแยกสกัดและใช้ในรูปแบบผลิตภัณฑ์ผงแห้งและขึ้นรูปต่อเป็นเส้นใยนอนวovens หรือเมมเบรน

Abstract

In this study, sericin as a by-product from silk process can be modified by using ultrasonic technique combined with extraction method. The results obtained indicate 28% yield from extracting silk waste in silk process. The extracted sericin was used to electrospin into nanofibers by electrospinning process for modifying filter membrane. The efficiency of dust particle filter in the air and improved filter properties to assess the possibility of being used as a face mask was displayed that the filter membrane modified with sericin using electrospinning can increase the efficiency for a small particle filter with a slightly increase in air flow resistance. In addition, the research information about the utilization from cocoons and silk scraps from national and international research articles obtained that the modified sericin and silk waste was mainly used in medical and cosmetic applications. The modified silk waste was mainly used chemical process; a few used biological methods to integrate enzymes in the extraction process. The dry powder form was formed into nonwoven or membrane.

สารบัญ

หัวข้อ		หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย		ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ		ค
สารบัญ		ง
สารบัญตาราง		ฉ
สารบัญภาพ		ช
บทที่ 1	บทนำ	
1.1	ความสำคัญและที่มาปัญหา	1
1.2	วัตถุประสงค์ของการวิจัย	3
1.3	ขอบเขตของการวิจัย	3 จ
1.4	ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากโครงการ	3
1.5	กรอบแนวความคิดของการวิจัยและขั้นตอนการวิจัยในภาพรวม	3
1.6	แผนกิจกรรมวิจัยตลอดระยะเวลาโครงการ	5
บทที่ 2	การสืบค้น วรรณกรรม/สารสนเทศที่เกี่ยวข้อง	6-8
บทที่ 3	วิธีดำเนินการวิจัย	
3.1	วัตถุดิบตั้งต้นในเตรียมผงไหมและเซรีซิน	9
3.2	การเตรียมผงไหมบริสุทธิ์ด้วยเทคนิคอัลตราโซนิก	11
3.3	การใช้ประโยชน์จากเซรีซินและไหมไฟโบรอินในการเตรียมน้ำกากอนมัยต้นแบบ	12
บทที่ 4	ผลการทดลอง	
4.1	การเตรียมผงไหมไฟโบรอินและกากเซรีซิน	17
4.2	การตรวจสอบโครงสร้างสัณฐานวิทยาของไหมก่อนและหลังการลอกกากไหม	18
4.3	สมบัติของแผ่นกรองที่มีเซรีซินและผงไหมเป็นส่วนผสมสำหรับการเตรียมน้ำกากอนมัยต้นแบบ	19
4.4	การตรวจสอบประสิทธิภาพของแผ่นกรองอากาศ	26
4.5	สถานภาพข้อมูลการวิจัย เทคโนโลยี และสิทธิบัตรที่เกี่ยวข้องในการผลิตผลิตภัณฑ์มูลค่าเพิ่มจากไหมและ วัสดุเหลือทิ้งจากกระบวนการผลิตไหม	33
บทที่ 5	สรุปผลการทดลอง	55
รายการเอกสารอ้างอิง		56
ภาคผนวก		60

สารบัญตาราง

	หัวข้อ	หน้า
บทที่ 4		
ตารางที่	4.1 ผลการลอกกาวไหม	17
ตารางที่	4.2 ผลของกระบวนการปรับปรุงแผ่นกรองต่อประสิทธิภาพการกรองอนุภาคนาขนาดต่างๆ	29
ตารางที่	4.3 รายงานการวิจัยในประเทศไทย เกี่ยวกับการนำส่วนต่างๆ ของรังไหมและเศษเหลือ ทิ้งจากไหมมาใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆ	33
ตารางที่	4.4 สรุปสถานภาพเซรีซินจากบทความทางวิชาการ	44
ตารางที่	4.5 สรุปสถานภาพไฟโบรอินจากบทความทางวิชาการ	50

หัวข้อ			หน้า
ภาพที่	4.15	แสดงผลของกระบวนการปรับปรุงแผ่นกรองต่อค่าประสิทธิภาพการกรองอนุภาค PM 2.5 ของแผ่นกรองชนิดต่างๆ	28
ภาพที่	4.16	แสดงการทดสอบค่าความแตกต่างของความดัน ของแผ่นกรองชนิดต่างๆ	28
ภาพที่	4.17	ประสิทธิภาพการกรองอนุภาค PM 2.5 และ PM10 ของหน้ากากกรองที่มีจำหน่ายในท้องตลาดชนิดต่างๆ	32

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

แนวทางหนึ่งในการพัฒนาตลาดผลิตภัณฑ์ผ้าไทย คือการนำนวัตกรรม เทคโนโลยี ด้านวัสดุ มาใช้ในการพัฒนา ยกระดับคุณภาพผ้าไทย ไม่ว่าจะเป็นเรื่องของการพัฒนาคุณภาพวัสดุคือเส้นใย สร้างสมบัติพิเศษ สร้างความแตกต่าง ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ผ้าที่มีคุณภาพ เป็นที่ต้องการตลาด ได้รับความดี มีความทันสมัย มีเอกลักษณ์ และมีสมบัติพิเศษใหม่ๆ อุตสาหกรรมการผลิตผ้าไทยในประเทศ มีทั้งระดับครัวเรือน วิสาหกิจชุมชน ไปจนถึงระดับอุตสาหกรรมที่มีการใช้เครื่องจักรอุตสาหกรรมที่ทันสมัย เรามีผลิตภัณฑ์ผ้าไทยที่เป็นเอกลักษณ์ คือการนำเส้นใยธรรมชาติมาผลิต ทั้งชนิดที่เป็นวัสดุดั้งเดิมที่มีการใช้มายาวนาน เช่น เส้นไหม ฝ้าย กัญชง จนถึงการใช้เส้นใยธรรมชาติชนิดใหม่ๆ ที่มีศักยภาพ เช่น ใผ่ ไยส้ปประด พางข้าว และอื่นๆ ก่อให้เกิดงานวิจัยและพัฒนากระบวนการผลิตที่เหมาะสมกับเส้นใยที่พัฒนาขึ้นใหม่ นอกจากนี้การพยายามพัฒนาให้เกิดเทคโนโลยีสะอาด โดยการเลือกใช้วิธีการผลิต สารที่ใช้ในการผลิต ที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม มีความปลอดภัย ไปจนถึงการนำผลพลอยได้จากกระบวนการผลิต มาแปรรูปเกิดเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ที่มีมูลค่าสูง เป็นการลดปัญหาและมลภาวะจากวัสดุเหลือทิ้งในกระบวนการผลิต ซึ่งปัจจุบันมีงานวิจัยที่ศึกษา เรื่องกระบวนการผลิต การปรับปรุงคุณภาพผลิตภัณฑ์ และการใช้ประโยชน์จากผลพลอยได้รวมทั้งวัสดุเหลือทิ้งจากการผลิตเกิดขึ้นจำนวนมาก ที่นำไปสู่การสร้างเงิน สร้างรายได้ทั้งต่อเกษตรกร และผู้ประกอบการในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ผ้าไทยและการสร้างผลิตภัณฑ์ต่อยอด

ในการผลิตผ้าไหม มีผลพลอยได้จากกระบวนการผลิต คือ เศษไหม และ รังไหม (Silk cocoon) ที่สามารถนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ที่มีมูลค่าสูงได้ จากประมาณการกลุ่มผู้ประกอบการผลิตภัณฑ์ผ้าไหมทั่วประเทศ พบว่ามีปริมาณเศษไหมหลังกระบวนการผลิตผ้าไหมมากกว่า 200 ตันต่อปี มีการผลิตเป็นผงไหม (Silk powder) จากเศษไหม (Fibroin) และกาวไหม (Sericin) ทั้งสองส่วนนี้เป็น

โปรตีนที่มีประโยชน์ สามารถนำมาต่อยอดแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ด้านสุขภาพและความงามได้ ด้วยสมบัติเด่นของผงไหม ในการเพิ่มความชุ่มชื้น ให้สัมผัสที่นุ่มละเอียด บำรุงผิวพรรณ ชะลอริ้วรอย ลดการเกิด ฝ้า กระ มีความปลอดภัย เป็นสารต้านอนุมูลอิสระ และกระตุ้นการสร้างภูมิคุ้มกันต่อแบคทีเรีย จึงมีการแปรรูปมาใช้ในผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางหลายชนิด

นอกจากผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง ผงไหมและกาวไหมยังสามารถนำมาแยกสกัดให้บริสุทธิ์และนำไปใช้ประโยชน์ในด้านอื่น ทั้งทางการแพทย์และเภสัช อาหาร แผ่นเมมเบรนในงานกรองแยก และวัสดุตรวจวัดทางชีวภาพและเคมี

คณะผู้วิจัยซึ่งมีชำนาญด้านเทคโนโลยีการพัฒनावัสดุจากธรรมชาติ สิ่งทอ และการสร้างนวัตกรรมสมบัติพิเศษให้แก่วัสดุ ได้เล็งเห็นถึงศักยภาพในการแปรรูปผลิตภัณฑ์จากผงไหมทางด้านสุขภาพและความปลอดภัย จึงมีแนวคิดในการปรับปรุงคุณภาพผงไหมให้มีสมบัติพิเศษ เพื่อนำมาผลิตเป็นหน้ากากอนามัยป้องกันเชื้อโรค ที่มีสัมผัสนุ่มนวล และปลอดภัยต่อผู้ใช้ โดยในการนี้ ทางห้างหุ้นส่วนจำกัดเรือนไหม-ไบหม่อนผู้ประกอบการผลิตภัณฑ์ผ้าไหมไทย รายใหญ่ของจังหวัดสุรินทร์ เปิดกิจการมาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2468 และพัฒนาสู่ธุรกิจหม่อนและไหมครบวงจร ในปี พ.ศ. 2547 ได้ทำความร่วมมือกับนิคมสร้างตนเองเลี้ยวไหมจังหวัดสุรินทร์ ในพระบรมราชานุเคราะห์ ในการฟื้นฟูการปลูกหม่อนเลี้ยวไหม ในปี พ.ศ. 2558 และได้จัดตั้งศูนย์เรียนรู้วิถีชุมชนคนกับไหม ในการให้ความรู้และเป็นศูนย์กลางเรียนรู้ภูมิปัญญาการผลิตผ้าไหม นอกจากนี้ยังได้มีการพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางและอาหารจากผลพลอยได้ในการผลิตผ้าไหมหลายชนิด อาทิ มาส์กผงโปรตีนไหม รังไหมขัดผิว สบู่โปรตีนไหม เซรั่ม ครีมบำรุงผิว และครีมกันแดด ผลิตภัณฑ์อาหารจากไบหม่อนและผลหม่อน เป็นต้น ด้วยแนวคิดที่ต้องการต่อยอดผลิตภัณฑ์จากผลพลอยได้จากการผลิต ทำให้ผู้ประกอบการสนใจที่นำผลงานวิจัยนี้ไปใช้ ซึ่งทางคณะผู้วิจัยได้เล็งเห็นถึงประโยชน์ของการปรับปรุงคุณภาพผงไหมจากเศษไหมและรังไหม ที่จะช่วยสร้างให้เกิดผลิตภัณฑ์ต่อยอดใหม่ๆ ก่อให้เกิดรายได้แก่เกษตรกรผู้ปลูกหม่อน เลี้ยวไหม และผู้ประกอบการผลิตผ้าไหมได้อย่างยั่งยืน

อย่างไรก็ตาม เรื่องของการเข้าถึงแหล่งข้อมูล องค์ความรู้จากงานวิจัยและพัฒนาด้านผลิตภัณฑ์ผ้าไหมที่มีจำนวนมาก และมีความซ้ำซ้อนกัน ทั้งฐานข้อมูลงานวิจัย ของนักวิจัยจากภาคการศึกษา หน่วยงานวิจัย และหน่วยงานภาครัฐที่ดูแลรับผิดชอบโดยตรง ซึ่งข้อมูลดังกล่าวมีประโยชน์และบางผลงานวิจัยสามารถนำไปปรับใช้ได้ตรงความต้องการของผู้ผลิต และกลุ่มวิสาหกิจชุมชนที่เกี่ยวข้อง และทางคณะผู้วิจัยให้ความสำคัญในการที่จะรวบรวม สรุป และ วิเคราะห์ องค์ความรู้ ฐานข้อมูล

งานวิจัย ที่มีการศึกษาไว้แล้ว สิทธิบัตร และเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้อง และแหล่งข้อมูลหน่วยงานให้บริการ ตรวจสอบและรับรองคุณภาพผลิตภัณฑ์ เพื่อเกิดประโยชน์ต่อกลุ่มผู้ประกอบการสิ่งทอไทย อันจะเป็น การช่วยส่งเสริมการผลิตผ้าไทยให้มีคุณภาพและได้รับการยอมรับในตลาด สร้างรายได้ แก่กลุ่มผู้ผลิต ตั้งแต่ ต้นน้ำ กลางน้ำ ไปจนถึงปลายน้ำ ได้เป็นอย่างดี

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

- 1) เพื่อปรับปรุงสมบัติผืนไหมและเตรียมต้นแบบหน้ากากอนามัยป้องกันเชื้อโรคจากผืนไหม
- 2) เพื่อรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลวิจัย องค์ความรู้ เทคโนโลยี และสิทธิบัตรที่เกี่ยวข้องในการ ผลิตผลิตภัณฑ์มูลค่าเพิ่มจากไหมและวัสดุเหลือทิ้งจากกระบวนการผลิตไหม

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

- 1) การปรับปรุงสมบัติผืนไหมด้วยวิธีทางกายภาพ(เทคนิคอัลตราโซนิก) และการตกแต่งเคลือบ ผิวแบบนอนวูฟเวน
- 2) วัตถุดิบผืนไหมในการวิจัยจากกระบวนการผลิตผ้าไหม นิคมสร้างตนเองเลี้ยงไหม จังหวัด สุรินทร์
- 3) การรวบรวม สรุป และ วิเคราะห์ องค์ความรู้ จากฐานข้อมูลวิจัย ที่มีการศึกษาไว้แล้ว เกี่ยวกับ สิทธิบัตร และเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้อง และสิทธิบัตรที่เกี่ยวข้อง ในการผลิตผลิตภัณฑ์ มูลค่าเพิ่มจากไหมและวัสดุเหลือทิ้งจากกระบวนการผลิตไหมในประเทศ

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากโครงการ

- 1) เทคโนโลยีในการปรับปรุงผืนไหมด้วยเทคนิคอัลตราโซนิกที่เหมาะสมในการนำไปใช้เป็น ผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพ เครื่องสำอาง และอาหาร
- 2) สถานภาพการวิจัย องค์ความรู้ เทคโนโลยีการผลิตและสิทธิบัตรที่เกี่ยวข้อง (ในประเทศ) ใน การผลิตผลิตภัณฑ์มูลค่าเพิ่มจากไหมและวัสดุเหลือทิ้งจากกระบวนการผลิตไหม

1.5 กรอบแนวความคิดของการวิจัยและขั้นตอนการวิจัยในภาพรวม

ในงานวิจัยนี้ คณะผู้วิจัยมีแนวคิดในการปรับปรุงสมบัติของผืนไหมที่แยกสกัดได้จากเศษไหม ปุย ไหม ในการทำบริสุทธิ์ เพื่อใช้เป็นสารเติมแต่งมูลค่าสูง สำหรับผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพด้านต่าง ๆ (การแพทย์ ยา เครื่องสำอาง) ด้วยการใช้เทคนิคทางอัลตราโซนิกคลื่นความถี่สูง โดยที่คลื่นเสียงอัลตราโซนิกเป็นคลื่นเสียงความถี่สูงมากกว่า 20 กิโลเฮิร์ตซ์จนถึง 106 กิโลเฮิร์ตซ์ ซึ่งเป็นช่วงความถี่ที่หู

ของคนปกติไม่สามารถได้ยิน เพราะหูของคนปกติได้ยินเสียงในช่วงความถี่ 16 –16,000 เฮิรตซ์) ความถี่ที่สูงนี้ก่อให้เกิดทั้งผลทางเคมี (Chemical effect) ผลทางชีววิทยา (Biological effect) และผลทางฟิสิกส์ (Physical effect) ในรูปแบบต่าง ๆ กล่าวคือคลื่นเสียง อัลตราโซนิกที่มีความแรงมากจะทำให้เกิดฟองอากาศ เกิดความดันสูง และเกิดความร้อนเฉพาะที่ ซึ่งเป็นผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมี ที่สำคัญ คือ เกิดการออกซิเดชัน (Oxidation) การสลายตัว(Decomposition) การเปล่งแสง (Luminescence) การเกิดผลึก (Crystallization) เป็นต้น ในทางอาหารและยา นิยมใช้เทคนิคทางอัลตราโซนิกคลื่นความถี่สูงนี้ในการช่วยทำให้เกิดการกระจายตัวของอนุภาคยาและส่วนผสมให้เข้ากันได้ดี และมีความเสถียรของผลิตภัณฑ์สูง สำหรับการเตรียมอนุภาคนาโนเทคนิคนี้จะช่วยทำให้อนุภาคนาโนกระจายตัวได้ดี ไม่เกิดการรวมตัวกัน ซึ่งในการปรับปรุงสมบัติของผงไหมไฟโบรอินเพื่อนำไปใช้เป็นผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพนี้ ได้ใช้วิธีทางอัลตราโซนิกร่วมกับการใช้สารปรับสภาพทางเคมี ในการทำให้ผงไหมกระจายตัวได้ดีและมีสมบัติไฮโดรเจลที่เพิ่มขึ้น เพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการนำไปใช้เป็นสารเติมแต่งสำคัญในผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพและผิวพรรณได้มากขึ้น

ทั้งนี้ที่มวิจัยซึ่งมีความเชี่ยวชาญด้านการพัฒนาวัสดุสมบัติพิเศษ จึงมีแนวคิดในการนำไฟโบรอินจากผงไหมและเซรีซินจากกากไหมมาพัฒนาเตรียมหน้ากากอนามัยป้องกันเชื้อโรคจากผงไหม เป็นอีกนวัตกรรมผลิตภัณฑ์รูปแบบหนึ่ง ที่สร้างมูลค่าเพิ่มให้เศษไหมและกากไหมซึ่งเป็นผลพลอยได้จากกระบวนการผลิตผ้าไหม ช่วยต่อยอดเป็นผลิตภัณฑ์จากไหมในอีกรูปแบบหนึ่ง

มลภาวะทางสิ่งแวดล้อมและสิ่งปนเปื้อน เช่น ฝุ่น เชื้อโรค และ ไอสารเคมี ที่มีขนาดเล็กกว่าไมโครเมตร นับวันจะเกิดมีมากขึ้น และเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในปัจจุบัน ส่งผลต่อสุขภาพของมนุษย์ ผลิตภัณฑ์ที่ช่วยป้องกัน เช่น หน้ากากกรองฝุ่นที่มีจำหน่ายในท้องตลาด ไม่สามารถกรองอนุภาคที่มีขนาดเล็กกว่า 1 ไมโครเมตร แต่ด้วยนวัตกรรมเทคโนโลยีการเตรียมแผ่นเยื่อบางที่มีขนาดรูพรุนเล็กกว่า 500 นาโนเมตร เช่น เทคนิคอิเล็กโตรสปินนิง ทำให้สามารถกรองอนุภาคขนาดเล็กและเชื้อโรคที่มีขนาดเล็กกว่า 1 ไมโครเมตรได้ วัสดุที่ใช้ในการเตรียมกรองที่มีประสิทธิภาพนี้ ได้จากวัสดุกลุ่มพอลิเมอร์ชีวภาพที่มีความปลอดภัยต่อมนุษย์ อาทิ พอลิแลกติกแอซิด หรือ PLA พอลิคาโพรแลคโตน หรือ PCL ไคโตซานและไฟโบรอินซึ่งเป็นโปรตีนจากไหม

เทคนิคนี้คือการเตรียมเส้นใยขนาดเล็กหรือนาโนไฟเบอร์และมีการจัดเรียงดังในรูปแผ่นเยื่อบางที่มีพื้นผิวจำนวนมากในการกรองหรือรองรับอนุภาคขนาดเล็กกว่าไมโครเมตร มีความแข็งแรง และทนต่อสภาวะการใช้งานได้ดี แผ่นเยื่อบางที่เตรียมได้จึงเหมาะสมยิ่งในการนำมาใช้เตรียมหน้ากากอนามัย

บทที่ 2

การทบทวนวรรณกรรม/สารสนเทศที่เกี่ยวข้อง

อุตสาหกรรมผลิตผ้าไหมในประเทศไทย มีการผลิตเส้นไหมมากกว่า 1500 ตัน ต่อปี และมีเศษไหม รังไหม และกากไหมจากกระบวนการผลิตไม่น้อยกว่า 300 ตัน ต่อปี ซึ่งวัสดุกลุ่มนี้เมื่อนำมาแปรรูปสามารถสร้างมูลค่าเพิ่มได้อย่างมากมาย เส้นไหมมีองค์ประกอบหลัก 2 ส่วนคือ เส้นใยไฟโบรอิน ประมาณร้อยละ 70 – 75 และมีเซรีซิน (Sericin) ประมาณร้อยละ 25 - 30 ซึ่งเป็นโปรตีนเช่นกัน แต่ละลายน้ำได้ ทำหน้าที่เป็นกาว “gum-like-protein” ในการยึดเส้นใยไฟโบรอินเข้าด้วยกัน เส้นใยไฟโบรอินถูกนำไปใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆ โดยไฟโบรอินในรูปผงไหมที่ละลายน้ำได้ (Hydrolysate fibroin powder) นิยมใช้เป็นส่วนผสมในเครื่องสำอาง อุตสาหกรรมอาหาร รวมถึงวัสดุทางการแพทย์ เช่น ผิวหนัง เทียม คอนแทคเลนส์ วัสดุสำหรับเพาะเนื้อเยื่อ วัสดุควบคุมการกระจายตัวของยา หรือการใช้เป็นวัสดุสำหรับตรึงเอนไซม์ในงานด้านไบโอเซนเซอร์ เนื่องจากความสะดวกและง่ายต่อการนำไปใช้งาน

ในส่วนของกากไหมหรือสารเซรีซิน (Sericin) มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ต้านเชื้อแบคทีเรีย ป้องกันรังสีอัลตราไวโอเล็ต ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ไทโรซิเนส ซึ่งเกี่ยวข้องกับกระบวนการสังเคราะห์เมลานิน นิยมนำมาใช้เป็นส่วนผสมเครื่องสำอางสำหรับผิว นอกจากนี้เซรีซิน มีสมบัติเป็นไฮโดรเจล ช่วยสร้างความชุ่มชื้นให้กับผิว ลดการสูญเสียน้ำของผิว และช่วยขัดขวางการทำลายเส้นใยอีลาสติน อันเนื่องมาจากเอนไซม์ Elastase ผิวจึงคงความยืดหยุ่นกระชับดีขึ้น และในการนำเซรีซินไปใช้ในอุตสาหกรรมยาและอาหาร เซรีซินมีสมบัติละลายน้ำได้ดี จึงมีการนำไปผสมในเครื่องดื่มและอาหารเป็นผลิตภัณฑ์เสริมโปรตีน ในประเทศญี่ปุ่นพบว่าผลิตภัณฑ์ที่มีส่วนผสมเซรีซิน เช่น ไอศกรีม บะหมี่ ขนมปังและอาหารเสริม

กระบวนการแยกเซรีซินจากไหม หรือการลอกกากไหม ทำได้หลายวิธี เช่น

1. การลอกกากไหมด้วยด่าง (Alkaline degumming)
2. การลอกกากไหมด้วยกรด (Acid degumming)
3. การลอกกากไหมด้วยสบู่ (Soap degumming)
4. การลอกกากไหมด้วยน้ำภายใต้ความดันสูง (High pressure water degumming)
5. การต้มด้วยสารซักฟอกสังเคราะห์ (Synthetic detergent degumming)

6. การลอกกาวยางด้วยเอนไซม์ (Enzymatic degumming)

มีงานวิจัยที่ศึกษากระบวนการแยกเซอรีซินจากน้ำทิ้งหลังการลอกกาวยาง โดยใช้วิธีระเหยหรือให้สารละลายเข้มข้น และทำให้เป็นผงโดยกระบวนการ freeze dry ได้โปรตีนเซอรีซินขนาดน้ำหนักโมเลกุลไม่เกิน 300 กิโลดาลตัน

ในขณะที่ส่วนของเส้นใยไฟโบรอิน (Fibroin fiber) ซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักของเส้นไหมเป็นโปรตีนที่ประกอบด้วยกรดอะมิโนที่เป็นประโยชน์ หลายชนิดที่สำคัญ เช่น ไกลซีน (Glycine) และอะลานีน (Alanine)

Kurioka, A., 2004 ศึกษาสภาวะในการแยกผงเซอรอยซินจากรังไหม ใน 3 วิธี สารละลายกรด สารละลายด่าง และน้ำร้อน พบว่า การแยกในสารละลายกรด ได้ผงเซอรีซินขนาดเล็กช่วง 10-100 ไมโครเมตร และมีการกระจายตัวดีกว่าเมื่อเทียบกับการแยกในสารละลายด่าง และน้ำร้อน และสามารถแยกได้ร้อยละของเซอรีซินมากกว่า 90

Wu, J-U., 2007 ได้ทำการแยกเซอรอยซินจากน้ำทิ้งจากกระบวนการผลิตเส้นไหม ด้วยเอทานอลเข้มข้น 75% สารสกัดเซอรีซินที่มี ทั้งโปรตีน น้ำตาล และกรดอะมิโน และสารสกัดเซอรีซินที่ได้มีฤทธิ์ต้าน tyrosinase activity และมีฤทธิ์ดักจับอนุมูลอิสระ(radical scavenging effect) สารสกัดเซอรีซินที่ได้สามารถนำไปใช้เป็นสารเติมแต่งในผลิตภัณฑ์อาหารได้

Lin, J., 2012 ได้ทำการแยกเซอรีซินจากน้ำเสียจากการแยกเส้นไหม ด้วย อนุพันธ์ไคโตซาน 2-hydroxypropyltrimethyl ammonium chloride chitosan (HACC) โดยศึกษาปัจจัยที่เกี่ยวข้อง ประกอบด้วย พีเอช ปริมาณ HACC และ ช่วงเวลาที่ตกตะกอนแยก ได้สภาวะที่เหมาะสมที่สามารถแยกเซอรีซินได้มากกว่า 75% คือ ที่พีเอช 8 และ HACC 1g/L ตะกอนเซอรีซินที่ได้เป็นของผสมที่มี HACC และสามารถนำไปใช้เป็นสารตกตะกอนสำเร็จสำหรับผ้าโพลีเอสเตอร์ หรือนำไปใช้เป็นสารเติมแต่งอาหารสัตว์ได้

Lu, Q., 2011 ได้ใช้เทคนิค electro-gelation ในการเตรียมอนุภาคนาโนไฟโบรอิน ในสภาวะสารละลายไฟโบรอินเข้มข้น 1% ที่พีเอชต่ำ ได้อนุภาคนาโนไฟโบรอินที่มีการกระจายขนาดตั้งแต่ 10 นาโนเมตร ถึงใหญ่กว่า 1 ไมโครเมตร และมีการนำไปใช้เป็นสารควบคุมการปลดปล่อยยา

Ming, J., 2016 เตรียมเส้นใยไฟโบรอินขนาดเล็กระดับนาโนเมตร 30-50 นาโนเมตร ซึ่งมีสมบัติไฮโดรเจล จากรังไหม ด้วยวิธี gelation ร่วมกับการใช้วิธีตกตะกอนอย่างรวดเร็วด้วยสารเติมแต่ง ได้ไฮโดรเจลในรูปเส้นใยขนาดเล็กระดับนาโน และมีการนำไปใช้เป็นวัสดุโครงร่าง(scaffold) ทางการแพทย์

Lin, S., 2015 ได้ทำการปั่นเส้นใยผสมระหว่างไฟเบอร์อินและพอลิเอทิลีนออกไซด์และมีการเติมสารสกัดเมล็ดองุ่น ได้เส้นใยนาโนผสมที่มีสมบัติพิเศษช่วยเพิ่มการงอกของเซลล์ผิวหนังออกฤทธิ์ต้านจุลชีพ ในการรักษาความเสียหายทางผิวหนัง และการใช้เป็นผิวหนังเทียม

บทที่ 3

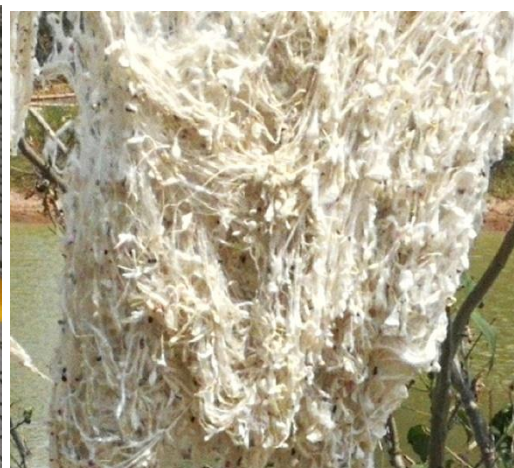
วิธีการดำเนินการวิจัย

3.1 วัตถุดิบตั้งต้นในเตรียมผงไหมและเชริซิน

วัตถุดิบในการวิจัย ได้แก่ ไหมหลังการแยกส่วนหัวไหมหรือเรียกว่ากากไหม จากโรงสาวไหมใน ส่วนโรงงานภายใต้নিคมสร้างตนเองเลี้ยงไหม อำเภอกาบเชิง จังหวัดสุรินทร์ ซึ่งใช้ไหมพันธุ์พื้นเมืองสี เหลืองทอง เป็นวัตถุดิบ



(1) รังไหม



(2) กากหัวไหม

รูปที่ 3.1 วัตถุดิบรังไหม และกากหัวไหมหลังการสาวไหม

แหล่งที่มา โรงสาวไหม นิคมสร้างตนเอง เลี้ยงไหม อำเภอกาบเชิง จังหวัดสุรินทร์



รูปที่ 3.2 กระบวนการต้มและล้างรังไหมก่อนนำเข้ากระบวนการสาวไหม
แหล่งที่มา โรงสาวไหม นิคมสร้างตนเองเลียงไหม อำเภอกาบเชิง จังหวัดสุรินทร์

เศษไหมหลังกระบวนการผลิต นำมาทำการแปรรูปโดยการย่อยขนาดให้เป็นผงเล็กขนาดอนุภาคต่ำกว่า 100 ไมโครเมตรด้วยเครื่องบดลดขนาดชนิด centrifugal mill และนำมาผ่านกระบวนการล้างและตกแต่งที่ผิวให้อนุภาคผงไหมมีการกระจายตัวที่ดีขึ้น



รูปที่ 3.3 วัตถุดิบเศษไหมหลังการสาวไหม
แหล่งที่มา โรงสาวไหม นิคมสร้างตนเองเลียงไหม อำเภอกาบเชิง จังหวัดสุรินทร์

3.2 การเตรียมผงไหมบริสุทธิ์ด้วยเทคนิคอัลตราโซนิก

1) เศษไหมส่วนแยกออกจากการสาวไหม(รูป 3.3) ถูกนำมาบดลดขนาดเป็นผงเล็กๆ จากนั้นนำไปต้มในสารละลาย 0.02M Na_2CO_3 ในสภาวะการใช้คลื่นอัลตราโซนิกความถี่สูง เป็นเวลา 5 10 20 และ 30 นาที เพื่อกำจัดเซรีซิน

2) ล้างผงไหมที่ได้จนหมดสะอาด(ล้างซ้ำ 3-5 ครั้ง) ก่อนนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 3 ชั่วโมง

3) ทำการเตรียมผงไฟโบรอินจากผงไหมที่ได้ โดยการ ละลายผงไหมในสารละลาย 9.30M LiBr ที่สภาวะอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง

4) จากนั้นนำไปทำบริสุทธิ์ด้วยเยื่อเลือกผ่าน(MW cutoff 12,400) ในน้ำกลั่น จนกำจัดสารละลายลิเทียมโบรไมด์ออกจนหมด และนำผงไฟโบรอินที่ได้มาแยกด้วยการปั่นเหวี่ยงที่ความเร็วรอบสูง (9000 rpm)

5) ผงเซรีซินหลังการลอกจากเส้นไหมโดย นำสารละลายที่ได้จากการลอกกาวไหมมาทำการระเหยตัวทำละลายที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส จนกระทั่งสารละลายเข้มข้นเหลือประมาณ 1 ใน 4 ของสารละลายเริ่มต้น จากนั้นนำไประเหยไล่สารละลายที่เหลือออกจนหมดที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส จนกระทั่งได้ผงเซรีซิน

6) การหาปริมาณเซรีซินหรือกาวไหมที่แยกออกมาโดย Bradford assay จะเป็นการทำปฏิกิริยาของโปรตีนกับ Coomassie dye-based ให้สารเชิงซ้อนซึ่งมีสีน้ำเงิน (Bradford, 1976, pp. 248-254) โดย เปรียบเทียบและหาความเข้มข้นของโปรตีนที่สกัดได้กับกราฟมาตรฐานที่ได้จากการวัดค่าการดูดกลืนแสงของซีรัมอัลบูมิน และทำการวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 595 นาโนเมตร

รายละเอียดของการลอกกาวไหมคำนวณได้จาก (Haesung and others, 2013, pp. 59-65)

$$\text{Degumming ratio (\%)} = \frac{W_0 - W_f}{W_0} \times 100$$

เมื่อ W_0 คือ น้ำหนักเส้นไหมก่อนการลอก และ W_f คือ น้ำหนักเส้นไหมหลังการลอก

7) ทำการวิเคราะห์สมบัติ ไฟโบรอินและเซรีซินรีซินที่ได้ด้วยการเปรียบเทียบกับเซรีซินมาตรฐานจากบริษัท Sigma-Aldrich ด้วยเทคนิค Fourier transform infrared spectrometer (FT-IR)

3.3 การใช้ประโยชน์จากเซริซินและไหมไฟโบรอินในการเตรียมน้ำกากอนามัยต้นแบบ

3.3.1 การเตรียมแผ่นกรองที่ถูกปรับปรุงด้วยเส้นใยนาโนเอธิลีนออกไซด์

1) การเตรียมแผ่นกรองที่ถูกปรับปรุงด้วยเส้นใยนาโนเอธิลีนออกไซด์

1.1 เตรียมสารละลายพอลิเมอร์เอธิลีนออกไซด์ ที่ความเข้มข้น 6% w/v (เอธิลีนออกไซด์ 0.6 กรัม ในตัวทำละลายน้ำ 10 มิลลิลิตร)

1.2 นำสารละลายพอลิเมอร์ที่เตรียมได้มาขึ้นรูปด้วยเทคนิคอิเล็กโตรสปินนิง โดยทำการปั่นเส้นใยลงบนแผ่นกรองฐาน (ชั้นกลางของหน้ากาก 3M Nextcare) เป็นเวลา 15, 30, 45, 60, 120 นาที ที่ความต่างศักย์ 20 kV ระยะห่างกับแผ่นรองรับ 10 เซนติเมตร

1.3 นำแผ่นกรอง (3M Base Membrane) ที่ถูกปรับปรุงด้วยเส้นใยนาโนเอธิลีนออกไซด์ มาตัดให้เป็นวงกลมที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.8 เซนติเมตร แล้วนำมาหาประสิทธิภาพการกรองโดยเครื่อง Practical Counter

2) การเตรียมแผ่นกรองแบบธรรมดา

2.1 นำแผ่นกรองมาตัดให้เป็นวงกลมที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.8 เซนติเมตร

2.2 แผ่นกรองที่ตัดให้เป็นวงกลมแล้วนำมาวัดการวัดประสิทธิภาพการกรองโดยเครื่อง Practical Counter

3) การวัดประสิทธิภาพการกรอง

นำแผ่นกรอง (3M Base Membrane) ที่ถูกปรับปรุงด้วยเส้นใยนาโนเอธิลีนออกไซด์ และแผ่นกรองแบบธรรมดามาทำการวัดประสิทธิภาพการกรอง โดยเครื่อง Particle Counter (Lighthouse Handheld 3016-IAQ) ที่สภาวะปกติ โดยสถานที่ทำการตรวจวัด 2 แห่ง คือ บริเวณแยกเฉลิมเผ่า และ บริเวณแยกหน้าตึกจุฬาพัฒน์ 14 ทำการวัดความเข้มข้นของอนุภาคที่อยู่ในอากาศโดยไม่ผ่านแผ่นกรองและผ่านแผ่นกรอง อย่างละ 30 วินาที ทำสลับกันต่อเนื่องจนครบ 3 ครั้งต่อ 1 ตัวอย่าง จากนั้นคำนวณหาประสิทธิภาพการกรอง (Particle Filtration Efficiency , PFE) โดยใช้สมการต่อไปนี้

$$PFE = (1 - C_{Blank}/C_{Filtered}) \times 100\%$$

โดยที่ C_{Blank} คือ ความเข้มข้นของอนุภาคขนาด x micron ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) ที่วัดได้โดยไม่ผ่านแผ่นกรอง
 $C_{Filtered}$ คือ ความเข้มข้นของอนุภาคขนาด x micron ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) หลังผ่านแผ่นกรองที่วัดได้

3.3.2 การปรับปรุงแผ่นกรองด้วยพอลิเมอร์ผสมเซรีซิน

1) การเตรียมแผ่นกรอง (3M, SA-TRONG และ FM-N95/MB30) ที่ถูกปรับปรุงพื้นผิวด้วยเส้นใยนาโนจากพอลิเมอร์ผสม (กาวไหม (เซรีซิน), ไคโตซาน และโพลีไวนิลแอลกอฮอล์) ด้วยเทคนิคอิเล็กโตรสปินนิง

1.1 เตรียมสารละลายกาวไหม (เซรีซิน) ที่ความเข้มข้น 10% w/v, โพลีไวนิลแอลกอฮอล์ ที่ความเข้มข้น 12% w/v ในน้ำกลั่น และไคโตซาน ที่ความเข้มข้น 3% w/v ในกรดอะซิติก

1.2 นำสารละลายพอลิเมอร์ที่เตรียมได้มาผสมกันโดยใช้อัตราส่วนของกาวไหม (เซรีซิน) ต่อไคโตซาน ต่อโพลีไวนิลแอลกอฮอล์ เป็น 1:1:2 ผสมให้เป็นเนื้อเดียวกัน จากนั้นนำสารละลายพอลิเมอร์ผสมมาทำการขึ้นรูปเป็นเส้นใยด้วยเทคนิคอิเล็กโตรสปินนิง โดยทำการปั่นเส้นใยลงบนแผ่นกรองชั้นกลางที่นำมาจากหน้ากากอนามัยยี่ห้อ 3M Nextcare, SaTrong และแผ่นกรอง FM-N95/MB30 (จากประเทศจีน บริษัทผู้ผลิตโฆษณาว่ามีประสิทธิภาพการกรองระดับ N95) ที่ความต่างศักย์ 22 kV ระยะห่างกับแผ่นรองรับ 10 เซนติเมตร ที่เวลา 1, 3 และ 6 ชั่วโมง

1.3 นำแผ่นกรอง 3M Nextcare, SaTrong NG และ FM-N95/MB30 ถูกปรับปรุงพื้นผิวด้วยเส้นใยนาโนจากพอลิเมอร์ผสม ไปทำการศึกษาพื้นฐานและรายละเอียดของลักษณะพื้นผิว โดยใช้ Scanning Electron Microscope (SEM)

1.4 นำแผ่นกรอง 3M Nextcare, SaTrong และ FM-N95/MB30 ถูกปรับปรุงพื้นผิวด้วยเส้นใยนาโนจากพอลิเมอร์ผสม มาตัดให้เป็นวงกลมที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.8 เซนติเมตร เพื่อนำมาหาประสิทธิภาพการกรองโดยเครื่อง Practical Counter

2) การเตรียมแผ่นกรอง (3M, SA-TRONG และ FM-N95/MB30) โดยเทคนิคการจุ่มอัด-อบความร้อน (pad-dry-cure)

2.1 เตรียมสารละลายเซรีซิน ที่ความเข้มข้น 1% w/v, 5% w/v และ 7% w/v ในน้ำกลั่น

2.2 นำแผ่นกรอง 3M, SA-TRONG และ FM-N95/MB30 มาจุ่มลงในสารละลายพอลิเมอร์ที่เตรียมได้ จากนั้นนำมารีดด้วยเครื่อง Padder ทำทั้งหมด 3 รอบ

2.3 นำแผ่นกรอง 3M, SA-TRONG และ FM-N95/MB30 ที่ถูกรีดแล้วนำมาทำให้แห้ง (Dry) ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 นาที

2.4 แผ่นกรอง 3M, SA-TRONG และ FM-N95/MB30 ที่แห้งแล้วไปทำการศึกษาพื้นฐานและรายละเอียดของลักษณะพื้นผิว โดยใช้ Scanning Electron Microscope (SEM)

2.5 นำแผ่นกรอง 3M, SA-TRONG และ FM-N95/MB30 ที่แห้งแล้วมาตัดให้เป็นวงกลมที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.8 เซนติเมตร เพื่อนำมาหาประสิทธิภาพการกรองโดยเครื่อง Practical Counter

3) การศึกษาพื้นฐานและรายละเอียดของลักษณะพื้นผิว โดยใช้ Scanning Electron Microscope (SEM)

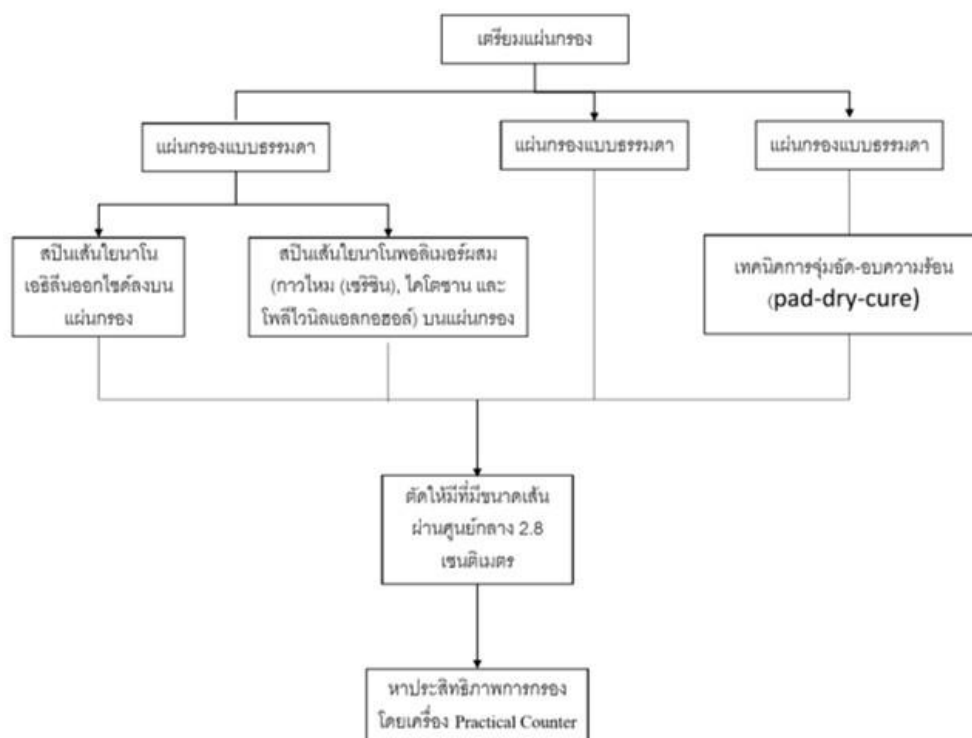
4) การวัดประสิทธิภาพการกรอง

นำแผ่นกรองที่ได้มาทำการวัดประสิทธิภาพการกรอง โดยเครื่อง Particle Counter (Lighthouse Handheld 3016-IAQ) ภายใต้สภาวะจำลองโดยใช้อนุภาคที่ได้จากการเผาไหม้ของรูปเป็นอนุภาคตัวอย่างในห้องขนาดประมาณ 55 ตารางเมตร ปริมาตรประมาณ 135 ลูกบาศก์เมตร ทำการวัดความเข้มข้นของอนุภาคที่อยู่ในอากาศโดยไม่ผ่านแผ่นกรองและผ่านแผ่นกรอง อย่างละ 30 วินาที ทำสลับกันต่อเนื่องจนครบ 5 ครั้งต่อ 1 ตัวอย่าง เพื่อลดความคลาดเคลื่อนจากการข้อจำกัดในสร้างอนุภาคตัวอย่าง ผู้วิจัยจึงคัดเลือกชุดข้อมูลที่มีความเข้มข้นอนุภาคขนาด 0.3 ไมครอน ถึง 2.5 ไมครอน ของการวัดโดยไม่ผ่านแผ่นกรองมีค่าใกล้เคียงกันมากที่สุดจำนวน 3 ชุด (พิจารณาจากค่า standard deviation ในชุดข้อมูลนั้นๆ) เพื่อนำมาคำนวณหาประสิทธิภาพการกรอง (Particle Filtration Efficiency , PFE) โดยใช้สมการต่อไปนี้

$$PFE = (1 - C_{Blank}/C_{Filtered}) \times 100\%$$

โดยที่ C_{Blank} คือ ความเข้มข้นของอนุภาคขนาด x micron ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) ที่วัดได้โดยไม่ผ่านแผ่นกรอง
 $C_{Filtered}$ คือ ความเข้มข้นของอนุภาคขนาด x micron ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) หลังผ่านแผ่นกรองที่วัดได้

(อนึ่ง ข้อมูลที่ได้นี้เป็นการตรวจวัดในภายใต้สภาวะจำลองที่ห้องปฏิบัติการกำหนดขึ้น ไม่สามารถใช้เป็นตัวแทนเพื่อบ่งชี้ประสิทธิภาพโดยรวมของผลิตภัณฑ์ทางการค้าที่นำมาทดสอบ)



รูปที่ 3.4 ขั้นตอนการทำงานในการปรับปรุงผิวแผ่นกรองสำหรับใช้เตรียมหน้ากากอนามัยต้นแบบ



รูปที่ 3.5 การเตรียมเส้นใยนาโนปรับปรุงผิวหน้าแผ่นกรองด้วยเทคนิคอิเล็กโตรสปินนิง

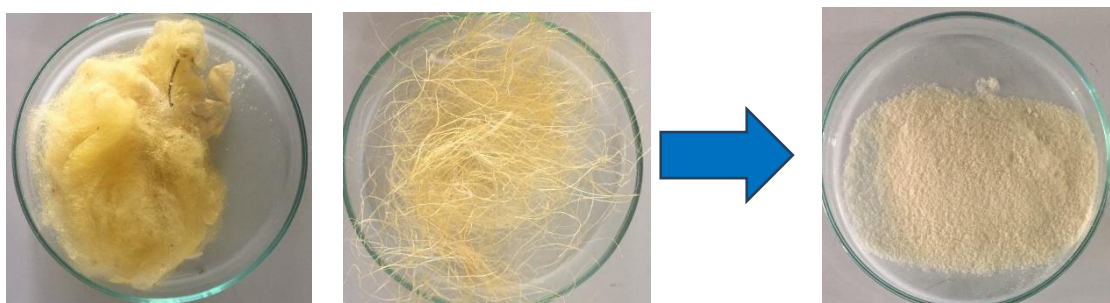


รูปที่ 3.6 การปรับปรุงผิวหน้าแผ่นกรองด้วยเทคนิค Pad-Dry-Cure

บทที่ 4

ผลการทดลอง

4.1 การเตรียมผงไหมไฟโบรอินและกาวเซรีซิน



รูปที่ 4.1 วัตถุดิบไหมก่อนและผงเซรีซินที่ได้หลังการลอกกาวไหม

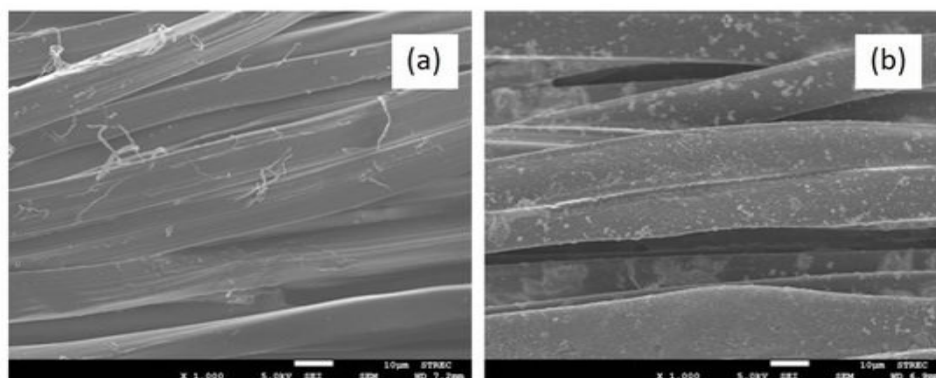
ภาวะที่เหมาะสมต่อการลอกกาวไหมด้วยสารละลาย Na_2CO_3 ที่เวลาในการลอกกาวไหมในสภาวะอัลตราโซนิก ที่เวลา 5 10 20 และ 30 นาที ได้ผลดัง แสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ผลการลอกกาวไหม

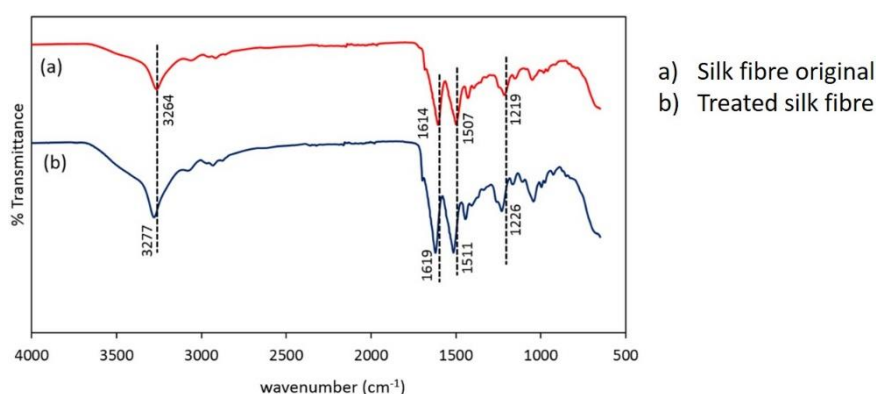
สภาวะในการลอกกาวไหม	ปริมาณเซรีซิน	คิดเป็นอัตราการลอกกาวไหม
เวลา(นาที)	mg/l	%
5	170.5	12.3
10	177.25	14.2
20	220.65	25.7
30	235.75	28.6

4.2 การตรวจสอบโครงสร้างสัณฐานวิทยาของไหมก่อนและหลังการลอกกาไหม

โครงสร้างสัณฐานวิทยาของไหมก่อนและหลังการลอกกาไหม แสดงให้เห็นลักษณะที่พื้นผิวและลักษณะเส้นใย ดังในรูปที่ 4.2 และการพิสูจน์เอกลักษณ์ของผงไหมก่อนและหลังการลอกเชอรีซินที่ได้ด้วยเทคนิคทางสเปกโทรสโคปี แสดงในรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.2 SEM micrograph แสดงลักษณะเส้นใยไหม a) ก่อนและ b) หลังการลอกกาไหม



รูปที่ 4.3 FTIR spectrum แสดง a) ผงไหมก่อนการลอกกาไหม และ b) ผงไหมหลังการลอกกาไหม

จากผลการทดลอง พบว่าสภาวะในการลอกกาไหมด้วยการใช้คลื่นอัลตราโซนิกความถี่สูงที่เหมาะสมต่อการลอกกาไหมด้วยสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต ที่เวลา 30 นาที ให้ปริมาณเชอรีซินมากและลดลงตามระยะเวลาที่ใช้ เนื่องจากในการใช้คลื่นความถี่สูงเป็นเวลานาน ทำให้การหลุดลอกของกาไหมเกิดได้ขึ้นที่ระยะเวลาที่นานขึ้น และอุณหภูมิในการลอกกาไหมที่มีการควบคุมตลอดระยะเวลาการลอกกาไหมไม่ส่งผลต่อการสลายตัวของโปรตีนอันเนื่องมาจากความร้อน

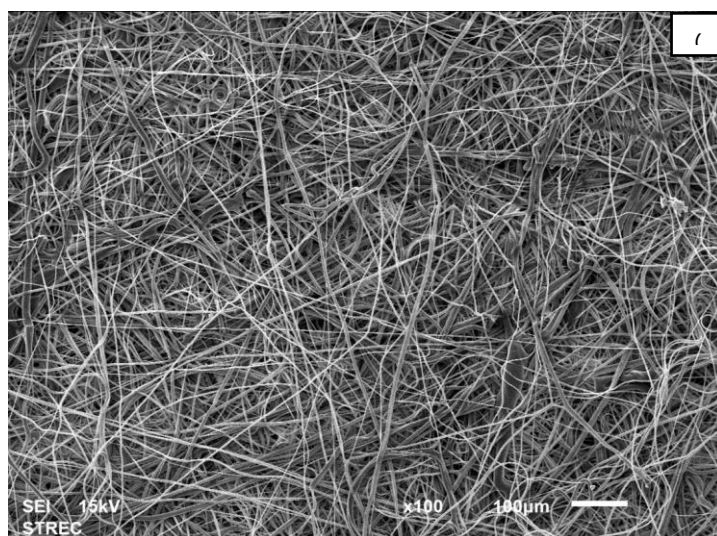
ลักษณะสัณฐานวิทยาของไหมก่อนและหลังการลอกกาไหม จะพบลักษณะการเคลือบเส้นไหมของเซรีซินและเมื่อผ่านการลอกกาไหมแล้ว เส้นไหมที่ได้แสดงลักษณะ โครงสร้างเส้นใยที่ชัดเจนขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับผลของอัตราการลอกกาไหมที่เพิ่มขึ้นเมื่อการใช้ระยะเวลาในการลอกกาไหมที่ยาวนานขึ้น และเช่นเดียวกัน ผลการวิเคราะห์โครงสร้างทางเคมีด้วยเทคนิค FTIR spectrum ยืนยันลักษณะโครงสร้างโปรตีนไฟโบรอินที่ $1600-1700\text{ cm}^{-1}$ ของหมู่เอไมด์ (C=O stretching) และสเปกตรัมที่ $3000-3500\text{ cm}^{-1}$ ของพันธะเอไมด์ (N-H stretching) และลักษณะเฉพาะของเซรีซิน คือ พีกในช่วง $1450-1600\text{ cm}^{-1}$ แสดงลักษณะเฉพาะของหมู่เอไมด์ III

4.3 สมบัติของแผ่นกรองที่มีเซรีซินและผงไหมเป็นส่วนผสมสำหรับการเตรียมน้ำกากอนามัย ต้นแบบ

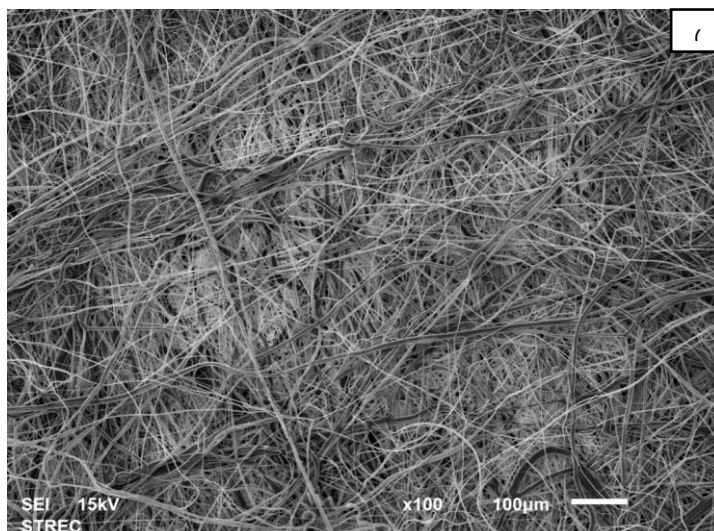
การเตรียมน้ำกากเพื่อศึกษาหาประสิทธิภาพในการกรอง (Filtration efficiency) โดยทำการขึ้นรูปเส้นใยขนาดนาโนของเอธิลีนออกไซด์ ลงบนแผ่น 3M Base Membrane ด้วยเทคนิคอิเล็กโตรสปินนิง ในการขึ้นรูปเส้นใยนาโนจะเตรียมโดยใช้เอธิลีนออกไซด์ ที่ความเข้มข้น 6% w/v โดยใช้น้ำเป็นตัวทำละลาย ทำการปั่นเส้นใยที่ความต่างศักย์ 20 kV ระยะห่างกับแผ่นรองรับ 10 เซนติเมตร ปั่นเส้นใยในเวลาต่างๆ กัน คือ 15, 30, 45, 60, 120 นาที

4.3.1.1 การศึกษาสมบัติสัณฐานที่ผิวของแผ่นกรอง

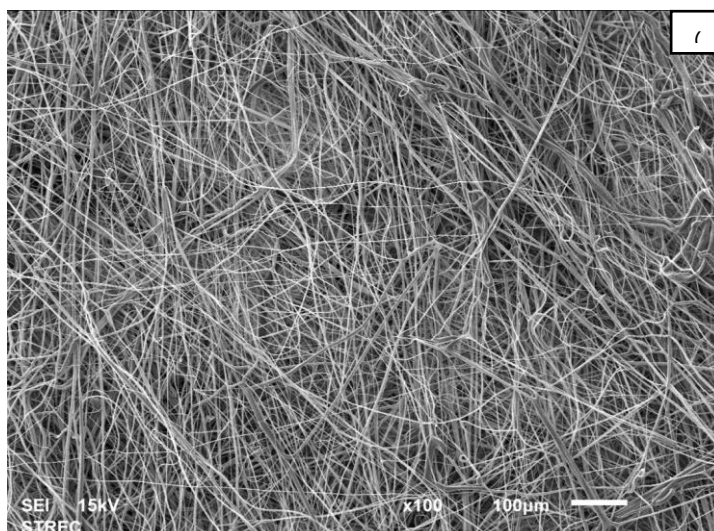
ในการศึกษาสัณฐานและรายละเอียดของลักษณะพื้นผิวของแผ่นกรองที่เตรียมขึ้นโดยใช้ Scanning Electron Microscope (SEM) ได้ข้อมูลลักษณะที่พื้นผิวของแผ่นกรองต่างๆ ที่ใช้ในการศึกษาประกอบด้วย แผ่นกรอง 3M, แผ่นกรอง SA-TRONG และแผ่นกรอง FM-N95/MB30



รูปที่ 4.4 แผ่นกรอง 3M ที่ไม่ถูกปรับปรุงพื้นผิว

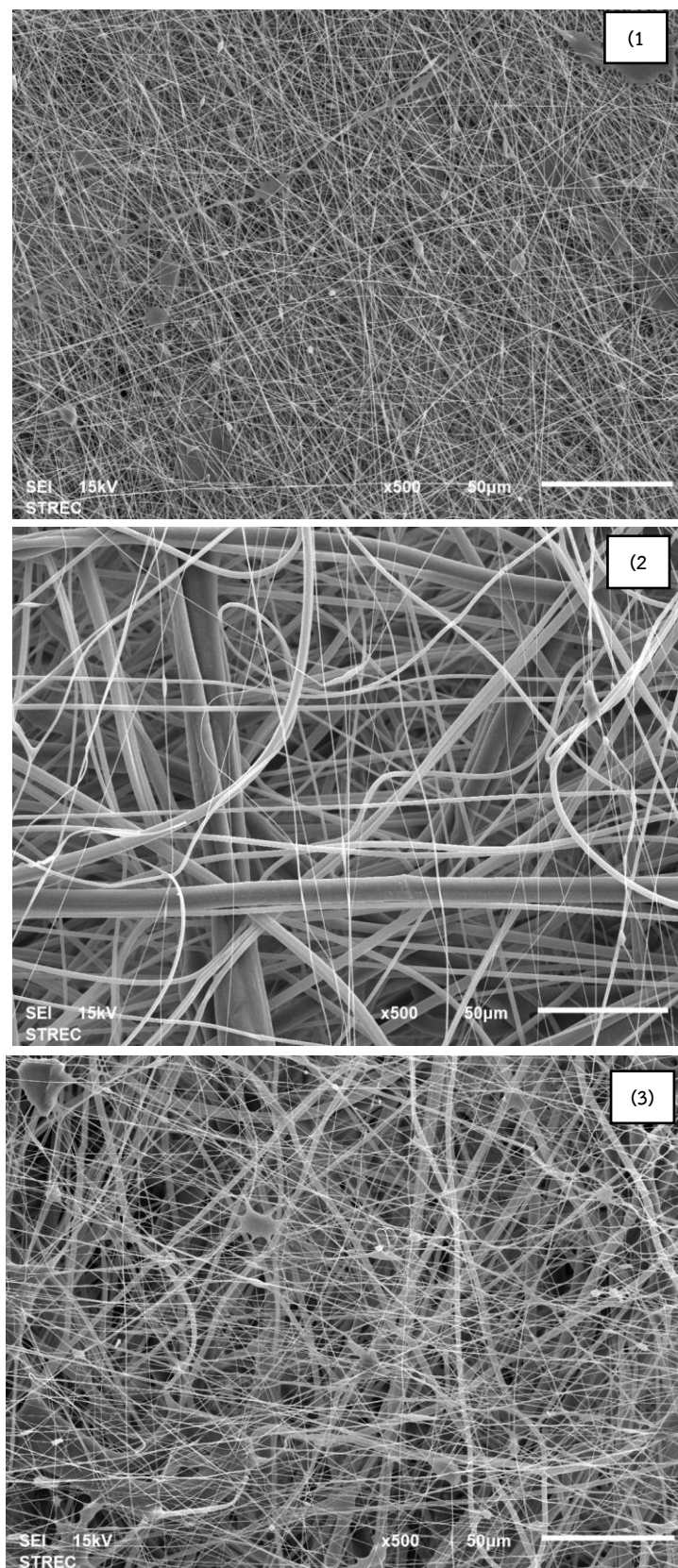


รูปที่ 4.5 แผ่นกรอง SA-TRONG ที่ไม่ถูกปรับปรุงพื้นผิว



รูปที่ 4.6 แผ่นกรอง FM-N95/MB30 ที่ไม่ถูกปรับปรุงพื้นผิว

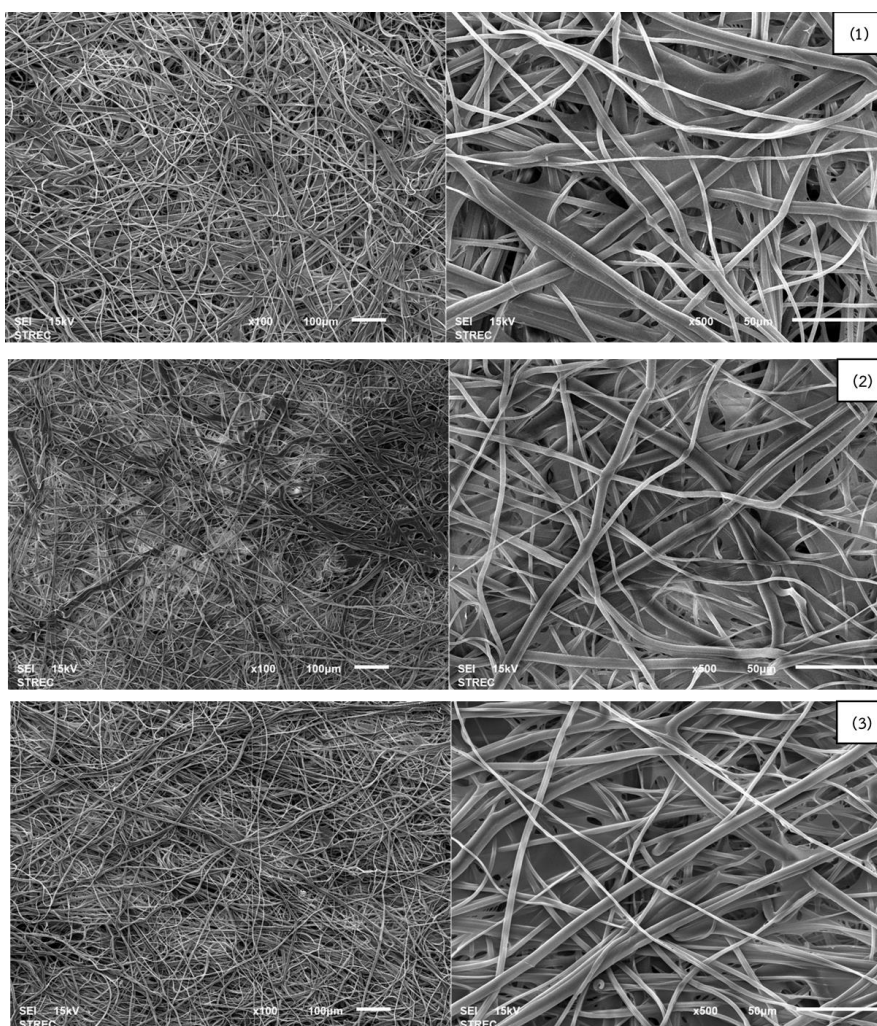
จากรูปที่ 4.4-4.6 จะพบว่าแผ่นกรอง 3M, SA-TRONG และ FM-N95/MB30 ที่ไม่ได้ปรับปรุงพื้นผิว เส้นใยมีขนาดมากกว่า 10 ไมโครเมตรจนถึงต่ำกว่า 1 ไมโครเมตร ไม่สม่ำเสมอ แผ่นกรองดูดซับน้ำได้น้อย ในการทดลองภายหลังการเคลือบผิวหน้าแผ่นกรองด้วยเส้นใยนาโนของสารละลายผสมพอลิเมอร์ที่มีเซริซินและไฟโบรอิน ด้วยเทคนิคอิเล็กโตรสปินนิง พบว่าชั้นของเส้นใยนาโนที่เคลือบมีขนาดเส้นใยเล็กต่ำกว่า 1 ไมโครเมตร การกระจายเส้นใยทั่วทั้งแผ่น ขนาดเส้นใยมีความสม่ำเสมอ ครอบคลุมผิวหน้าแผ่นกรองที่ใช้ในการทดลอง ดังแสดงในรูป



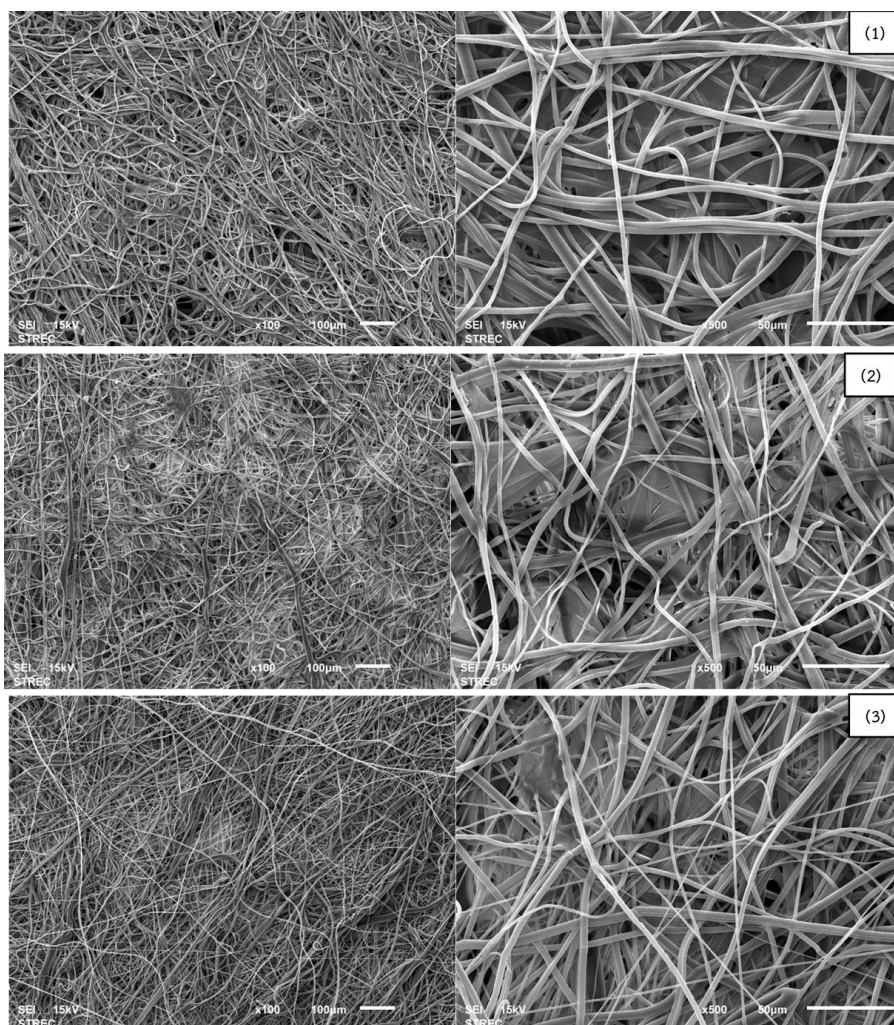
รูปที่ 4.7 แผ่นกรอง (1) 3M (2) SA-TRONG และ (3) FM-N95/MB30 ที่ถูกปรับปรุงพื้นผิวด้วยเส้นใยนาโนจากพอลิเมอร์ผสม โดยเทคนิคอิเล็กโตรสปินนิง เป็นเวลา 6 ชั่วโมง

แผ่นกรองที่ถูกปรับปรุงพื้นผิวด้วยเทคนิคอิเล็กโตรสปินนิง โดยจากรูปที่ 4.7 คือแผ่นกรอง 3M, SA-TRONG และ FM-N95/MB30 พบว่า เส้นใยพอลิเมอร์ผสมขนาดนาโนไปเกาะอยู่บนพื้นผิวของแผ่นกรองทั้ง 3 โดยถ้าเปรียบเทียบขนาดของเส้นใยของแผ่นกรอง 3M, SA-TRONG และ FM-N95/MB30 ที่ไม่ได้ปรับปรุงพื้นผิวจะพบว่าเส้นใยที่ถูกขึ้นรูปด้วยเทคนิคอิเล็กโตรสปินนิงมีขนาดเล็ก และเส้นใยสม่ำเสมอกว่า

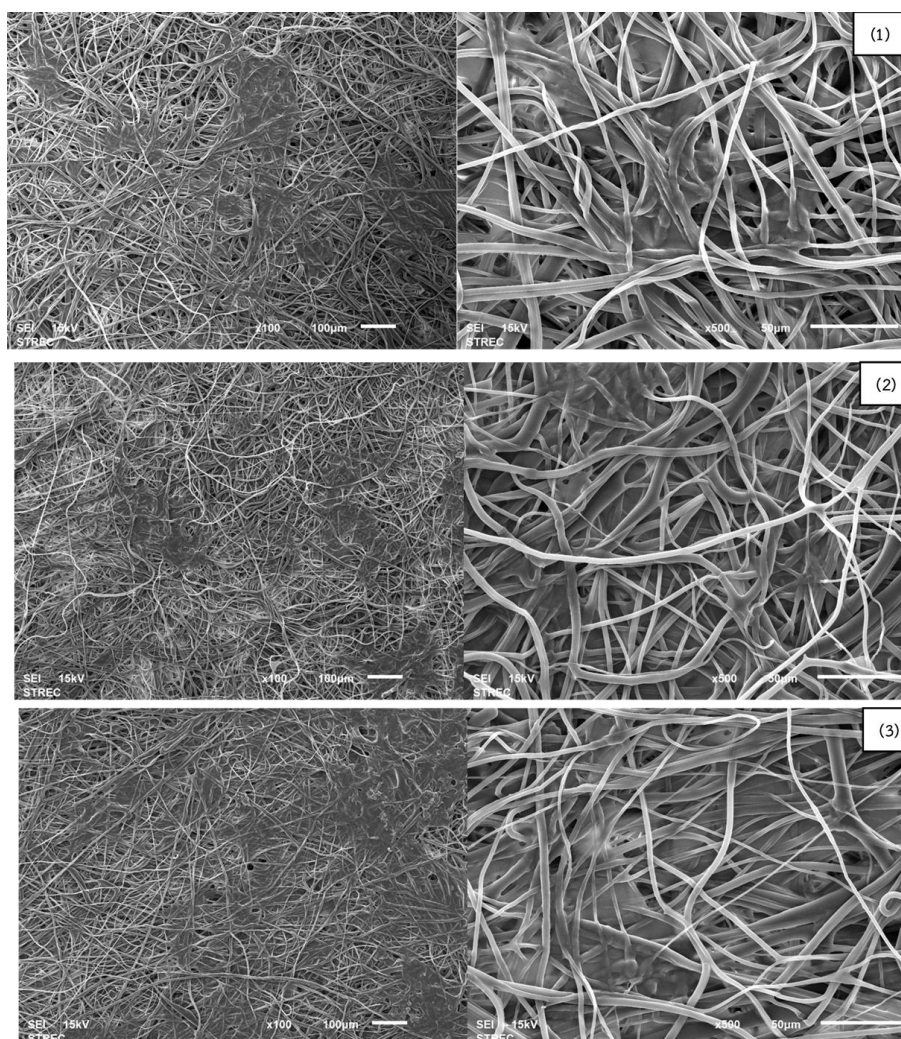
จากนั้นได้ทำการเปรียบเทียบกระบวนการปรับปรุงผิวแผ่นกรองด้วยพอลิเมอร์ผสมที่มีเซริซิน และผงไหม โดยใช้เทคนิคการจุ่มอัด-อบความร้อน (pad-dry-cure) บนแผ่นกรองได้ภาพแสดงสัญญาณที่พื้นผิวของแผ่นกรองทั้ง 3 ชนิด ดังแสดงในรูปที่ 4.8



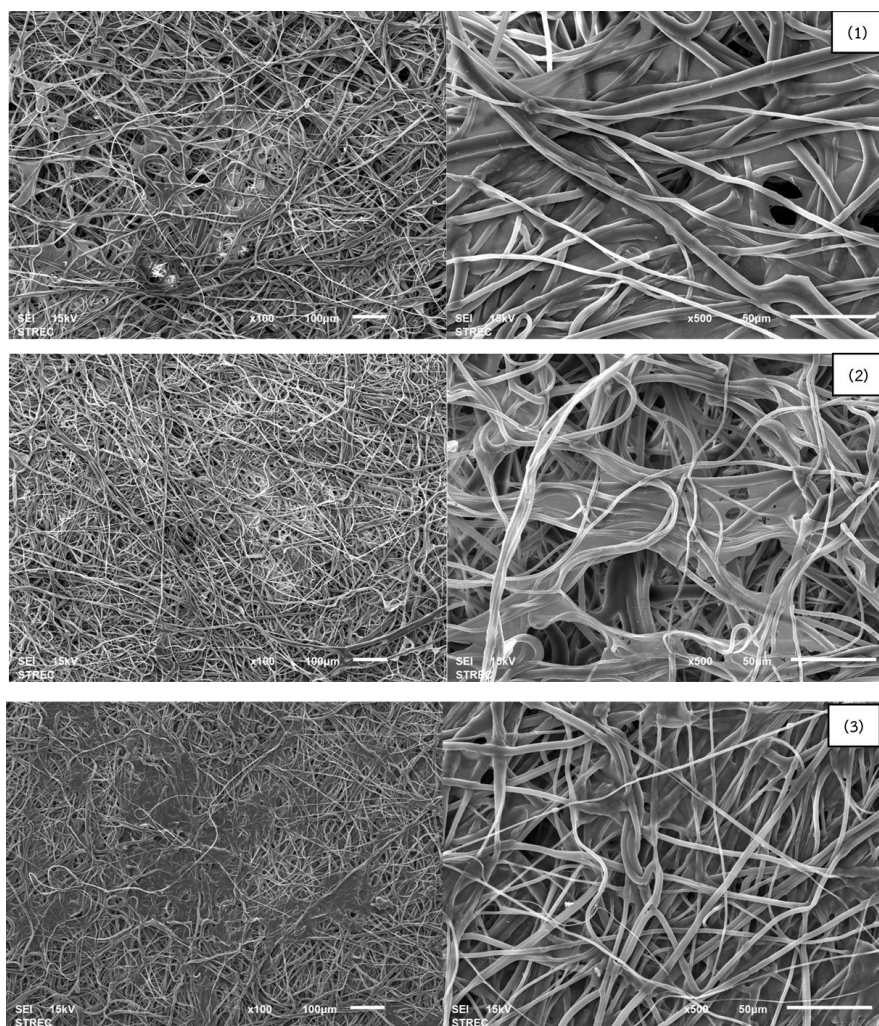
รูปที่ 4.8 แผ่นกรอง (1) 3M (2) SA-TRONG และ (3) FM-N95/MB30 ที่ 1% เซริซิน 3 รอบ โดยเทคนิคการจุ่มอัด-อบความร้อน (pad-dry-cure)



รูปที่ 4.9 แผ่นกรอง (1) 3M (2) SA-TRONG และ (3) FM-N95/MB30
ที่ 2.5% เซรีซิน 3 รอบ โดยเทคนิคการจุ่มอัด-อบความร้อน (pad-dry-cure)



รูปที่ 4.10 แผ่นกรอง (1) 3M (2) SA-TRONG และ (3) FM-N95/MB30
ที่ 5% เซริซิน 3 รอบ โดยเทคนิคการจุ่มอัด-อบความร้อน (pad-dry-cure)



รูปที่ 4.11 แผ่นกรอง (1) 3M (2) SA-TRONG และ (3) FM-N95/MB30
ที่ 7% เซรีซิน 3 รอบ โดยเทคนิคการจุ่มอัด-อบความร้อน (pad-dry-cure)

จากรูปที่ 4.9-4.11 แผ่นกรอง 3M, SA-TRONG และ FM-N95/MB30 ที่ถูกปรับปรุงพื้นผิวโดยเทคนิคการจุ่มอัด-อบความร้อน (pad-dry-cure) ที่ความเข้มข้นของกาวไหม (เซรีซิน) ที่ 1%, 2.5%, 5% และ 7% พบว่า ที่ความเข้มข้นสารละลายกาวไหม (เซรีซิน) ที่มากขึ้น ลักษณะที่พื้นผิวของแผ่นกรองทั้ง 3 แบบจะเห็นลักษณะการเคลือบที่เพิ่มขึ้นโดยลำดับ

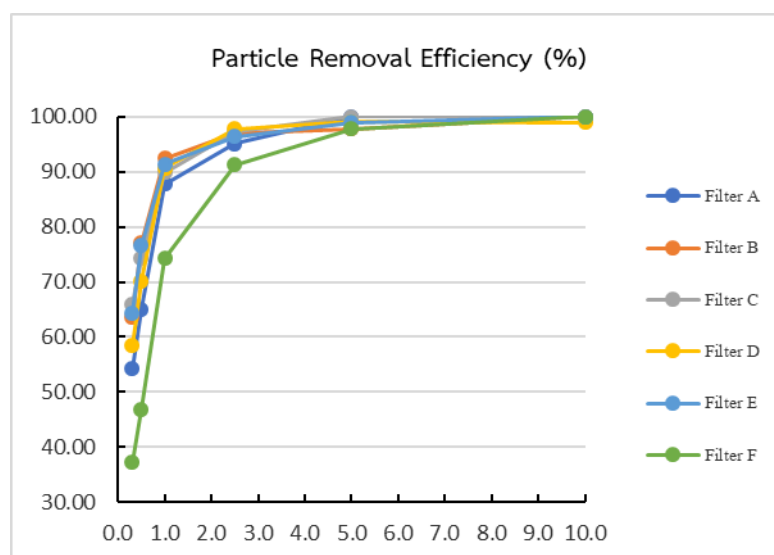
4.4 การตรวจสอบประสิทธิภาพของแผ่นกรอง

4.4.1 การตรวจสอบประสิทธิภาพของแผ่นกรองที่ถูกปรับปรุงด้วยเส้นใยนาโนเอธิลีนออกไซด์

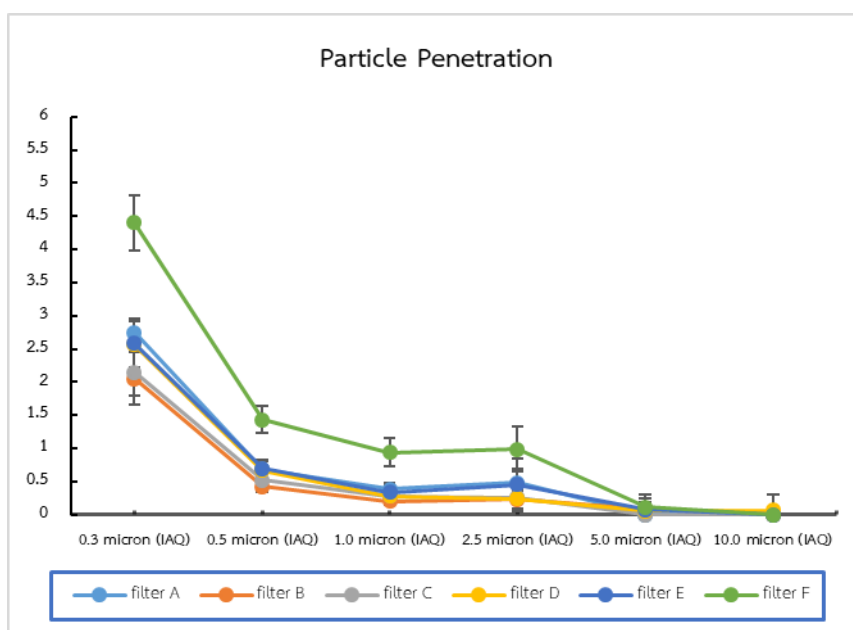
เมื่อทำการตรวจสอบประสิทธิภาพของแผ่นกรองอากาศถูกปรับปรุงพื้นผิวด้วยเทคนิคอิเล็กโตรสปินนิง ได้ข้อมูลผลการทดสอบดังมีรายละเอียดต่อไปนี้



รูปที่ 4.12 การหาประสิทธิภาพการกรองบริเวณแยกหน้าตึกจุฬาพัฒน์ 14 สนามกีฬาแห่งชาติ



รูปที่ 4.13 Particle Removal Efficiency (%) ของแผ่นกรอง โดย Filter (A) : 6% PEO 15 Min, Filter (B) : 6% PEO 30 Min, Filter (C) : 6% PEO 45 Min, Filter (D) : 6% PEO 60 Min, Filter (E) : 6% PEO 120 Min และ Filter (F) : 3M Base Membrane

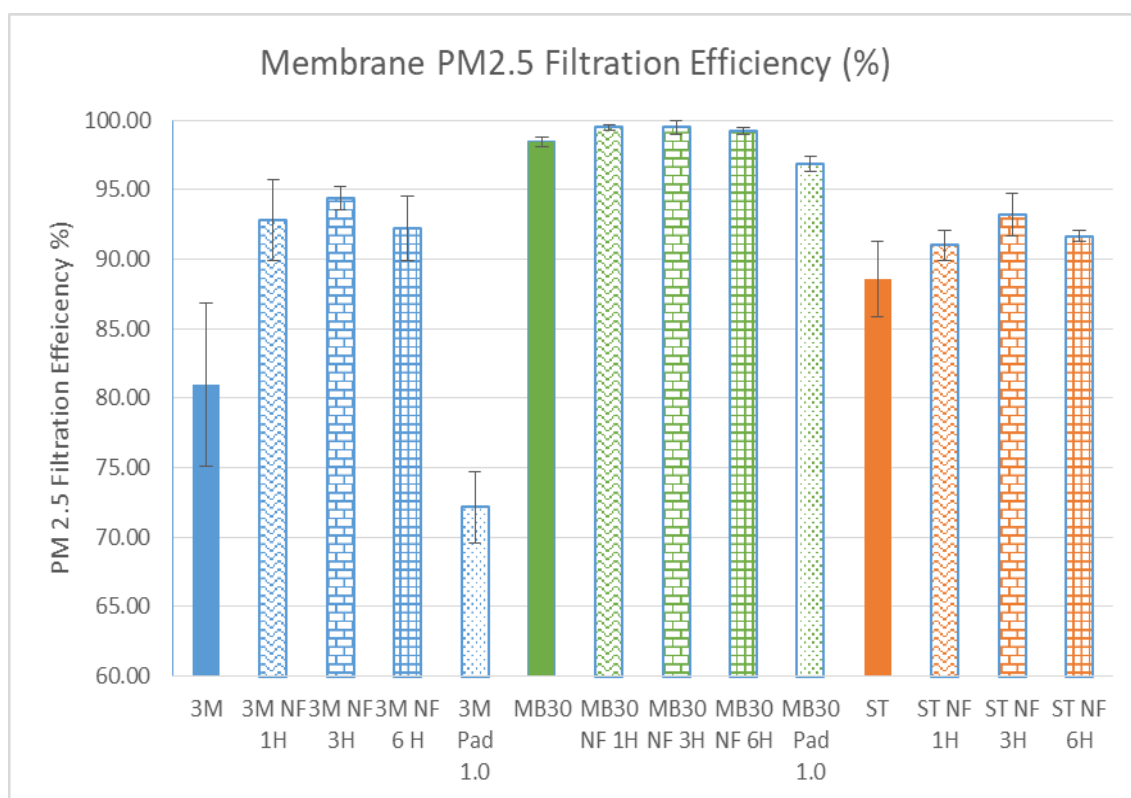


รูปที่ 4.14 Particle Penetration ของแผ่นกรอง โดย Filter (A) : 6% PEO 15 Min, Filter (B) : 6% PEO 30 Min, Filter (C) : 6% PEO 45 Min, Filter (D) : 6% PEO 60 Min, Filter (E) : 6% PEO 120 Min และ Filter (F) : 3M Base Membrane

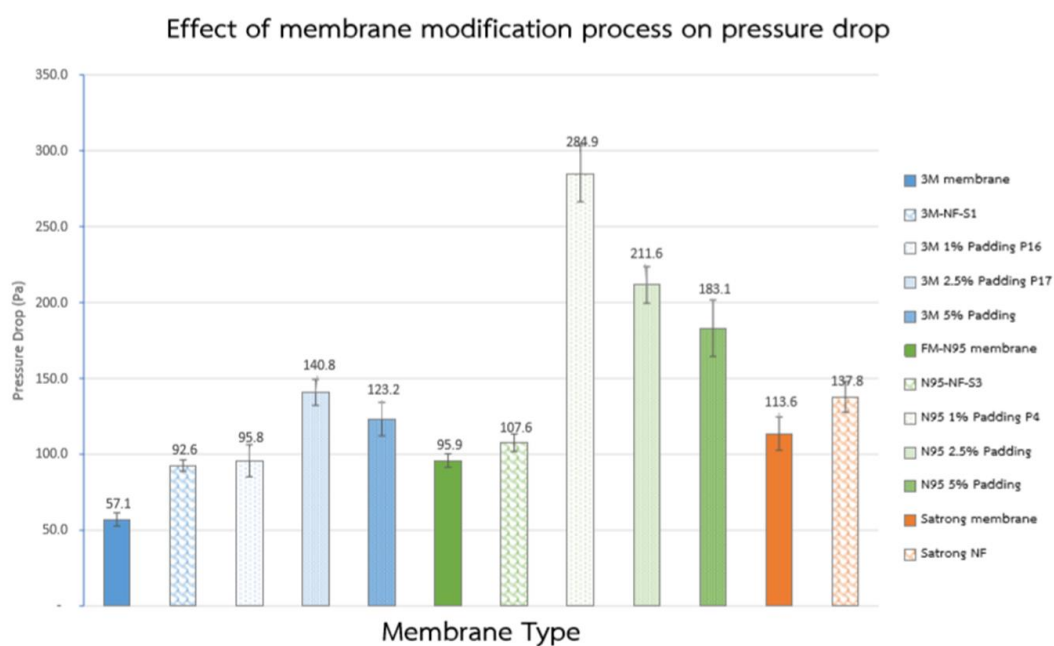
การทะลุผ่านของอนุภาคขนาด 0.3, 0.5, 1.0, 2.5, 5 และ 10 ไมครอน ของแผ่นกรอง A-F พบว่า แผ่นกรอง A-F กรองอนุภาคขนาดใหญ่ (5 และ 10 ไมครอน) ได้ดีกว่าอนุภาคขนาดเล็ก (0.3, 0.5, 1.0 และ 2.5 ไมครอน) โดยแผ่นกรอง A, B, C, D และ E เป็นแผ่นกรองที่ขึ้นรูปด้วยเส้นใยนาโนเอธิลีนออกไซด์ ซึ่งสามารถกรองอนุภาคที่มีขนาดเล็กได้ดีกว่าแผ่นกรอง F ที่เป็นแผ่นกรอง 3M Base Membrane

4.4.2 การตรวจสอบประสิทธิภาพของปรับปรุงแผ่นกรองที่ปรับปรุงด้วยพอลิเมอร์ผสมเซรีซิน

ในการปรับปรุงแผ่นกรองด้วยสารละลายพอลิเมอร์ผสมประสิทธิภาพการกรองอนุภาคของแผ่นกรองโดยเลือกใช้แผ่นกรองชนิด FM-N95/MB30 เป็นแผ่นต้นแบบในการปรับปรุงที่ผิวด้วยสารละลายพอลิเมอร์ผสมและใช้เทคนิคอิเล็กโตรสปินนิงและกระบวนการจุ่มอัด-อบความร้อน ได้ข้อมูลประสิทธิภาพการกรองอนุภาสดังแสดงในรูปที่ 4.16-4.17 และตารางที่ 4.2



รูปที่ 4.15 แสดงผลของกระบวนการปรับปรุงแผ่นกรองต่อค่าประสิทธิภาพการกรองอนุภาค PM 2.5 ของแผ่นกรองชนิดต่างๆ



รูปที่ 4.16 แสดงการทดสอบค่าความแตกต่างของความดัน ของแผ่นกรองชนิดต่างๆ

ตารางที่ 4.2 ผลของกระบวนการปรับปรุงแผ่นกรองต่อประสิทธิภาพการกรองอนุภาคขนาดต่างๆ

Membrane	Particle Filtration Efficiency (Percent)							
	0.3 micron	0.5 micron	1.0 micron	2.5 micron	5.0 micron	10.0 micron	PM2.5	PM10.0
3M	65.89	82.04	92.82	98.33	100.00	100.00	80.96	82.54
3M NF 1H	85.43	94.82	98.71	99.87	100.00	100.00	92.81	93.36
3M NF 3H	88.75	96.03	99.32	99.94	100.00	100.00	94.39	94.79
3M NF 6 H	80.93	94.61	99.08	99.90	100.00	100.00	89.83	90.21
3M 1.0 Pad	53.67	69.94	86.72	96.31	99.07	100.00	72.17	74.30
MB30	96.71	99.27	99.91	99.99	100.00	100.00	98.45	98.58
MB30 NF 1H	98.72	99.77	99.98	100.00	100.00	100.00	99.50	99.56
MB30 NF 3H	98.89	99.80	99.98	100.00	100.00	100.00	99.51	99.55
MB30 NF 6H	98.33	99.61	99.94	99.99	100.00	100.00	99.20	99.26
MB30 1.0 Pad	93.34	97.95	99.72	99.99	100.00	100.00	96.89	97.20
ST	81.97	92.81	97.66	99.81	100.00	100.00	88.60	89.27
ST NF 1H	82.51	92.87	98.68	99.82	100.00	100.00	91.03	91.93
ST NF 3H	83.55	94.24	99.07	99.98	100.00	100.00	93.22	93.92
ST NF 6H	82.39	94.03	99.09	99.93	100.00	100.00	91.67	92.23
	Standard Deviation of PFE (%)							
3M	8.68	3.12	2.41	0.72	0.00	0.00	5.88	5.45
3M 1H	5.80	2.63	0.68	0.08	0.00	0.00	2.91	2.59
3M 3H	0.73	0.33	0.16	0.00	0.00	0.00	0.84	0.81
3M NF 6 H	4.11	1.98	0.55	0.13	0.00	0.00	2.91	2.96
3M 1.0 Pad	3.11	1.96	1.69	0.96	1.60	0.00	2.54	2.16
MB30N95	0.62	0.15	0.03	0.02	0.00	0.00	0.34	0.33
N95 NF 1H	0.52	0.10	0.01	0.00	0.00	0.00	0.20	0.20
N95 NF 3H	1.01	0.23	0.03	0.00	0.00	0.00	0.48	0.45
MB30-ENF 6H	0.49	0.18	0.06	0.02	0.00	0.00	0.24	0.22
MB30 1.0 Pad	0.90	0.27	0.02	0.02	0.00	0.00	0.56	0.65
ST	3.31	1.86	0.85	0.11	0.00	0.00	2.70	2.20
ST NF 1H	0.39	0.62	0.07	0.04	0.00	0.00	1.08	1.12
ST NF 3H	1.80	0.68	0.29	0.03	0.00	0.00	1.49	1.72
ST NF 6H	0.48	0.41	0.11	0.07	0.00	0.00	0.42	0.45

การปรับปรุงแผ่นกรองด้วยเส้นใยนาโนพอลิเมอร์ผสมเซรีซินสามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการกรองอนุภาคขนาดเล็กได้ โดยมีผลทำให้ความต้านทานการไหลของอากาศเพิ่มขึ้นบ้าง ซึ่งผลที่ได้สอดคล้องกันทั้งในแผ่นเส้นใย 3M, MB30 และ ST (Satrong) โดยประสิทธิภาพการกรองอนุภาค PM2.5 ของแผ่นกรอง 3M MB30 และ ST เพิ่มขึ้นร้อยละ 80.95 98.45 และ 88.60 เป็นร้อยละ 92.81 99.50 และ 91.05 ตามลำดับ อนึ่งแผ่นกรอง MB30 มีประสิทธิภาพการกรองเดิมสูงมากอยู่แล้ว ทำให้การเพิ่มประสิทธิภาพด้วยเส้นใยนาโนมีผลไม่เด่นชัดนัก

การเพิ่มความหนาของชั้นเส้นใยนาโน โดยการเพิ่มระยะเวลาการปั่นเส้นใยจาก 1 ชั่วโมงเป็น 3 ชั่วโมง ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการกรองของแผ่นกรองได้ ในขณะที่เมื่อใช้ระยะเวลาปั่นเส้นใยเป็น 6 ชั่วโมง พบว่าประสิทธิภาพการกรองแม้จะยังสูงกว่าแผ่นเส้นใยฐานที่นำมาใช้แต่จะต่ำกว่าการใช้เวลาปั่นเส้นใยเพียง 1 ชั่วโมง ซึ่งอาจเกิดขึ้นเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นจาก micro-phase separation ของสารละลายที่อยู่ในสถานะ (หลอดฉีดยา) ในระหว่างการปั่น

จุดเด่นที่สำคัญของการใช้เส้นใยนาโนของพอลิเมอร์ผสมเซรีซินคือการเพิ่มประสิทธิภาพการกรองอนุภาคขนาด 0.3 ไมครอน ถึง 1.0 ไมครอน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในแผ่นกรอง 3M ที่ประสิทธิภาพการกรองอนุภาคขนาด 0.3 ไมครอน 0.5 ไมครอน และ 1.0 ไมครอน เพิ่มขึ้นจากร้อยละ 65.89 82.04 และ 92.82 ในแผ่นกรองเดิม เป็นร้อยละ 85.43 94.82 และ 98.71 เมื่อปั่นเส้นใยนาโนทับที่ 1 ชั่วโมง ตามลำดับ ซึ่งบ่งชี้ถึงความเป็นไปได้ในนำไปใช้พัฒนาแผ่นกรองอนามัยประสิทธิภาพสูงได้ในอนาคต

การปรับปรุงผิวแผ่นกรองด้วย เทคนิค การจุ่ม-อัด-อบความร้อน ทำให้โครงสร้างรูพรุนของแผ่นกรองเปลี่ยนสภาพ โดยสังเกตพบการการสร้างแผ่นฟิล์มบางระหว่างกลุ่มเส้นใยจนทำให้รูพรุนระหว่างเส้นใยลดขนาดหรือปิดทึบในบางตัวอย่าง หรือทำให้เกิดการดึงรั้งเส้นใยเข้าหากันและทำให้โครงสร้างรูพรุนเปลี่ยนไปในบางตัวอย่าง จึงทำให้ค่าความแตกต่างของความดันเพิ่มขึ้นจากเดิมมาก ในขณะที่ประสิทธิภาพการกรองอนุภาคกลับลดลง

นอกจากนี้คณะผู้วิจัยได้ทำการสุ่มตัวอย่างแผ่นกรองทางการค้าเพื่อมาตรวจวัดประสิทธิภาพการกรองอนุภาค PM2.5 และ PM10.0 ด้วยเครื่องตรวจนับอนุภาคแบบมือถือ ภายใต้สภาวะจำลองโดยใช้อนุภาคที่ได้จากการเผาไหม้ของธูปเป็นอนุภาคตัวอย่างในห้องขนาดประมาณ 55 ตารางเมตร ปริมาตรประมาณ 135 ลูกบาศก์เมตร *(อนึ่ง ข้อมูลนี้เป็นการตรวจวัดในระดับการทดลองภายใต้สภาวะจำลองที่ห้องปฏิบัติการกำหนดขึ้น ไม่สามารถใช้เป็นตัวแทนเพื่อบ่งชี้ประสิทธิภาพโดยรวมของผลิตภัณฑ์ทางการค้าที่นำมาทดสอบ)*

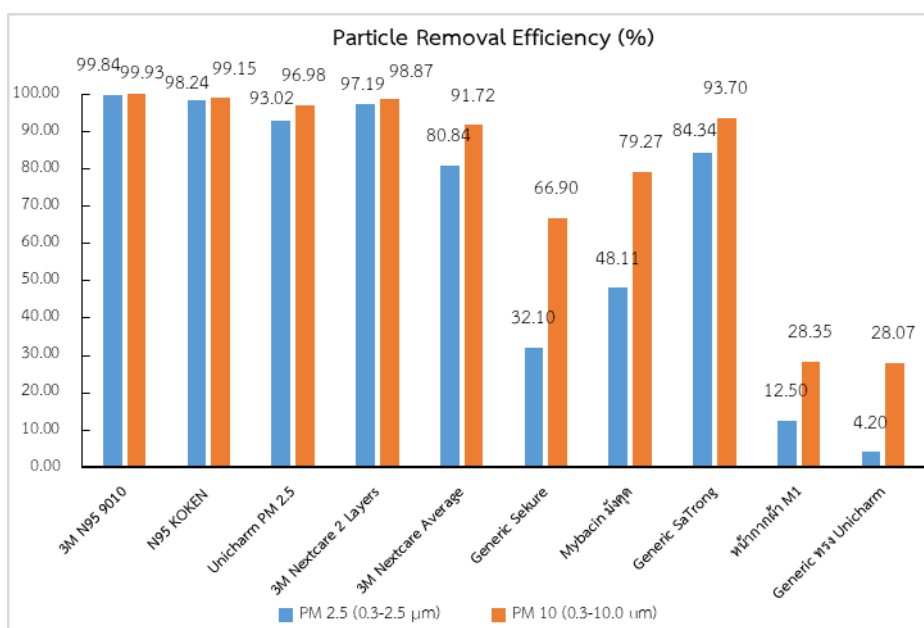
ตัวอย่างหน้ากากที่นำมาศึกษา แบ่งเป็น 3 กลุ่มได้ดังนี้

กลุ่มที่ 1 หน้ากากกรองที่มีประสิทธิภาพสูง ได้แก่ หน้ากากยี่ห้อ 3M รุ่น 9010 และยี่ห้อ KOEN :ซึ่งหน้ากากทั้งสองแบบนี้ได้รับการรับรองประสิทธิภาพการกรองระดับ N95 (N95 certified) โดย NIOSH ของสหรัฐอเมริกา และหน้ากากยี่ห้อ Unicharm รุ่น PM2.5 ซึ่งหาซื้อได้ตามร้านสะดวก มีราคาสูงกว่าหน้ากากอนามัยทั่วไป และมีข้อความระบุว่าสามารถกรองอนุภาคขนาด PM2.5 ได้ดี

กลุ่มที่ 2 เป็นหน้ากากอนามัยแบบใช้ครั้งเดียวที่มีจำหน่ายทั่วไป ตามร้านขายยาและร้านทั่วไป (ในขณะทดสอบ มีสถานการณ์ฝุ่น PM2.5 ภายในประเทศ) ได้แก่ หน้ากากยี่ห้อ 3M รุ่น Nextcare, 3M Nextcare แบบซ้อน 2 ชั้น, หน้ากากยี่ห้อของผู้ผลิตในประเทศ ได้แก่ ยี่ห้อ Sekure, MyHerbal Mybacin เคลือบสารสกัดจากเปลือกมังคุด, และ SaTrong

กลุ่มที่ 3 ได้แก่หน้ากากอื่นที่มีจำหน่ายตามริมทางและร้านทั่วไป ได้แก่ หน้ากากที่มีรูปทรงคล้ายยี่ห้อ Unicharm (Generic ทรง Unicharm ไม่มีข้อมูลผู้ผลิตระบุ) และ หน้ากากผ้าสำหรับขับชำระจักรยานยนต์ (โดยบริษัท M1 Innovation)

ผลการทดสอบพบว่า แผ่นกรองที่มีประสิทธิภาพในการกรองอนุภาค PM 2.5 สูงกว่า 90% คือ แผ่นกรองยี่ห้อ 3M- 9010, KOKEN, 3M Nextcare แบบซ้อน 2 ชั้น และ Unicharm PM2.5 ซึ่งมีประสิทธิภาพในการกรองเท่ากับ 99.84, 98.24, 93.02, 97.19, 98.87 ตามลำดับ และแผ่นกรองที่มีประสิทธิภาพการกรองอนุภาค PM 10 สูงกว่า 90% คือ ยี่ห้อ 3M-9010, KOKEN, 3M Nextcare แบบซ้อน 2 ชั้น, Unicharm PM2.5, SaTrong และ 3M Nextcare มีประสิทธิภาพในการกรองเท่ากับ 99.93, 99.15, 96.98, 98.87, 93.70, 91.72 ตามลำดับ โดยแผ่นกรองยี่ห้อ 3M-9010 มีประสิทธิภาพในการกรองอนุภาค PM 2.5 และ PM 10 สูงที่สุด และแผ่นกรองไม่มียี่ห้อรูปทรงเลียนแบบ Unicharm มีประสิทธิภาพในการกรองอนุภาค PM 2.5 และ PM 10 ต่ำที่สุด



รูปที่ 4.17 ประสิทธิภาพการกรองอนุภาค PM 2.5 และ PM10 ของหน้ากากกรองที่มีจำหน่ายในท้องตลาดชนิดต่างๆ

ผลการศึกษาในส่วนนี้บ่งชี้ว่า ประสิทธิภาพการกรองอนุภาคของหน้ากากอนามัยที่มีจำหน่ายในท้องตลาดมีความแตกต่างกันและมีความน่าเชื่อถือต่างกัน โดยหน้ากากที่มีการรับรองระดับชั้นคุณภาพหน้ากากที่มีการนำเข้า และที่ผลิตโดยบริษัทที่มีชื่อเสียงในระดับสากลมีประสิทธิภาพการกรองสูงกว่าหน้ากากอนามัยแบบใช้แล้วทิ้งที่ผลิตหรือจัดจำหน่ายโดยผู้จัดจำหน่ายภายในประเทศ (ยกเว้นยี่ห้อ SaTrong ที่มีประสิทธิภาพเทียบเคียงได้กับยี่ห้อ 3M Nextcare) ในขณะที่หน้ากากผ้าและหน้ากากที่มีขายริมถนน (ในช่วงสถานการณ์วิกฤต PM2.5) มีประสิทธิภาพการกรองต่ำมาก เนื่องจากผลการทดสอบนี้ทำภายใต้สภาวะจำลองซึ่งไม่ได้สอดคล้องกับมาตรฐานการทดสอบของ มอก. และมีจำนวนตัวอย่างจำกัด การหาข้อสรุปในประเด็นดังกล่าว จึงควรต้องรอให้มีผลการศึกษา ตรวจสอบ เปรียบเทียบคุณภาพหน้ากากอนามัยในท้องตลาดต่อไป

4.5 สถานภาพข้อมูลการวิจัย เทคโนโลยี และสิทธิบัตรที่เกี่ยวข้องในการผลิตผลิตภัณฑ์

มูลค่าเพิ่มจากไหมแล ะวัสดุเหลือทิ้งจากกระบวนการผลิตไหม

จากการรวบรวมข้อมูลงานวิจัย บทความวิชาการและผลิตภัณฑ์ที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับการใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือทิ้งที่ยังมีมูลค่าจากกระบวนการผลิตไหมต่างๆ อาทิ กาวไหม เศษไหมส่วนที่ไม่สามารถนำไปใช้ทอเป็นเส้นใยได้ ได้ข้อมูลดังแสดงในตารางที่ 4.2-4.4

ตารางที่ 4.3 รายงานการวิจัยในประเทศไทย เกี่ยวกับการนำส่วนต่างๆ ของรังไหมและเศษเหลือทิ้งจากไหมมาใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆ

ปี	วัตถุดิบ	กระบวนการ	การประยุกต์ใช้งาน	เอกสารอ้างอิง
สารสกัดจากไหมสำหรับใช้เป็นส่วนประกอบในผลิตภัณฑ์ต่างๆ				
2551	รังไหม	ไฮโดรไลซ์รังไหมด้วย sub-critical conditioned DI water พบว่า ภาวะที่เหมาะสมคือ อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที จากนั้นนำไปเตรียมเป็นผงไหมด้วยกระบวนการสเปรย์ไพโรไลซิสโดยใช้สารละลายไหม 1% โดยน้ำหนักต่อปริมาตร เจือจางด้วย 60% v/v เอทานอล	ได้ผงไหมขนาด 254 nm	ตั้งฤทัย รัตนสุวรรณ, ไพศาล คงคาอุยฉาย, “การสังเคราะห์ผงไหมขนาดนาโนเมตรจากรังไหมด้วยเทคนิคสเปรย์ไพโรไลซิส”, The 18th Thailand Chemical Engineering and Applied Chemistry Conference, 20 – 21 ตุลาคม 2008, ชลบุรี
2553	รังไหมเสีย เช่น รังแปด รังที่ถูกเจาะ รังเปื้อน รังบาง รังที่เสียรูป เป็นต้น	นำรังไหมเสียสีขาวและสีเหลืองมาสกัดโปรตีนด้วยวิธีต้มที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส โดยเปรียบเทียบระหว่างการสกัดด้วย ต่างของซี้ถ้าเกลบ ต่างของซี้ถ้าฝักโขมหนาม น้ำกรอง และน้ำกลั่น พบว่าสารสกัดที่ให้เปอร์เซ็นต์โปรตีนสูงสุดสำหรับรังไหมสีเหลือง	พัฒนาวิธีการสกัดโปรตีนเซรีซินจากรังไหมด้วยสารจากธรรมชาติแทนการใช้สารเคมี เพื่อให้ได้เซรีซินที่สามารถนำไปใช้ในผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางได้ โดยพบว่า สารสกัดจากซี้ถ้าฝักโขมหนาม และการสกัดที่ระยะเวลา 90 นาที	เกียรติชัย ดวงศรี. การใช้สารสกัดเซรีซินจากรังไหมเสีย. วิทยานิพนธ์. ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งทอ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล

		คือ ต่างของขี้เถ้าเกลบ ส่วนรังไหมสีขาวคือ ต่างของ ขี้เถ้าผักโขมหนาม โดยการสกัดด้วยน้ำกลั่นให้ เปอร์เซ็นต์โปรตีนต่ำที่สุด	ให้ปริมาณโปรตีนมากที่สุด	ธัญบุรี. 2553
2556	รังไหม <i>Bombyx mori</i> และ <i>Samia Cynthia ricini</i>	สกัดเซรีซินจากรังไหมโดยใช้ 2 วิธีการ คือ สกัดด้วย น้ำกลั่นที่ 80 องศาเซลเซียส และสกัดด้วยสารละลาย โซเดียมคาร์บอเนตความเข้มข้น 0.5% ที่ 60 องศา เซลเซียส	สกัดได้เซรีซิน โดยพบว่า วิธีสกัดด้วยสารละลายโซเดียม คาร์บอเนตให้ปริมาณเซรีซินที่สูงกว่าวิธีสกัดด้วยน้ำ แต่ โปรตีนที่ได้มีการสลายตัวมากกว่า	กนกพร พลเยี่ยม และสินีนากู ศิริ. การสกัดเซรีซินจากรังไหม <i>Bombyx mori</i> and <i>Samia</i> <i>Cynthia ricini</i> . บทความวิจัย. เสนอในการประชุมหาตใหญ่ วิชาการ ครั้งที่ 4 เรื่อง “การวิจัย เพื่อพัฒนาสังคมไทย” วันที่ 10 พฤษภาคม 2556. หน้า 43-51.
ผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง				
2549	เปลือกไข่ไหมบ้านและไข่ไหมป่า	วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของผิวเปลือกไข่ไหมบ้าน และ ไข่ไหมป่าอีรีเพคเมีย พบว่ามีโปรตีนเฉลี่ยร้อยละ 75.83 และ 73.91 ตามลำดับ และทำการวิเคราะห์เปลือกไข่ไหมบ้านและไข่ไหมป่า พบว่า มีโปรตีนเฉลี่ยร้อยละ 86.6 และ 95.6	ทดลองนำเปลือกไข่ไหมไปแปรรูปเป็นครีมรองพื้นและ ผลิตภัณฑ์โคลนขัดผิว	ธเนศ จันทนเทศ ¹ นัทธมน หาญ ศักดิ์ ¹ สุกานดา คำปลิว ¹ มณฑิรา มณฑาทอง ² สุทธจิตติมา สุทธชนะ ¹ ยาวภา สุกฤตานนท์ ¹ จุฑารัตน์ จามกระโทก ¹ วรรณภา วีระภักดี ¹ สุธิรา ยอดดี ¹ สุชาติ จุลพูล ¹ . ¹

		ตามลำดับ		สถาบันหม่อนไหมแห่งชาติเฉลิม พระเกียรติฯ, ² คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น. งบประมาณแผ่นดิน ปี 2006- 2009.
2550	น้ำจากกระบวนการลอกกาเส้น ไหม	แยกเซรีซินจากน้ำลอกกาด้วยวิธีการกรองด้วยเมม เบรนและการไฮโดรไลซ์ด้วยเอนไซม์	- ลดปริมาณโปรตีนในน้ำทิ้ง ได้คุณภาพของน้ำทิ้งที่ดีขึ้น (BOD, 158 มก./ลิตร; COD, 260 มก./ลิตร) - ได้เซรีซินไฮโดรไลเสทที่มีขนาดน้ำหนักโมเลกุล 1,046-2,795 ดาลตัน - นำเซรีซินไฮโดรไลเสทมาทดลองผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ แชมพู ได้แชมพูสีน้ำตาลอ่อน ค่า pH 7.32 ค่าความหนืด 619.76 Cp และได้ค่าคุณภาพทางจุลินทรีย์ตาม มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม	พิลาณี ไวณนอมสัตย์ และ วิเชียร กิจปรีชา นิช. (2550). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
2552	เศษวัสดุเหลือทิ้งจากไหม	ผลิตโปรตีนไหม (silk peptide) จากเศษไหมโดยใช้ เทคนิคเชิงนิเวศ โดยนำเศษไหมมาฉายรังสีแกมมาที่ระดับรังสี 300	ได้โปรตีนไหม (silk peptide) และนำไปใช้ในการผลิต ผลิตภัณฑ์ต่างๆ ได้แก่ - ผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง เช่น สบู่ เจลอาบน้ำ ลิปสติก	สถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์ แห่งชาติ (องค์การมหาชน). มหัศจรรย์ผงไหม. 2553. โรงพิมพ์ สำนักงานพระพุทธศาสนา

		กิโกลเอร์ย์ เป็นเวลาประมาณ 6 วัน ทำให้โมเลกุลของไหมที่เกาะกันอยู่นั้นแตกตัวออกจากกัน ได้ผงที่มีขนาด 25-50 ไมครอน มีความสามารถในการละลายน้ำ 99.8% มีลักษณะเบาฟู ดูดซับความชื้นจากอากาศได้ยาก มีโลหะหนักปนเปื้อนน้อยกว่าผงไหมที่ผลิตจากที่อื่น	เป็นต้น - การนำไปใช้ทางการเกษตร โดยทดลองฉีดสารละลายโปรตีนไหมกับข้าวหอมปทุมธานีพบว่า ให้สภาพต้นข้าวที่ดูแข็งแรง ได้ผลผลิตเพิ่มขึ้น - ใช้เป็นส่วนผสมของอาหาร เช่น ไส้กรอก กุนเชียง ลูกชิ้น ไอศกรีม บะหมี่ หมูยอ	แห่งชาติ. 36 หน้า
2558	รังไหมสีเหลือง <i>Bombyx mori</i>	ต้มสกัดรังไหมด้วยน้ำที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 6 ชั่วโมง กรองแล้วนำน้ำไประเหย จากนั้นสกัดแห้งด้วยเครื่อง lyophilization แล้วละลายสารสกัดหยาบด้วย DMSO จากการทดสอบพบว่าสารสกัดรังไหมสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อ <i>Corynebacterium sp.</i> , <i>S. aureus</i> , <i>P.aeruginosa</i> และ MRSA ได้ดี และมีฤทธิ์ต้านสารอนุมูลอิสระ	สารสกัดจากรังไหมที่มีสมบัติยับยั้งเชื้อแบคทีเรียและมีฤทธิ์ต้านสารอนุมูลอิสระ	พวงผกา คุ่มสีไว และยิ่งมณี ตระกูลพั้ว. ผลการยับยั้งของสารสกัดรังไหมจาก <i>Bombyx mori</i> ต่อแบคทีเรียและอนุมูลอิสระ. การประชุมมหาดใหญ่วิชาการระดับชาติ ครั้งที่ 6 วันที่ 26 มิถุนายน 2558 ณ มหาวิทยาลัยมหาดใหญ่.
2559	ปูยไหม	นำปูยไหมมาผ่านขั้นตอนลอกกาไหม และลดขนาดด้วยเครื่องปั่น จากนั้นแยกตะกอนของอนุภาคไฟโบรอิน อบแห้ง และนำไปบดจะได้ผงไหมไฟโบรอินชนิดไม่ละลายน้ำขนาด 48 ไมครอน จากนั้นนำผงดังกล่าวมาละลายโดยใช้สารละลายเกลือผสมระหว่าง	ได้ผงไฟโบรอินไฮโดรไลเสทที่มีโครงสร้างโปรตีนทุติยภูมิแบบ Silk I (random coil and α -helix structure) ที่ละลายน้ำได้มากกว่าร้อยละ 70 แสดงสมบัติเป็นสารแอนติออกซิแดนซ์ มีโปรตีนมากกว่า 72% และมีเถ้าน้อยกว่า	ปิยรัตน์ มูลศรี. วารสารวิชาการ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง ปีที่ 9 ฉบับที่ 2 กรกฎาคม – ธันวาคม

		CaCl ₂ : EtOH : H ₂ O (1:2:8) และเอนไซม์โปรติเอสในการย่อยสลายเส้นใยไฟเบอร์อิน แล้วทำสารละลายไฟเบอร์อินให้บริสุทธิ์โดยวิธีไดอะไลซิสและวิธีเจลฟิวเดรชัน แล้วทำให้เป็นผงด้วยวิธีการทำแห้งแบบเยือกแข็ง	2% จึงคาดว่าจะสามารถนำไปใช้สำหรับการพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางได้	2559
2562	โปรตีนเซรีซิน	นำโปรตีนเซรีซินมากักเก็บในอนุภาคนาโนไลโปโซมที่มีการดัดแปลงโครงสร้างด้วยสารพอลิเมอร์ โดยผ่านกระบวนการอบแห้งแบบพ่นฝอย (spray dry)	ได้อนุภาคนาโนไลโปโซมลักษณะเป็นผงแห้งที่สะดวกต่อการนำไปประยุกต์ในเวชสำอางและเภสัชภัณฑ์ โดยสามารถเตรียมอนุภาคได้ขนาด 200 – 250 นาโนเมตร	ดร.สุวิมล สุรัสโม. ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ (นาโนเทค) สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) ข้อมูลจาก website - https://www.bangkokbiznews.com/news/detail/848326
ผลิตภัณฑ์ทางการแพทย์				
2549	เส้นไหมดิบชาวพันธุ์ผสมไทย-จีน ขนาด 21 denier	นำเส้นไหมมาลอกกาไหมด้วยสารละลายผสม จากนั้นให้ความร้อนด้วยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า และกำจัดเกลือด้วยวิธี dialysis จากนั้นทำให้แห้งด้วยวิธี freeze dry แล้วนำมาเตรียมสารละลายไฟเบอร์อินโดยผสมกับพอลิเมอร์ชนิดต่างๆ ได้แก่ Polyethylene	แผ่นฟิล์มที่ได้จากการผสมไฟเบอร์อินกับ PEO ให้โครงสร้างภายในเป็นแบบ β -sheet และมีความเหมาะสมต่อการนำไปประยุกต์ใช้ทางการแพทย์ โดยมีคุณสมบัติช่วยให้เซลล์ไฟโบรบลาสต์หรือเซลล์เนื้อเยื่อเจริญได้	มานิชญ์ สุธีวัฒนานนท์ และคณะ. 2549. รายงานการวิจัย. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

		oxide (PEO), Sodium alginate (AG), Polyvinyl alcohol (PVA) เพื่อเตรียมแผ่นฟิล์มไฟโบรอิน		
2553	ไหมสายพันธุ์ต่างๆ	ศึกษาการสกัดโปรตีนจากไหมจากไหมสายพันธุ์ต่างๆ พบว่า โปรตีนจากไหมที่สกัดจากไหมสายพันธุ์จุล 1/1 สามารถกระตุ้นการเจริญเติบโตของเซลล์ไฟโบรบลาสต์ และกระตุ้นการสร้างคอลลาเจนได้สูงที่สุดในขณะที่กระตุ้นการสร้างสารก่อการอักเสบได้ต่ำสุด และได้ศึกษาการเตรียมในรูปแบบ ผลการทดสอบยังพบว่า แผ่นโปรตีนจากไหมไม่มีความเป็นพิษต่อเซลล์	แผ่นจากไหมที่เตรียมโดยใช้ 3% sericin + 2% PVA + 1% glycerin ให้แผ่นฟิล์มที่มีความเรียบเนียน ไม่เปราะ ยืดหยุ่นได้ดี สามารถดูดความชื้นได้ดีและยังสามารถให้อากาศผ่านได้ ทั้งนี้แผ่นฟิล์มที่ไม่มี glycerin สามารถปลดปล่อยโปรตีนจากไหมได้สูงและเร็วที่สุด ทั้งนี้แผ่นโปรตีนจากไหมที่พัฒนาขึ้นมีสมบัติที่สามารถนำไปใช้สำหรับปิดแผลได้	พรอนงค์ อร่ามวิทย์, วีระพล ศรีชนะ, โศรดา กนกพานนท์. คณะเภสัชศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย: กรุงเทพฯ. รายงานการวิจัย. สกว. กันยายน 2553
2554	เศษรังไหมไทย <i>Bombyx mori</i> สายพันธุ์นางน้อยศรีสะเกษสีเหลือง	นำเศษรังไหมมาผ่านขั้นตอนการกำจัดโปรตีนด้วยสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต และสกัดโปรตีนด้วยสารละลายผสม $\text{CaCl}_2 : \text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH} : \text{H}_2\text{O}$ ทำ dialysis แล้วทำให้แห้งภายใต้สุญญากาศและอุณหภูมิเยือกแข็ง จากนั้นนำไปปั่นเส้นใยด้วยไฟฟ้าสถิตเพื่อขึ้นรูปเป็นแผ่นปิดแผล และได้ทดลองเตรียมแผ่นปิดแผลไฟโบรอินที่เคลือบด้วยอนุภาคเงินนาโนซึ่งเตรียม	แผ่นปิดแผลที่เคลือบด้วยคอลลอยด์ของอนุภาคเงินนาโน ความเข้มข้น $\geq 1 \text{ mM}$ สามารถยับยั้งเชื้อ <i>S.aureus</i> และ <i>P.aeruginosa</i> ได้โดยเกิด zone of inhibition รอบแผ่น	พิมพ์พร อุทัยรัตน์, สุวิมล เจตะวัฒน, พริยาธร สุวรรณมาลา, จารุรัตน์ เอี่ยมศิริ และสุชาติ พงษ์พัฒน์. การขึ้นรูปแผ่นปิดแผลที่มีฤทธิ์ยับยั้งการเจริญของเชื้อแบคทีเรียจากโปรตีนไหมไฟโบรอินและอนุภาคเงินนาโน. การประชุมวิชาการ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีนิเวศลิษฐ์ ครั้งที่ 12

		จากวิธีการฉายรังสีแกมมา		วันที่ 6-7 กรกฎาคม 2554.
2555	รังไหมและเส้นไหมที่ไม่สามารถนำไปถักทอได้	นำรังไหมและเส้นไหมมาต้มเพื่อแยกส่วนของน้ำกาวไหมและเส้นใยไฟโบรอิน จากนั้นนำเส้นใยไฟโบรอินมาผ่านขั้นตอนการล้างด้วยสารละลายต่าง ละลายด้วยสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ ทำ dialysis แล้วจึงนำเส้นใยดังกล่าวมาปลูกผลึกนาโน hydroxyapatite (Hap) นอกจากนี้ยังทำการเตรียมแผ่นฟิล์มจากสารละลายไฟโบรอิน สำหรับน้ำกาวไหมใช้วิธีการอบบด และเตรียมสารแขวนลอยของผงซีรีซินกับเอทานอล แล้ว sonicate	- พัฒนาวัสดุทดแทนกระดูก โดยพบว่า HAp เคลือบติดได้ดีบนเส้นใยไหมไฟโบรอิน - พัฒนาวัสดุปลดปล่อยยาสู่ร่างกาย โดยได้แผ่นฟิล์มไฟโบรอินที่มีสมบัติ hydrophilic - พัฒนาเวชสำอาง โดยได้อนุภาคนาโนซีรีซินที่มีโครงสร้างแบบผสมระหว่าง β-sheet และ random coil แต่ยังคงต้องปรับปรุงการลดขนาด	สุภาพ ศรีบุญเรือง, ฐปนัท ลีธีระ, ภัทรีณี คลุมดวง, ปิยะพงษ์ ปานแก้ว, ปิยะพงษ์ อะสะนิธิ, สุภาณี ลัมสุวรรณ และพิเชษฐ ลัมสุวรรณ. การเพิ่มมูลค่าสิ่งที่สูงมูลเป่าจากอุตสาหกรรมผ้าไหมไทยเพื่อพัฒนาเป็นวัสดุทดแทนกระดูกวัสดุปลดปล่อยยาและเวชสำอาง. 2555. การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 49. หน้า 135-142.
ผลิตภัณฑ์สิ่งทอ				
2551	เศษเส้นใยไหมเหลือ ผสมกับเส้นใยฝ้ายสีน้ำตาล	นำเส้นใยจากเศษไหมเหลือมาผ่านการลอกกาวซีรีซินออกไปบางส่วนเพื่อให้สามารถแยกเส้นใยจากเศษไหมด้วยเครื่องเปิดเส้นใยได้และเส้นใยยังคงมีสีเหลือง	ผลิตเส้นด้ายปั่นผสม	รังสิมา ชลคุป, สุชาดา อุชชิน และชนิษฐา วัชรภรณ์. เอกสารการประชุมทางวิชาการของ

		แล้วนำไปปั่นผสมกับเส้นใยฝ้ายที่อัตราส่วน 50/50 ได้เส้นด้ายขนาด 30 tex ในระบบปั่นด้ายฝ้ายระดับอุตสาหกรรม โดยพบว่า เส้นด้ายปั่นผสมดังกล่าวมีค่าความแข็งแรงจำเพาะต่ำสุด ค่าการยืดตัวและความไม่สม่ำเสมอของเส้นด้ายใกล้เคียงกับด้ายปั่นจากฝ้ายขาว และแสดงความเป็นปุปมสูงสุด โดยมีค่าความเป็นขนที่ผิวลดลง ทั้งนี้เส้นด้ายปั่นผสมมีสีน้ำตาลออกเหลือง และมีความสว่างมันเงาเพิ่มขึ้น		มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 46 กรุงเทพฯ วันที่ 29 ม.ค. - 1 ก.พ. 2551. หน้า 294-302
2554	เศษไหมจากเครื่องทอที่กระตุกและไร้กระสวยแบบเรเปียร์	นำเศษไหมมาตัดให้มีความยาวที่เหมาะสม แล้วนำมาป้อนเข้าเครื่องตีเปิดเส้นใย เครื่องสาวใย เครื่องรีดปุย เครื่องโรฟวิ่ง และเครื่องปั่นด้ายแบบวงแหวนตามลำดับ พบว่า เส้นใยดังกล่าวสามารถปั่นเป็นเส้นด้ายเบอร์ 18.37 และเบอร์ 16.51 ตามระบบเบอร์ด้ายฝ้าย ได้ตามลำดับ	เส้นด้ายจากเศษไหมที่นำไปถักเป็นถุงมือ ถุงเท้า และผืนผ้าได้	พิศุทธิ์ จันทรคำ. 2554. วิทยานิพนธ์. คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
2554	เศษรังไหมพันธุ์พื้นเมืองที่เหลือจากการปั่น และเส้นใยพีชชนิดต่างๆ คือ ใยฝ้าย โยลีนิน ไยรามิ	นำเศษรังไหมที่ผ่านการเตรียม และทำการต้มด้วยสารเคมี จากนั้นสาวเส้นใย แล้วนำมาปั่นโดยผสมกับเส้นใยพีชชนิดต่างๆ จำนวน 5 ชนิด คือ ใยฝ้าย โย	ผืนผ้าที่ทอจากเส้นใยผสมทั้ง 5 ชนิดมีศักยภาพที่จะนำไปประยุกต์ใช้ในการสร้างผลิตภัณฑ์เคหะสิ่งทอได้	กิตติศักดิ์ อริยะเครือ. วารสารวิชาการและวิจัย มทธ. พระนคร ปีที่ 5 ฉบับที่ 1 มีนาคม

	ใยสัปะรด ใยกล้วย	ลินิน ใยรามี ใยสัปะรด ใยกล้วย แล้วนำมาทอด้วยกี่ ทอมือและเครื่องจักรอุตสาหกรรม		2554
สารตกค้างสำเร็จสำหรับสิ่งทอ				
2551	ผงขาวไหม	นำสารละลายผงขาวไหม 1% ไปบีบอัดแล้วเคลือบบน เส้นใยโพลีเอสเตอร์ และนำไปตัดเย็บเป็นเสื้อกีฬา พบว่า เสื้อจากเส้นใยผสมผงขาวไหมสามารถดูดซับ เหงื่อและความชื้นได้ประมาณ 10-12% ซึ่งให้ค่าสูง กว่าเสื้อผ้าโพลีเอสเตอร์ทั่วไป จึงให้เสื้อดังกล่าวมี ความสบายต่อการสวมใส่	สารตกค้างเพื่อเพิ่มสมบัติการดูดซับความชื้นให้กับเส้นใย สังเคราะห์	ดร.อภิชาติ สนธิสมบัติ ภาควิชา วิศวกรรมสิ่งทอ คณะ วิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัย เทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี. โครงการสนับสนุนการวิจัยพัฒนา สิ่งทอที่ใช้เทคโนโลยีและ นวัตกรรมขั้นสูง (Technical Textiles) สนับสนุนโดยสถาบัน พัฒนาอุตสาหกรรมสิ่งทอ
2558	เชริซินจากน้ำลอกขาวไหม	นำเชริซินจากน้ำลอกขาวไหมมาตกแต่งบนผ้าฝ้ายทอ ลายขัดด้วยวิธี จุ่มอัด-อบแห้ง (pad-dry) พบว่า ผ้า ฝ้ายที่ตกแต่งด้วยเชริซินความเข้มข้น 3.0% และ อบแห้งที่ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 นาที่ เป็น ภาวะการตกแต่งที่ดีที่สุด โดยให้ระดับการป้องกันรังสี	สิ่งทอที่มีสมบัติป้องกันยูวีและต้านทานแบคทีเรีย โดยเฉพาะผลิตภัณฑ์ประเภทเฟอร์นิเจอร์ และของตกแต่ง	กุลธิตา เบญจมาลา. 2558. วิทยานิพนธ์. คณะ วิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัย เทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

		อยู่อยู่ในระดับดี (UPF = 22.32) และสามารถป้องกันแบคทีเรียได้ทั้ง <i>Staphylococcus aureus</i> และ <i>Klebsiella pneumonia</i> แต่ยังไม่ทนต่อการซักล้าง		
ผลิตภัณฑ์กระดาษ				
2559	เศษไหม	ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตกระดาษใยไหม และศึกษาสมบัติสมบัติของกระดาษใยไหม พบว่าสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตกระดาษทำได้โดยใช้ 20% HCl แช่เศษไหมนาน 2 ชม. หรือใช้ 15% NaOH แช่เศษไหมนาน 2 ชม. โดยการใช้ NaOH มีประสิทธิภาพและทำได้ง่ายกว่า เมื่อนำเยื่อไหมไปขึ้นรูปเป็นกระดาษพบว่า มีลักษณะผิวไม่เรียบ เนื้อหยาบ มีความขาวสว่างเล็กน้อย มีสีน้ำตาลตามธรรมชาติ เมื่อนำกระดาษไปทดลองย้อมสีสังเคราะห์พบว่า รังสียูวีในแสงแดดมีผลทำให้สีจางลง	กระดาษใยไหม	วัชรภรณ์ สีทา และปิยรัตน์ มูลศรี. 2559. เอกสารการประชุมสัมมนาวิชาการและนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ เครือข่ายบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏภาคเหนือ ครั้งที่ 16 และ การประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ ครั้งที่ 3 “งานวิจัยเพื่อพัฒนาท้องถิ่น” หน้า 784-793.

การประยุกต์ใช้งานอื่นๆ				
2553	เศษเส้นใยจาก รังไหม (ส่วนที่เหลือติดรังไหมส่วนที่ไม่สามารถสาวได้แล้ว) ฝ้าย และขนสัตว์	ทดสอบการไหลผ่านของอากาศในผ้า และสมบัติการนำความร้อนพบว่า เศษรังไหมมีการนำความร้อนดีที่สุด รองลงมาคือเศษเส้นใยจากฝ้ายและขนสัตว์	ฉนวนกันความร้อน	ัญลักษณ์ จงมี. 2553. วิทยานิพนธ์. คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
2558	เศษรังไหม	นำเศษรังไหมมาตัด ลอกกาไหมด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์บอเนต กรอง แล้วนำมาแช่ในสารละลายกรดไนตริก ล้าง ทำให้แห้ง จากนั้นบดให้มีขนาด 0.25-0.5 มม. ศึกษาประสิทธิภาพในการดูดซับทองแดงในสารละลายด้วยเทคนิค AA	พบว่าไฟโบรอินสามารถดูดซับไอออนทองแดง (II) ได้ดีที่ pH 6 อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ด้วยเวลา 60 นาที โดยดูดซับได้ 24.8 มิลลิกรัมต่อกรัม	สุดารัตน์ สมบัติศรี, ชัยยศ จันทร์แก้ว, ปกิต กำบุญมา และวิณารองจะโปะ. การดูดซับทางชีวภาพทองแดง (II) ด้วยไฟโบรอินจากรังไหมเหลือทิ้ง. วารสารวิทยาศาสตร์และ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ปีที่ 17 ฉบับที่ 1 มกราคม – เมษายน 2558. หน้า 51-59.

ตารางที่ 4.4 สรุปสถานภาพเซรีซินจากบทความทางวิชาการ

ปี พ.ศ.	วัตถุดิบ	กระบวนการ	วัสดุที่ได้	การประยุกต์ใช้งาน	เอกสารอ้างอิง
2545	รังไหม (Cocoon)		Natural silk protein sericin	- วัสดุย่อยสลายได้ทางชีวภาพ (Biodegradable materials) - วัสดุเมมเบรน (Membrane materials) - Functional biomaterials - Medical biomaterials - Functional fibers and fabrics	Zhang, 2002
2547	Crude silk	- ลอกกวไหมโดยใช้สารละลายโซเดียมคาร์บอเนตเจือจาง - Hot-water extraction - Boiling of the crude silk in water and renewing the water until the extract no longer gives a precipitate with gallic	Silk sericin: - Sericin A (the outermost layer) - Sericin B (the	- Medical and pharmaceutical applications - เครื่องสำอาง (Cosmetic applications)	Padamwar and Pawar, 2004

ปี พ.ศ.	วัตถุดิบ	กระบวนการ	วัสดุที่ได้	การประยุกต์ใช้งาน	เอกสารอ้างอิง
		acid - Autoclaving for 1.5 h under pressure of 600-700 mmHg (14 lb) - สกัดจากรังไหมโดยใช้ยูเรีย ที่ 100°C - ใช้เอนไซม์	middle layer) - Sericin C (the innermost layer)		
2547	Cocoon of silkworm	- Degumming process ที่อุณหภูมิ 120°C และที่ความดันสูง นาน 1 ชั่วโมง	Natural silk sericin protein	Immobilized anti-leukemic enzyme L-asparaginase	Zhang, et al., 2004
2551	Cocoons of non-mulberry silkworm	ตัดรังไหมเป็นชิ้นเล็ก ๆ แล้วนำไปต้มในสารละลาย 0.02 M Na ₂ CO ₃ นาน 30 นาที	Sericin	Prevent mitochondrial damage	Dash, et al., 2008
2555	รังไหม	- Degumming process of cocoons by heat or heat under	Silk sericin	เครื่องสำอาง	Aramwit, et al.,

ปี พ.ศ.	วัตถุดิบ	กระบวนการ	วัสดุที่ได้	การประยุกต์ใช้งาน	เอกสารอ้างอิง
	(Cocoon)	pressure or enzyme			2012
2557	Robust cocoons	- เซรีซินสกัดจากรังไหมที่ดัดเป็นขึ้น ๆ นำไปละลายใน 6 M LiBr ที่อุณหภูมิ 35°C นาน 24 ชั่วโมง จากนั้นนำไปปั่นเหวี่ยงเพื่อเอาสารที่ตกตะกอนออกไป ส่วนสารที่ใส่นำมาเติมด้วย 1 M Tris-HCl buffer (pH 9.0) แล้วนำไปไดอะไลซิสในน้ำ นาน 2 วัน - เซรีซินไฮโดรเจลเตรียมจากสารละลายเซรีซินเข้มข้น 2% w/v และใช้ glutaraldehyde เป็น crosslinking agent - อัลจิเนตไฮโดรเจลเตรียมจากสารละลายอัลจิเนตผสมกับ CaSO_4	Natural silk protein sericin/อัลจิเนต ไฮโดรเจล	Regenerative medicine: an injectable, photoluminescent, cell-adhesive 3D hydrogel	Wang, et al., 2014
2558	Silk cocoons	- Degumming of the cocoons - Soap-alkaline degumming process - Degumming by boiling in water under ambient or increased pressure	Silk sericin	- Skin tissue repair with silk sericin-based materials - Silk sericin-based materials for bone tissue engineering - Silk sericin-based biomaterials for	Lamboni, et al., 2015

ปี พ.ศ.	วัตถุดิบ	กระบวนการ	วัสดุที่ได้	การประยุกต์ใช้งาน	เอกสารอ้างอิง
				other tissues - Drug delivery	
2558	ไหม (Silk)	- Degumming process using soap and alkali - Hot-water extraction	เซรีซิน	- Anti-frosting agent - วัสดุชีวภาพ(Biomaterials) - สารเคลือบ (Coatings) - เครื่องสำอาง (Cosmetics) - อุตสาหกรรมอาหาร (Food industry) - फिल्म (Films) - เมมเบรน (Membranes) - สารดูดความชื้น (Moisture absorbents)	Rangi and Jajpura, 2015

ปี พ.ศ.	วัตถุดิบ	กระบวนการ	วัสดุที่ได้	การประยุกต์ใช้งาน	เอกสารอ้างอิง
				- Medical textiles	
2558	รังไหม (Cocoon)	เตรียมโดยใช้ emulsification method ตามด้วย internal crosslinking	Silk sericin loaded alginate nanoparticles	Inflammation inhibition induced by carrageenan	Khampieng, et al., 2015
2558	Raw silk	สารละลายเซรีซิน cured ด้วย glutaraldehyde ที่อุณหภูมิ 130°C นาน 2 นาที จากนั้นนำมาทรีทบนพอลิเอสเตอร์	Sericin-based polyester textile	การประยุกต์ใช้งานทางการแพทย์ (Medical applications)	Gupta, et al., 2015
2558	Silkworm cocoons	ผสมสารละลาย alginate (มี glutaraldehyde) และสารละลายเซรีซิน (มี CaCl ₂) แล้วนำไป incubated ที่อุณหภูมิห้อง	Sericin-alginate interpenetrating network hydrogel	Cell and drug delivery	Zhang, et al., 2015
2559	รังไหม (Cocoon)		Silkworm sericin	- Immunological response - สารต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant) - Cosmetology	Kunz, et al., 2016

ปี พ.ศ.	วัตถุดิบ	กระบวนการ	วัสดุที่ได้	การประยุกต์ใช้งาน	เอกสารอ้างอิง
				- Supplement in culture media and cryopreservation - Wound healing - Tissue engineering: Epithelial and connective tissue - Vehicle for drug delivery	

ตารางที่4.5 สรุปสถานภาพไฟโบรอินจากบทความทางวิชาการ

ปี พ.ศ.	วัตถุดิบ	กระบวนการ	วัสดุที่ได้	การประยุกต์ใช้งาน	เอกสารอ้างอิง
2547	Silk cocoons	ใช้กระบวนการ degumming โดยใช้สารละลาย Na_2CO_3 นาน 1 ชั่วโมง จากนั้นล้างด้วยน้ำกลั่น แล้วนำมาต้มในสารละลาย LiBr (9.3 M) ที่อุณหภูมิ 65°C นาน 3 ชั่วโมง จากนั้นนำไปผ่านกระบวนการไดอะไลซิส ที่อุณหภูมิห้อง โดยใช้น้ำกลั่น เป็นเวลา 3 วัน	ไฟโบรอินไฮโดรเจล	<i>in vitro</i> cell culture	Motta, et al., 2004
2548	รังไหม (Cocoon)	ต้มรังไหมในสารละลาย Na_2CO_3 (0.02 M) นาน 20 นาที แล้วล้างด้วยน้ำกลั่น จากนั้นนำไปต้มในสารละลาย LiBr (9.3 M) ที่อุณหภูมิ 60°C นาน 4 ชั่วโมง จากนั้นนำไปผ่านกระบวนการไดอะไลซิส โดยใช้น้ำกลั่น เป็นเวลา 3 วัน	Silk fibroin	Biomaterial coatings	Wang, et al., 2014
2551	Silkworm		Microperiodic silk fibroin scaffolds	Tissue engineering applications	Ghosh, et al., 2008
2552	รังไหม (Cocoon)	ใช้กระบวนการ degumming	Chemically-modified silk fibroin	Biomedical applications	Murphy and Kaplan, 2009

ปี พ.ศ.	วัตถุดิบ	กระบวนการ	วัสดุที่ได้	การประยุกต์ใช้งาน	เอกสารอ้างอิง
2552	ไหม (Silk)	ใช้กระบวนการ degumming โดยใช้สารละลายของเกลือ เช่น LiSCN, LiBr และ CaCl_2 จากนั้นนำไปผ่านกระบวนการไดอะไลซิส นาน 3 วัน ในน้ำปราศจากไอออน	- Non-woven silk fibroin mats - Silk fibroin hydrogel - Silk fibroin porous sponges	- เมมเบรน (Membrane) - Tissue engineering materials	Zhang, et al., 2009
2553	รังไหม (Cocoon)	- ไฟโบรอินเตรียมโดยตัดรังไหมเป็นชิ้นเล็กๆ แล้วต้มใน Na_2CO_3 (0.02 M) นาน 60 นาที แล้วล้างด้วยน้ำปราศจากไอออน จากนั้นนำไปต้มในสารละลาย LiBr (9.3 M) ที่อุณหภูมิ 60°C นาน 4 ชั่วโมง แล้วนำไปผ่านกระบวนการไดอะไลซิส โดยใช้ น้ำปราศจากไอออน นาน 48 ชั่วโมง - การเตรียม Silk protein fibroin nanoparticles ใช้ไดเมทิลซัลฟอกไซด์ (dimethyl sulfoxide, DMSO)	Silk fibroin nanoparticles	Cellular uptake and control release	Kundu, et al., 2010
2553	Raw silk	ต้ม Raw silk fibers ใน 0.5%w/w Na_2CO_3 นาน 30 นาที แล้วล้าง	- Regenerated silk	Wound-dressing	Cai, et al., 2010

ปี พ.ศ.	วัตถุดิบ	กระบวนการ	วัสดุที่ได้	การประยุกต์ใช้งาน	เอกสารอ้างอิง
	fibers	ด้วยน้ำกลั่น จากนั้นนำมาต้มในสารละลาย $\text{CaCl}_2/\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}/\text{H}_2\text{O}$ (1/2/8 mole ratio) ที่อุณหภูมิ 65°C นาน 1 ชั่วโมง และผ่านกระบวนการไดอะไลซิสในน้ำกลั่น นาน 3 วัน - Chitosan/silk fibroin composite nanofibers เตรียมโดยใช้กระบวนการ Electrospinning	fibroin - Chitosan/silk fibroin composite nanofibers	applications	
2554	Cocoon silk		Silk fibroin	Drug delivery devices	Wenk, et al., 2011
2554	รังไหม (Cocoon)	ใช้กระบวนการ degumming	Silk fibroin protein and chitosan polyelectrolyte complex porous scaffolds	Tissue engineering applications	Bhardwaj and Kundu, 2011
2554	รังไหม	ไฟโบรอินเตรียมได้โดย นำรังไหมมาต้มใน Na_2CO_3 (0.02 M) นาน 1 ชั่วโมง แล้วล้างด้วยน้ำปราศจากไอออน จากนั้นนำไปต้มใน	Electrospun poly(ϵ -caprolactone)/silk	Tissue engineering	Li, et al., 2011

ปี พ.ศ.	วัตถุดิบ	กระบวนการ	วัสดุที่ได้	การประยุกต์ใช้งาน	เอกสารอ้างอิง
	(Cocoon)	สารละลาย LiBr (9.3 M) ที่อุณหภูมิ 55°C	fibroin core-sheath nanofibers	and drug release	
2555	รังไหม (Cocoon)	ต้มรังไหมนาน 1 ชั่วโมงในสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต (0.02 M) แล้วล้างด้วยน้ำกลั่น จากนั้นนำมาให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 70°C นาน 1 ชั่วโมง ในสารละลายลิเทียมโบรมาต (9.3 M) แล้วนำมาผ่าน กระบวนการไดอะไลซิส	- Silk fibroin - Salt-leached silk fibroin scaffolds	Articular cartilage and meniscus tissue engineering applications	Yan, et al., 2012
2558	ไหม (Silk)	กระบวนการทางเคมี	Silk fibroin nanoparticle (powder)	- Drug carrier in drug delivery systems	Mottaghitlab, et al., 2015
2558	ไหม (Silk)	ใช้กระบวนการ degumming	Silk fibroin electrospun nanofibers	Biomaterial applications	Yukseloglu, S. M., et al. (2015)
2559	Silkworms		non-mulberry silk	<i>in vivo</i> bone	Bhattacharjee,

ปี พ.ศ.	วัตถุดิบ	กระบวนการ	วัสดุที่ได้	การประยุกต์ใช้งาน	เอกสารอ้างอิง
			protein fibroin blended and grafted poly(ϵ -caprolactone) nanofibrous matrices	regeneration	et al., 2016
2559	ผงไฟโบรอิน ชนิดไม่ละลาย น้ำ	ใช้สารละลายเกลือผสมระหว่าง $\text{CaCl}_2:\text{EtOH}:\text{H}_2\text{O}$ (1:8:2) และ เอนไซม์โปรติเอส จากนั้นนำไปผ่านกระบวนการไดอะไลซิส	ผงไฟโบรอินไฮโดรไลเสท	ผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง	ปิยรัตน์ มุลศรี, 2559
2561	รังไหม (Cocoon)	ไฟโบรอินเตรียมโดยตัดรังไหมและนำไปต้มในสารละลาย NaCO_3 (0.023 M) นาน 30 นาที แล้วล้างด้วยน้ำปราศจากไอออน จากนั้น นำไปต้มในสารละลายลิเทียมโบรมาйд (9.3 M) ที่อุณหภูมิ 60°C นาน 4 ชั่วโมง แล้วนำไปผ่านกระบวนการไดอะไลซิส	Electrospun silk fibroin fibers	Storage and controlled release of human platelet lysate	Pignatelli, et al., 2018

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง

จากการวิจัยได้ผลสรุปแยกได้เป็น 3 ส่วนเนื่องานดังนี้

1. จากการทดลองแยกส่วนของผงไหมไฟโบรอินและสารเซรีซินจากวัตถุดิบเศษไหมและส่วนกากหัวไหม โดยใช้สารละลายโซเดียมคาร์บอเนต ร่วมกับการใช้คลื่นอัลตราโซนิกความถี่สูงร่วมในการทำปฏิกิริยา ได้สภาวะที่เหมาะสมในการแยกสกัดคือที่ระยะเวลาในการใช้คลื่นความถี่ 30 นาที ผงเซรีซินที่ได้ มีความบริสุทธิ์และมีร้อยละผลผลิตมากกว่าร้อยละ 28
2. ในการเตรียมปรับปรุงผิวหน้าแผ่นกรองด้วยสารพอลิเมอร์ผสมที่มีเซรีซินเป็นส่วนประกอบสำหรับการใช้เป็นหน้ากากอนามัยต้นแบบโดยใช้เทคนิคอิเล็กโตรสปินนิงและเทคนิค จุ่ม-อัด-อบความร้อน พบว่าการใช้เทคนิคอิเล็กโตรสปินนิง สามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการกรอง อนุภาคขนาดเล็กได้โดยมีผลทำให้ความต้านทานการไหลของอากาศเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย ในขณะที่การใช้เทคนิค จุ่ม-อัด-อบความร้อน ทำให้เกิดการสูญเสียแรงดันของแผ่นกรอง และโครงสร้างรูพรุนของแผ่นกรองเสียสภาพได้ ซึ่งส่งผลต่อประสิทธิภาพการกรองอนุภาค
3. สถานภาพงานวิจัยการใช้ประโยชน์จากส่วนต่างๆ ของรังไหมและเศษเหลือทิ้งจากไหมจากบทความวิจัยทั้งในและต่างประเทศ พบว่ามีการนำเซรีซินและเศษไหม ที่ผ่านกระบวนการแปรรูปไปใช้ประโยชน์ในกลุ่มผลิตภัณฑ์ทางการแพทย์และเครื่องสำอางเป็นหลัก โดยใช้กระบวนการทางเคมีในการแปรรูปเป็นส่วนใหญ่ และมีส่วนน้อยที่ใช้วิธีทางชีวภาพในการนำเอนไซม์มาร่วมในกระบวนการแยกสกัดและใช้ในรูปแบบผลิตภัณฑ์ผงแห้ง และขึ้นรูปต่อเป็นเส้นใยนอนวูฟเวนหรือเมมเบรน

รายการเอกสารอ้างอิง

1. หยาดพิรุณ บุญสด และ ประสงค์ สีหนาม. (2554). องค์ประกอบและโครงสร้าง คุณสมบัติและการประยุกต์ใช้, วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม. 31: 436-442
2. Kuriota, A., Fujie Kuriota, F., Yamazaki, M.(2004) Characterization of Sericin Powder Prepared from Citric Acid-degraded Sericin Polypeptides of the Silkworm, *Bombyx Mori*. *Journal Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry*.68, 774-780.
3. Wu, J-H., Wang, Z., Xu, S-Y., (2007) Preparation and characterization of sericin powder extracted from silk industry wastewater. *Food Chemistry*. 103(4), 1255-1262.
4. Lin, J., Wang, L., Wang, L., (2012) Coagulation of Sericin Protein in Silk Degumming Wastewater Using Quaternized Chitosan. *J. of Polymers and the Environment*, 20(3), 858-864.
5. Lu, Q., et.al. (2011). Silk fibroin electrogelation mechanisms. *Acta Biomaterialia*. 7, 2394-2400.
6. Lin, S. et.al. (2015). Green electrospun grape seed extract-loaded fibroin nanofibrous mat with excellent cytocompatibility and antioxidant effect. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*. 139. 156-163.
7. Kitisin, T., Maneekan, P. and Luplertlop, N. (2013) . In-vitro Characterization of Silk Sericin as an Anti-aging Agent. *Journal of Agricultural Science*. 5: 54-62
8. Dash, R., Mukherjee, S., & Kundu, S. C. (2006). Isolation purification and characterization of silk protein sericin from cocoon peduncles of tropical tasar silkworm *Antheraea mylitta*. *Int. J. Biol. Macromol.*, 38,.255-258.
9. Freddi, G., Mossotti, R.,& Innocenti, R. (2003). Degumming of silk fabric with several protease. *J. Biotechnol.*,106, 101-112.
10. Li, M., Tao, W., Lu, S., & Kuga, S. (2003). Complicated film of regenerated *Antheraea pernyi* silk fibroin by chemical crosslinking. *Int. J. Biol. Macromol.*, 32,.159-163.

11. Moonsri, P., Watanesk, S., Watanesk, R., Niamsup, H., & Deming, R.L. (2008). Fibroin membrane preparation and stabilization by polyethylene glycol diglycidyl ether. *J. Appl. Polym. Sci.*, 108, pp.1402-1406.
12. Padamwar, M. N. and Pawar, A. P. (2004). Silk sericin and its applications: A review, *Journal of Scientific & Industrial Research*. 63: 323-329.
13. Um, I.C., Kweon, H. Y., Kwang, G. L., and Park, Y. H. (2003). The role of formic acid in solubility and crystallization of silk protein polymer. *Int. J. Biol. Macromol.* 33: 203-213.
14. Wu, J. -H., Wang, Z., Xu, S. -Y. (2007). Preparation and characterization of sericin powder extract from silk industry wastewater. *Food. Chem.*, 103, 1255-1262.
15. Yamada, H., Nakao, H., Takasu, Y., & Tsubouchi, K. (2001).
16. Preparation of undegraded native molecular fibroin solution from silkworm cocoons. *Mat. Sci. Eng.*, 14, 41-46.
17. Aramwit, P., et al. (2012) "Potential applications of silk sericin, a natural protein from textile industry by-products", *Waste Management & Research*, vol. 30, pp. 217-224.
18. Bhardwaj, N. and Kundu, S.C. (2011) "Silk fibroin protein and chitosan polyelectrolyte complex porous scaffolds for tissue engineering applications", *Carbohydrate Polymers*, vol. 85, pp. 325-333.
19. Bhattacharjee, P., et al. (2016) "Potential of non-mulberry silk protein fibroin blended and grafted poly(ϵ -caprolactone) nanofibrous matrices for in vivo bone regeneration", *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, vol. 143, pp. 431-439.
20. Cai, Z.-x., et al. (2010) "Fabrication of Chitosan/Silk Fibroin Composite Nanofibers for Wound-dressing Applications", *Int. J. Mol. Sci.*, vol. 11, pp. 3529-3539.
21. Dash, R., et al. (2008) "Silk sericin protein of tropical tasar silkworm inhibits UVB-induced apoptosis in human skin keratinocytes", *Mol Cell Biochem*, vol. 311, pp. 111-119.
22. Ghosh, S., et al. (2008) "Direct-Write Assembly of Microperiodic Silk Fibroin Scaffolds for Tissue Engineering Applications", *Advance Functional Materials*, vol. 18, pp. 1883-1889.

23. Gupta, D. et al. (2015) "Sericin-based polyester textile for medical applications", The Journal of The Textile Institute, vol. 106, pp. 366-376.
24. Khampieng, T., et al. (2015) "Silk sericin loaded alginate nanoparticles: Preparation and anti-inflammatory efficacy", International Journal of Biological Macromolecules, vol. 80, pp. 636-643.
25. Kundu, J., et al. (2010) "Silk fibroin nanoparticles for cellular uptake and control release", International Journal of Pharmaceutics, vol. 388, pp. 242-250.
26. Kunz, R.I., et al. (2016) "Silkworm sericin: Properties and biomedical applications", BioMed Research International, vol. 2016, pp. 1-19.
27. Lamboni, L. et al. (2015) "Silk sericin: A versatile material for tissue engineering and drug delivery", Biotechnology Advances, vol. 33, pp. 1855-1867.
28. Li, L., et al. (2011) "Electrospun poly(ϵ -caprolactone)/silk fibroin core-sheath nanofibers and their potential applications in tissue engineering and drug release", International Journal of Biological Macromolecules, vol. 49, pp. 223-232.
29. Motta, A., et al. (2004) "Fibroin hydrogels for biomedical applications: preparation, characterization and in vitro cell culture studies", J. Biomater. Sci. Polymer Edn, vol. 15, pp. 851-864.
30. Mottaghitab, F., et al. (2015) "Silk fibroin nanoparticle as a novel drug delivery system", Journal of Controlled Release, vol. 206, pp. 161-176.
31. Murphy, A.R. and Kaplan, D.L. (2009) "Biomedical applications of chemically-modified silk fibroin", Journal of Materials Chemistry, vol. 19, pp. 6443-6450.
32. Padamwar, M.N. and Pawar, A.P. (2004) "Silk sericin and its applications: A review", Journal of Scientific & Industrial Research, vol. 63, pp. 323-329.
33. Pignatelli, P., et al. (2018) "Electrospun silk fibroin fibers for storage and controlled release of human platelet lysate", Acta Biomaterialia, vol. 73, pp. 365-376.
34. Rangi, A. and Jajpura, L. (2015) "The biopolymer sericin: Extraction and applications", Journal of Textile Science & Engineering, vol. 5, pp. 1-5.
35. Wang, X., et al. (2005) "Biomaterial Coatings by Stepwise Deposition of Silk Fibroin", Langmuir, vol. 21, pp. 11335-11341.

36. Wang, Z., et al. (2014) “Exploring natural silk protein sericin for regenerative medicine: an injectable, photoluminescent, cell-adhesive 3D hydrogel”, *Scientific Report*, vol. 4, pp. 1-11.
37. Wenk, E., et al. (2011) “Silk fibroin as a vehicle for drug delivery applications”, *Journal of Controlled Release*, vol. 150, pp. 128-141.
38. Yan, L.-P., et al. (2012) “Macro/microporous silk fibroin scaffolds with potential for articular cartilage and meniscus tissue engineering applications”, *Acta Biomaterialia*, vol. 8, pp. 289-301.
39. Yukseloglu, S. M., et al. (2015) “Biomaterial applications of silk fibroin electrospun nanofibers”, *Microelectronic Engineering*, vol. 146, pp. 43-47.
40. Zhang, Q., et al. (2009) “Silk Fibroin Based Porous Materials”, *Materials*, vol. 2, pp. 2276-2295.
41. Zhang, Y., et al. (2015) “Design and performance of a sericin-alginate interpenetrating network hydrogel for cell and drug delivery”, *Scientific Report*, vol. 5, pp. 1-13.
42. Zhang, Y.-Q. (2002) “Applications of natural silk protein sericin in biomaterials”, *Biotechnology Advances*, vol. 20, pp. 91-100.
43. Zhang, Y.-Q., et al. (2004) “Immobilization of L-asparaginase on the microparticles of the natural silk sericin protein and its characters”, *Biomaterials*, vol. 25, pp. 3751-3759.
44. ปิยรัตน์ มูลศรี (2559) “การพัฒนากระบวนการเตรียมผงไฟโบรอินไฮโดรไลเสทจากผงไฟโบรอินชนิดไม่ละลายน้ำเพื่อใช้ในผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง”, *วารสารวิชาการคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง*, ปีที่ 9 ฉบับที่ 2 หน้า 45-58.

ภาคผนวก

ตารางเปรียบเทียบวัตถุประสงค์ กิจกรรมที่วางแผนไว้และกิจกรรมที่ดำเนินการมาและผลที่ได้รับตลอดโครงการ

วัตถุประสงค์โครงการ	กิจกรรมที่วางแผน	กิจกรรมที่ดำเนินการ	ผลที่ได้รับตลอดโครงการ
1. เพื่อปรับปรุงสมบัติผงไหมและเตรียมต้นแบบหน้ากากอนามัยป้องกันเชื้อโรคจากผงไหม	1. การทดลองในระดับห้องปฏิบัติการถึงปัจจัยที่เกี่ยวข้องในการเตรียมเซริซินจากเศษไหม และการปรับปรุงพื้นผิวแผ่นกรองสำหรับการนำไปใช้เป็นหน้ากากอนามัยต้นแบบ	1.1 การทดลองในระดับห้องปฏิบัติการถึงปัจจัยที่เกี่ยวข้องในการเตรียมเซริซินจากเศษไหม และตรวจสอบสมบัติที่เกี่ยวข้อง 1.2 การปรับปรุงพื้นผิวแผ่นกรองด้วยเทคนิคต่างกันสองรูปแบบและตรวจสอบสมบัติแผ่นกรองหลังการปรับปรุงพื้นผิว	- รายงานการวิจัยผลการนำเตรียมเซริซินและร้อยละผลิตภัณฑ์เซริซินจากเศษไหมในระดับปฏิบัติการและผลการวิจัยการปรับปรุงพื้นผิวแผ่นกรองด้วยเซริซินในการนำไปพัฒนาเป็นหน้ากากอนามัยต้นแบบ - รายงานสถานภาพงานวิจัยการใช้ประโยชน์จากกากไหมและเศษไหม - กิจกรรมอบรมถ่ายทอดความรู้การย้อมไหมด้วยสีธรรมชาติจากวัสดุในท้องถิ่น ร่วมกับแผนวิจัย ณ กลุ่มวิสาหกิจชุมชนกลุ่มทอผ้าในตำบลพระบาทนาสิงห์ จังหวัดหนองคาย
2. เพื่อรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลวิจัย องค์ความรู้ เทคโนโลยี และสิทธิบัตรที่เกี่ยวข้องในการผลิตผลิตภัณฑ์มูลค่าเพิ่มจากไหมและวัสดุเหลือทิ้งจากกระบวนการผลิตไหม	- การรวบรวมข้อมูลจากการสืบค้นในฐานข้อมูลวิจัยต่างๆ ทั้งในและต่างประเทศ	การรวบรวมข้อมูลจากการสืบค้นในฐานข้อมูลวิจัยต่างๆ ทั้งในและต่างประเทศ	

1.10 แบบฟอร์ม ตาราง Output

สัญญาเลขที่ RDG62T0042

การปรับปรุงคุณภาพผงไหมและนำไปใช้เตรียมหน้ากากอนามัยฆ่าเชื้อโรค และการวิเคราะห์สถานภาพ
เทคโนโลยี นวัตกรรม ในกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์จากไหมอย่างยั่งยืน

สรุปรายงานความก้าวหน้าครั้งที่ 3

ตาราง เปรียบเทียบ Output ที่เสนอในข้อเสนอโครงการและที่ดำเนินการได้จริงในรอบ 12 เดือน

Output		ในกรณีล่าช้า (ผลสำเร็จไม่ถึง 100%) ให้ท่าน ระบุสาเหตุและการแก้ไขที่ท่านดำเนินการ
กิจกรรมในข้อเสนอโครงการ/หรือจากการปรับแผน	ผลสำเร็จ (%)	
1. เพื่อปรับปรุงสมบัติผงไหมและเตรียมต้นแบบ หน้ากากอนามัยป้องกันเชื้อโรคจากผงไหม)	100%	
2. เพื่อรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลวิจัย องค์ความรู้ เทคโนโลยี และสิทธิบัตรที่เกี่ยวข้องในการผลิต ผลิตภัณฑ์มูลค่าเพิ่มจากไหมและวัสดุเหลือทิ้งจาก กระบวนการผลิตไหม	100%	-
3. สรุป และจัดทำร่างรายงานฉบับสมบูรณ์	100%	

ลงนาม.....

(ผศ.ดร.กฤษณา ศิริเลิศมกุล)

หัวหน้าโครงการย่อย

วันที่.....

ข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะอื่นๆ ต่อ สกว.

☒ ประชุมคณะผู้วิจัย จำนวน 12 ครั้ง

ลงนาม.....

(ผศ.ดร.กฤษณา ศิริเลิศมกุล)

วันที่.....

