บทที่ 2
วิธีการทดลอง

2.1 วัสดุ สารเคมี และอุปกรณ์

2.1.1 วัสดุและสารเคมี

1. Cotton cloth
2. Polyethyleneimine
3. Sodium dodecylbenzene sulfonate (SDBS)
4. Domiphen bromide
5. PolyDADMAC
6. Silicon tetrachloride solution 1.0 M in methylene chloride ($SiCl_4$), Sigma-Aldrich
7. 1H,1H,2H,2H-perfluorooctyltriethoxy-silane (POTS) 98%, Sigma-Aldrich
8. Dimethyldichlorosilane $(CH_3)_2SiCl_2$ (DMDCS) 99.5%, Sigma-Aldrich
9. Stearic acid extra pure, QREC (ASIA) SDN BHD
10. Nitrogen gas
11. Ethanol absolute for analysis, Merck
12. Tetraethylorthosilicate

2.1.2 เครื่องมือและอุปกรณ์

1. Analytical balance GF-3000, AND, Japan
2. Orbit shaker VRN-480, GEMMY, Taiwan
3. Hot air oven D-91126, Memmert, Germany
4. Scanning electron microscope and energy dispersive x-ray spectrometer, JSM-6335F, JEOL, Japan
5. Fourier transform infrared spectrometer, Thermo Fisher Scientific, U.S.A
6. Water contact angle measurement
7. X-ray Diffractrometer
8. Universal Mechanical Testing Machine LRX, LLOYD, UK
9. Sonicator

2.2 การปรับปรุงสมบัติไม่ชอบน้ำของผ้าฝ้ายโดยการดัดแปรผ้าฝ้ายด้วยสารลดแรงตึงผิว

2.2.1 การดัดแปรผ้าฝ้ายด้วยสารลดแรงตึงผิวชนิดบวก

2.2.1.1 การสร้างกราฟมาตรฐานของสารลดแรงตึงผิวชนิดบวก

เตรียมสารละลายมาตรฐานสารลดแรงตึงผิวชนิดบวก Domiphen bromide ที่มีความเข้มข้น 0.025, 0.050, 0.10, 0.20, 0.30, 0.40 และ 0.50 mM จากนั้นนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 268.8 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง UV-Vis Spectrometer นำค่าที่ได้ไปพล็อตกราฟ ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงกับความเข้มข้นของสารละลาย PEI ที่ความเข้มข้นต่างๆ

2.2.1.2 การดูดซับสารลดแรงตึงผิวชนิดบวกบนผ้าฝ้าย

- การหาเวลาที่เหมาะสมในการดูดซับของสารลดแรงตึงผิวชนิดบวกบนผ้าฝ้าย

เตรียมสารลดแรงตึงผิวความเข้มข้น 1 mM ลงในขวด vial ขนาด 20 มิลลิลิตร จำนวน 7 ขวด ขวดละ 15 มิลลิลิตร นำผ้าฝ้ายมาตัดเป็นชิ้นขนาด 3 x 6 เซนติเมตร แล้วชั่งน้ำหนักที่แน่นอน จำนวน 7 ชิ้น ใส่ลงในแต่ละขวดจากนั้นทำการเขย่าเป็นเวลา 5, 10, 15, 30, 60, 120 และ 180 ปิเปต สารลดแรงตึงผิวก่อนและหลังการดูดซับไปหาค่าการดูดกลืนแสง จากนั้นไปเทียบกับกราฟมาตรฐานเพื่อหาปริมาณของสารลดแรงตึงผิวที่ถูกดูดซับที่เวลาต่างๆ

- การหาไอโซเทอมของการดูดซับของสารลดแรงตึงผิวชนิดบวกบนผ้าฝ้าย

เตรียมสารลดแรงตึงผิวความเข้มข้น 0.2, 1.0, 2.0 และ 3.0 mM ปริมาตร 15 มิลลิลิตร ใส่ลงในขวด แล้วนำผ้าฝ้าย ขนาด 3 x 6 เซนติเมตร ที่ชั่งน้ำหนักที่แน่นอนใส่ลงในแต่ละขวด หลังจากเขย่าเป็นเวลา 2 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 30 ^{0}C นำสารลดแรงตึงผิวที่อยู่ในขวดไปวัดค่าการดูดกลืนแสงและเทียบกับกราฟมาตรฐานเพื่อหาปริมาณของสารลดแรงตึงผิวที่เหลือ จากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาพล็อตระหว่างปริมาณสารลดแรงตึงผิวที่ถูกดูดซับกับความเข้มข้นของสารลดแรงตึงผิวหลังการดูดซับ

- ผลของอิเล็กโทรไลท์ต่อการดูดซับสารลดแรงตึงผิวชนิดบวกบนผ้าฝ้าย

เตรียมสารลดแรงตึงผิวความเข้มข้น 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5 และ 1.0 mM ในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ ความเข้มข้น 0.005 M ปริมาตร 15 มิลลิลิตร ใส่ลงในขวด แล้วนำผ้าฝ้าย ขนาด 3 x 6 เซนติเมตร ที่ชั่งน้ำหนักที่แน่นอนใส่ลงในแต่ละขวด หลังจากเขย่าเป็นเวลา 2 ชั่วโมง นำสารลดแรงตึงผิวที่อยู่ในขวดไปวัดค่าการดูดกลืนแสงและเทียบกับกราฟมาตรฐานเพื่อหาปริมาณของสารลดแรงตึงผิวที่เหลือ จากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาพล็อตระหว่างปริมาณสารลดแรงตึงผิวที่ถูกดูดซับกับความเข้มข้นของสารลดแรงตึงผิวหลังการดูดซับ ทำการทดลองซ้ำ โดยเตรียมสารลดแรงตึงผิวในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0.010 และ 0.050 M

- ผลของพีเอชต่อการดูดซับสารลดแรงตึงผิวชนิดบวกบนผ้าฝ้าย

เตรียมสารลดแรงตึงผิวความเข้มข้น 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5 และ 1.0 mM ที่ปรับค่าพีเอชเป็น 5 ปริมาตร 15 มิลลิลิตร ใส่ลงในขวด แล้วนำผ้าฝ้าย ขนาด 3 x 6 เซนติเมตร ที่ชั่งน้ำหนักที่แน่นอนใส่ลงในแต่ละขวด หลังจากเขย่าเป็นเวลา 2 ชั่วโมง นำสารลดแรงตึงผิวที่อยู่ในขวดไปวัดค่าการดูดกลืนแสงและเทียบกับกราฟมาตรฐานเพื่อหาปริมาณของสารลดแรงตึงผิวที่เหลือ จากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาพล็อตระหว่างปริมาณสารลดแรงตึงผิวที่ถูกดูดซับกับความเข้มข้นของสารลดแรงตึงผิวหลังการดูดซับ ทำการทดลองซ้ำ โดยปรับพีเอชของสารลดแรงตึงผิวเป็น 7 และ 9

2.2.2 การดัดแปรผ้าฝ้ายด้วยสารลดแรงตึงผิวชนิดลบ

เนื่องจากผ้าฝ้ายมีสภาพประจุที่ผิวเป็นลบ จึงต้องทำการดัดแปรผ้าฝ้ายด้วยสารพอลิเมอร์ชนิดบวกก่อนเพื่อให้ผ้าสามารถเกิดอันตรกิริยากับสารลดแรงตึงผิวชนิดลบได้ดีขึ้น

2.2.2.1 การดัดแปรพื้นผิวผ้าฝ้ายด้วยพอลิเมอร์ชนิดบวก

- การสร้างกราฟมาตรฐานสารละลายพอลิเอทิลีนอิมีน

เตรียมสารละลายมาตรฐาน PEI ที่ความเข้มข้น 20, 50, 80, 120, 200, 300, 500, 1000, 1500, 2000 ppm โดยปิเปตสารละลาย PEI ที่มีความเข้มข้น 10000 ppm มา 0.05, 0.125, 0.20, 0.30, 0.50, 0.75, 1.25, 2.50, 3.75, 5.00 ml ตามลำดับ ลงในขวดวัด ปริมาตรขนาด 25 ml จากนั้นเติม 0.5% w/v $CuSO_4$ 10.00 ml แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น นำสารละลายมาตรฐาน PEI ที่เตรียมได้ ไปวัดค่าการดูดกลืนแสง ที่ ความยาวคลื่น 602.5 nm โดยใช้เครื่อง UV-Vis Spectrometer นำค่าที่ได้ไปพล็อตกราฟระหว่างค่าการดูดกลืนแสงกับความเข้มข้น ของสารละลาย PEI ที่ความเข้มข้นต่างๆ

- การดูดซับสารละลายพอลิเอทิลีนอิมีนบนผ้าฝ้าย

เตรียมสารละลาย PEI ให้มีความเข้มข้น 50, 100, 200, 400, 600, 800, 1200, 1500 ppm ปริมาตร 15 มิลลิลิตร ลงในขวด vial ขนาด 20 มิลลิลิตร นำผ้าฝ้าย ขนาด 3 x 6 เซนติเมตร ที่ชั่งน้ำหนักที่แน่นอนใส่ลงในแต่ละขวด หลังจากเขย่าเป็นเวลา 3 ชั่วโมง จากนั้นปิเปตของผสมที่เขย่ามา 5.00 ml ใส่ลงในขวดวัดปริมาตร 25 มิลลิลิตร จากนั้นเติม 0.5%w/v $CuSO_4$ 10.00 ml แล้วทำการปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงและเทียบกับกราฟมาตรฐานเพื่อหาปริมาณของสารละลายพอลิเมอร์ที่เหลือ นำข้อมูลที่ได้มาพล็อตระหว่างปริมาณสารลดแรงตึงผิวที่ถูกดูดซับกับความเข้มข้นของสารลดแรงตึงผิวหลังการดูดซับ

- การดูดซับสารลดแรงตึงผิวชนิดลบบนผ้าฝ้ายที่ถูกดัดแปรด้วยพอลิเมอร์ชนิดบวก

ไม่สามารถทำการทดลองต่อได้ เนื่องจากสารลดแรงตึงผิวชนิดลบที่นำมาศึกษาคือ โซเดียมโดเดคิลเบนซีนซัลโฟเนต สามารถตกตะกอนกับพอลิเอทิลีนอิมีนได้

2.3 การปรับปรุงสมบัติไม่ชอบน้ำของผ้าฝ้ายด้วยวิธีไอเคมีตกสะสม

2.3.1 การปรับปรุงสมบัติไม่ชอบน้ำของผ้าฝ้ายที่เคลือบด้วย Silica nano particles โดย Perfluorooctyltriethoxy-silane (POTs)

2.3.1.1 การเตรียม Silica Nanoparticles

ได้ทำการสังเคราะห์ Silica Nanoparticles ด้วยวิธี Stober โดยเติม absolute ethanol 200.00 ml ลงในขวดก้นกลมที่มีฝาปิดสนิท เติมแอมโมเนีย (30% NH_3 as NH_4OH assay) 26.8 ml คนให้สารทั้งสองผสมกันด้วย magnetic stirrer เป็นเวลา 5 นาที จากนั้นเติม Tetraethylorthosilicate (TEOS) 6.0 ml หลังจากประมาณ 15 นาที จะเริ่มเกิดอนุภาค ซิลิกา เป็นสีขาวขุ่น แล้วคนต่อเป็นเวลาประมาณ 24 ชั่วโมง นำสารละลายที่ได้มาเหวี่ยงเพื่อแยกอนุภาคซิลิกาออกจากสารละลาย และล้างตะกอนด้วย absolute ethanol 2 ครั้งและนำซิลิกาที่ได้มาอบให้แห้ง

2.3.1.2 การเตรียมผ้าที่เคลือบด้วย Silica Nanoparticles โดยใช้พอลิเมอร์ชนิดบวก

- เตรียมสารละลาย PolyDADMAC ความเข้มข้น 100, 300, 500, 1000, 2000 และ 5000 ppm ปริมาตร 15 มิลลิลิตร ลงในขวด vial ขนาด 20 มิลลิลิตร นำผ้าฝ้าย ขนาด 3 x 6 เซนติเมตร จำนวน 6 ผืน ที่ชั่งน้ำหนักที่แน่นอนใส่ลงในแต่ละขวด หลังจากเขย่าเป็นเวลา 30 นาที ล้างผ้าด้วยน้ำปราศจากไอออน จากนั้นเตรียมซิลิกาที่มีน้ำหนัก 0.15 g ลงในขวด vial ขนาด 20 มิลลิลิตร เติมน้ำปราศจากไอออน 15 มิลลิลิตร จำนวน 6 ขวด จากนั้นนำขวดไปใส่ในเครื่อง ultrasonicator เป็นเวลา 30 นาที หลังจากนั้นนำผ้าฝ้ายที่ผ่านการเคลือบด้วย PolyDADMAC ที่ความเข้มข้นต่างๆ มาใส่ในขวด vial ที่มีซิลิกา หลังจากเขย่าเป็นเวลา 30 นาที นำมาล้างด้วยน้ำปราศจากไอออน และนำไปอบที่ 70 °C

- เตรียมสารละลาย Polyethyleneimine ความเข้มข้น 100, 300, 500, 1000, 2000 และ 5000 ppm ปริมาตร 15 มิลลิลิตร ลงในขวด vial ขนาด 20 มิลลิลิตร นำผ้าฝ้าย ขนาด 3 x 6 เซนติเมตร จำนวน 6 ผืน ที่ชั่งน้ำหนักที่แน่นอนใส่ลงในแต่ละขวด หลังจากเขย่าเป็นเวลา 30 นาที ล้างผ้าด้วยน้ำปราศจากไอออน จากนั้นเตรียมซิลิกาที่มีน้ำหนัก 0.15 g ลงในขวด vial ขนาด 20 มิลลิลิตร เติมน้ำปราศจากไอออน 15 มิลลิลิตร จำนวน 6 ขวด จากนั้นนำขวดไปใส่ในเครื่อง ultrasonicator เป็นเวลา 30 นาที หลังจากนั้นนำผ้าฝ้ายที่ผ่านการเคลือบด้วย Polyethyleneimine ที่ความเข้มข้นต่างๆ มาใส่ในขวด vial ที่มีซิลิกา หลังจากเขย่าเป็นเวลา 30 นาที นำมาล้างด้วยน้ำปราศจากไอออน และนำไปอบที่ 70 °C

2.3.1.3 การดัดแปรผ้าฝ้ายที่เคลือบด้วย Silica nano particles โดย (POTS)

นำผ้าที่เตรียมได้จากข้อ 3.2.1 และ 3.2.2 มาดัดแปรพื้นผิวด้วย POTS โดยนำผ้าและขวดขนาดเล็กเปิดฝาที่บรรจุ POTS ปริมาณเล็กน้อย มาใส่ในขวดที่มีฝาปิดที่สนิท ขนาด 50 มิลลิลิตร จากนั้นนำขวดนี้ไปอบที่ 125 °C เป็นเวลา 2.5 ชั่วโมง เพื่อให้ไอระเหยของ POTS มาเกิดปฏิกิริยากับหมู่ silane หลังจากนั้นเปิดขวดและอบที่ 150 °C เพื่อไล่ไอของสารที่ไม่เกิดปฏิกิริยา

2.3.2 การปรับปรุงสมบัติไม่ชอบน้ำของผ้าฝ้ายที่เคลือบด้วยซิลิกอนเททราคลอไรด์ ($SiCl_4$)โดย Perfluorooctyltriethoxy-silane (POTs)

2.3.2.1 การเตรียมผ้าฝ้ายที่ถูกเคลือบด้วยไอสารซิลิกอนเททราคลอไรด์

- หาเวลาที่เหมาะสมในการเตรียมผ้าฝ้ายที่ถูกเคลือบด้วยไอสาร$SiCl_4$นำผ้าฝ้ายขนาด 6x4 cm^2 ใส่ลงในภาชนะปิด แล้วเปิดแก๊สไนโตรเจนผ่านภายในภาชนะที่บรรจุผ้าฝ้ายนั้นเป็นเวลา 20 นาที จากนั้นใส่สาร $SiCl_4$เพื่อให้ไอของสาร $SiCl_4$สัมผัสกับพื้นผิวของผ้าฝ้าย ตามเวลาที่กำหนดคือ 5, 10,15, 20 และ 30 นาที ที่อุณหภูมิห้อง เมื่อได้ตามเวลาที่กำหนดแล้ว เปิดแก๊สไนโตรเจนผ่านอีกครั้งเป็นเวลา 5 นาที ก่อนนำมาสัมผัสกับอากาศ หรือทำรอบต่อไป นำผ้าฝ้ายที่ถูกดัดแปรด้วย $SiCl_4$ที่เวลาต่างๆ ไปวิเคราะห์หาปริมาณซิลิกอนที่อยู่บนพื้นผิวด้วยเทคนิค SEM-EDS แล้วหาเวลาที่ดีที่สุดที่มีปริมาณซิลิกอนอยู่บนพื้นผิวผ้าฝ้ายที่ถูกดัดแปร

- หาจำนวนรอบในการเคลือบที่เหมาะสมในการเตรียมผ้าฝ้ายที่ถูกเคลือบด้วย $SiCl_4$ เลือกเวลาที่ดีที่สุดที่มีปริมาณซิลิกอนอยู่บนพื้นผิวผ้าฝ้ายที่ถูกดัดแปร โดยทำการทดลองตาม 2.2.1.1 กำหนดเวลาที่ดีที่สุดในการให้สารซิลิกอนเททราคลอไรด์สัมผัสกับพื้นผิวของผ้าฝ้าย ที่จำนวนรอบต่างๆ คือ 1, 2, 4, 6, 8 และ 10 รอบ ก่อนนำมาสัมผัสกับอากาศ นำผ้าฝ้ายที่ถูกดัดแปรด้วยซิลิกอนเททราคลอไรด์ที่จำนวนรอบต่างๆ ไปวิเคราะห์หาปริมาณซิลิกอนที่อยู่บนพื้นผิวด้วยเทคนิค SEM-EDS แล้วหาจำนวนรอบที่ดีที่สุดที่มีปริมาณซิลิกอนอยู่บนพื้นผิวผ้าฝ้ายที่ถูกดัดแปร

เมื่อได้เวลา และจำนวนรอบที่ดีที่สุดที่มีปริมาณซิลิกอนอยู่บนผ้าฝ้ายมากที่สุดแล้ว นำไปศึกษาพื้นผิวด้วย SEM-EDS ศึกษาโครงสร้าง หาฟังก์ชันนอลกรุ๊ปของผ้าฝ้ายและผ้าฝ้ายที่ถูกเคลือบด้วยซิลิกอนเททราคลอไรด์ ด้วย FT-IR แล้วนำสภาวะที่ได้ไปปรับปรุงสมบัติความไม่ชอบผ้าฝ้ายต่อไป

2.3.2.2 การดัดแปรพื้นผิวผ้าฝ้ายที่ถูกเคลือบด้วยไอสารซิลิกอนเททราคลอไรด์ด้วย POTS ที่เวลาต่างๆ

นำผ้าฝ้าย หรือผ้าฝ้ายที่ถูกเคลือบด้วยไอสารซิลิกอนเททราคลอไรด์ใส่ลงในภาชนะปิดที่ภายในบรรจุภาชนะเล็กๆที่มีสาร POTS บรรจุอยู่ด้วย จากนั้นนำภาชนะปิดนั้นไปใส่ตู้อบ อบที่อุณหภูมิ 125 องศาเซลเซียส ที่เวลา 10, 30, 60, 120 และ 180 นาที เพื่อให้กลุ่มของไซเลนของไอ POTS เกิดปฏิกิริยากับกลุ่มไฮดรอกซิลบนพื้นผิวของผ้าฝ้ายที่ถูกเคลือบด้วยไอสารซิลิกอนเททราคลอไรด์

หลังจากนั้นเปิดภาชนะปิด แล้วนำไปอบต่อ ที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียล เป็นเวลา 180 นาที นำตัวอย่างที่ได้ไปวิเคราะห์พื้นผิว และทดสอบความไม่ชอบน้ำต่อไป แล้วหาสภาวะที่ดีที่สุดที่ทำให้ตัวอย่างเกิดความไม่ชอบน้ำ

2.3.3 การปรับปรุงสมบัติไม่ชอบน้ำของผ้าฝ้ายที่ถูกเคลือบด้วยไอสารซิลิกอนเททราคลอไรด์ด้วย DMDCS ที่เวลาต่างๆ

1) นำผ้าฝ้าย หรือผ้าฝ้ายที่ถูกเคลือบด้วยไอสารซิลิกอนเททราคลอไรด์ใส่ลงในภาชนะปิดที่ภายในบรรจุภาชนะเล็กๆที่มีสาร DMDCS บรรจุอยู่ด้วย

2) นำภาชนะปิดนั้นไปใส่ตู้อบ อบที่อุณหภูมิ 60-70 องศาเซลเซียล ที่เวลา 10, 20, 30, 60 และ 120 นาที เพื่อให้กลุ่มของไซเลนของไอ DMDCS เกิดปฏิกิริยากับกลุ่มไฮดรอกซิลบนพื้นผิวของผ้าฝ้ายที่ถูกเคลือบด้วยไอสารซิลิกอนเททราคลอไรด์

3) นำตัวอย่างที่ได้ไปวิเคราะห์พื้นผิว และทดสอบความไม่ชอบน้ำต่อไป แล้วหาสภาวะที่ดีที่สุดที่ทำให้ตัวอย่างเกิดความไม่ชอบน้ำ

2.4 การปรับปรุงสมบัติไม่ชอบน้ำของผ้าฝ้ายด้วยวิธีการจุ่มสารเคมี

2.4.1 การดัดแปรพื้นผิวผ้าฝ้าย และผ้าฝ้ายที่ถูกเคลือบด้วยไอสารซิลิกอนเททราคลอไรด์ด้วย SA

2.4.1.1 เตรียมสารละลาย stearic acid (SA) ในเอทานอล ให้มีความเข้มข้น 0.005, 0.01, 0.05 and 0.1 mg/L

2.4.1.2 การดัดแปรพื้นผิวผ้าฝ้าย และผ้าฝ้ายที่ถูกเคลือบด้วยไอสารซิลิกอนเททราคลอไรด์ด้วย SA ที่ความเข้มข้นต่างๆ โดยนำผ้าฝ้าย หรือผ้าฝ้ายที่ถูกเคลือบด้วยไอสารซิลิกอนเททราคลอไรด์จุ่มลงในภาชนะปิดที่บรรจุสารละลาย SA ที่ความเข้มข้น 0.005, 0.01, 0.05, 0.1 และ 0.2 mg/L นำตัวอย่างที่ได้ไปวิเคราะห์พื้นผิว และทดสอบความไม่ชอบน้ำต่อไป

2.5 การตรวจสอบความไม่ชอบน้ำ (contact angle) ของผ้าฝ้าย และผ้าฝ้ายที่ถูกดัดแปร

ได้ทำการวัดค่า contact angle โดยนำผ้าฝ้ายที่ถูกดัดแปรด้วยสารลดแรงตึงผิว, POTS, DMDCS และ SA มาทดสอบมุมสัมผัสโดยใช้เทคนิค Sassile drop หยดน้ำปริมาตร 1 ไมโครลิตร ลงบนพื้นผิวผ้าตัวอย่าง

2.6 การตรวจสอบโครงสร้างผลึกของผ้าฝ้าย และผ้าฝ้ายที่ถูกดัดแปรด้วย *X-ray diffractometer*

โครงสร้างผลึกของผ้าฝ้ายทั้งก่อนและหลังการดัดแปร ถูกทำการศึกษาพื้นผิว โดยนำตัวอย่างผ้าฝ้ายที่ถูกดัดแปร และไม่ถูกดัดแปรไปติดตั้งบนที่วางของเครื่องมือทดสอบ XRD การวิเคราะห์เริ่มต้นที่มุม

2θ เท่ากับ 20 - 80° โดยโหมดการสแกนแบบต่อเนื่อง อัตราสแกนเท่ากับ 12.000 deg./min ความกว้างของตัวอย่าง เท่ากับ 0.015 deg. โดยรังสีเอ็กซ์ที่ใช้สำหรับการวิเคราะห์ คือ Cu / 30 kV / 15 mA

2.7 การทดสอบสมบัติเชิงกล (Mechanical properties) ของผ้าฝ้าย และผ้าฝ้ายที่ถูกดัดแปร ด้วยเครื่องทดสอบสมบัติเชิงกล (Universal Mechanical Testing Machine)

นำผ้าฝ้าย และเส้นใยฝ้าย มาดัดแปรพื้นผิวตามสภาวะที่ดีที่สุดของ POTS, DMDCS และ SA แล้วนำไปทดสอบสมบัติเชิงกล ทดสอบความต้านทานแรงดึง (tensile properties) ตามมาตรฐาน ISO 37-1994(E) ด้วยเครื่อง Lloyd โดยใช้ Preload 0.0100 N ความเร็วในการดึงชิ้นทดสอบ 8.00 เซนติเมตรต่อนาที และ Gauge length 4.00 เซนติเมตร เพื่อทดสอบหาค่า Stress at maximum load (มีหน่วยเป็น MPa)