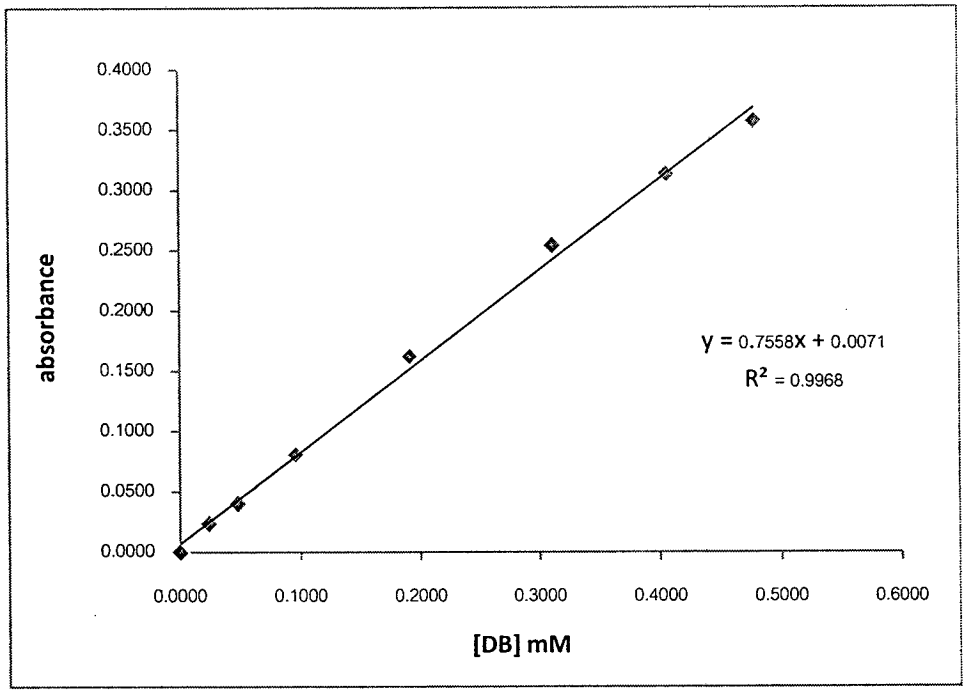
บทที่ 3

ผลการทดลอง

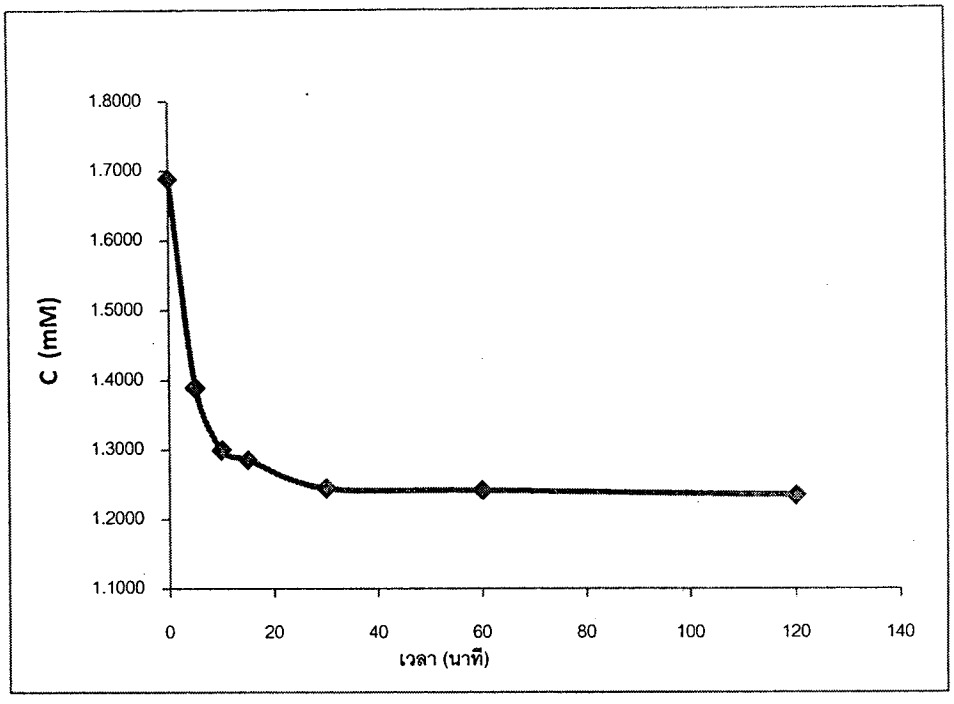
3.1 การดัดแปรผ้าฝ้ายด้วยสารลดแรงตึงผิว

3.1.1 การดัดแปรผ้าฝ้ายด้วยสารลดแรงตึงผิวชนิดบวก

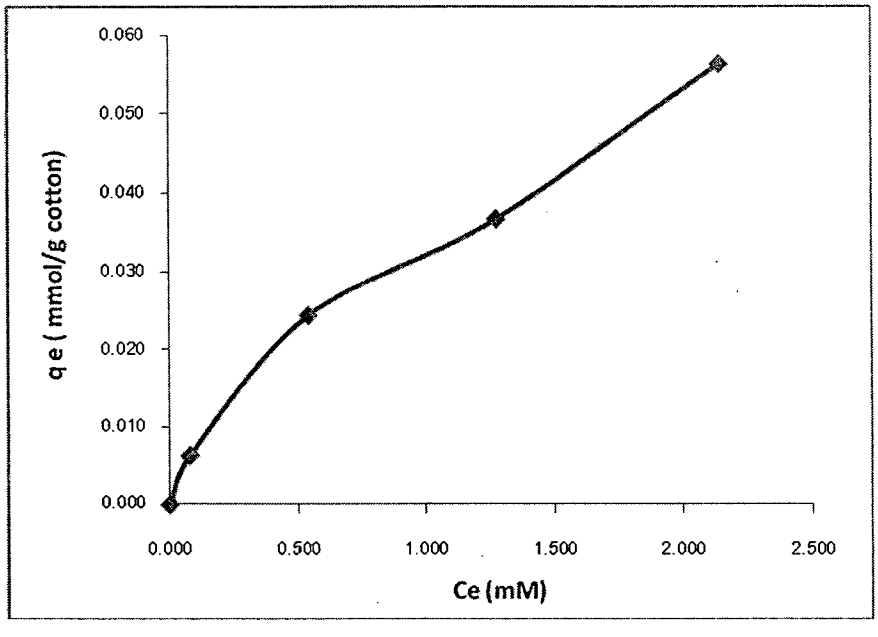
ได้ทำการหาเวลาที่เหมาะสมในการดูดซับของสารละลาย DB บนผ้าฝ้าย โดยทำการศึกษาการดูดซับที่เวลาต่างๆ พบว่าเวลาที่สมดุลที่ใช้ในการดูดซับสารละลาย DB บนผ้าฝ้ายใช้เวลาประมาณ 1 ชั่วโมง (C คือความเข้มข้นของ DB ที่เหลือที่เวลาใดๆ) ดังแสดงในรูปที่ 2 และได้ทำการหาไอโซเทอมของการดูดซับของสารละลาย DB บนผ้าฝ้าย พบว่าเมื่อเพิ่มความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลาย DB ให้มากขึ้น ปริมาณของ DB ที่ถูกดูดซับมีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้นตามไปด้วยแสดงดังรูป ที่ 3 (q_e คือปริมาณของ DB ที่ถูกดูดซับ) ส่วนรูปที่ 4 แสดงการไอโซเทอมของการดูดซับแบบแลงก์เมียร์และ ฟรอยด์ลิชตาม ผลที่ได้พบว่า ไอโซเทอมของการดูดซับเป็นแบบฟรอยด์ลิชโดยให้ความเส้นตรงมากกว่า



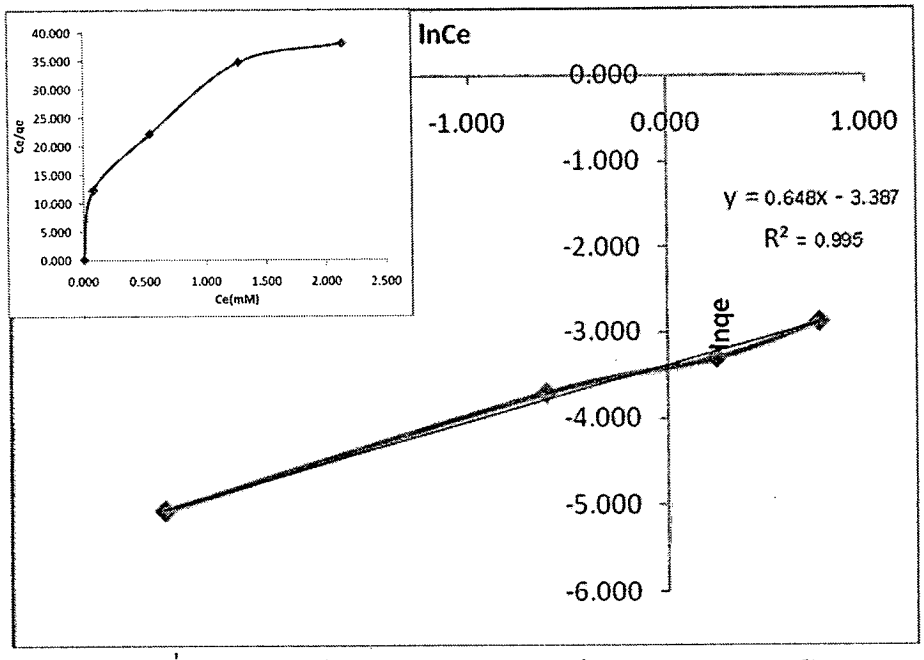
รูปที่ 1 Calibration currve สารละลายมาตรฐาน Domiphen bromide



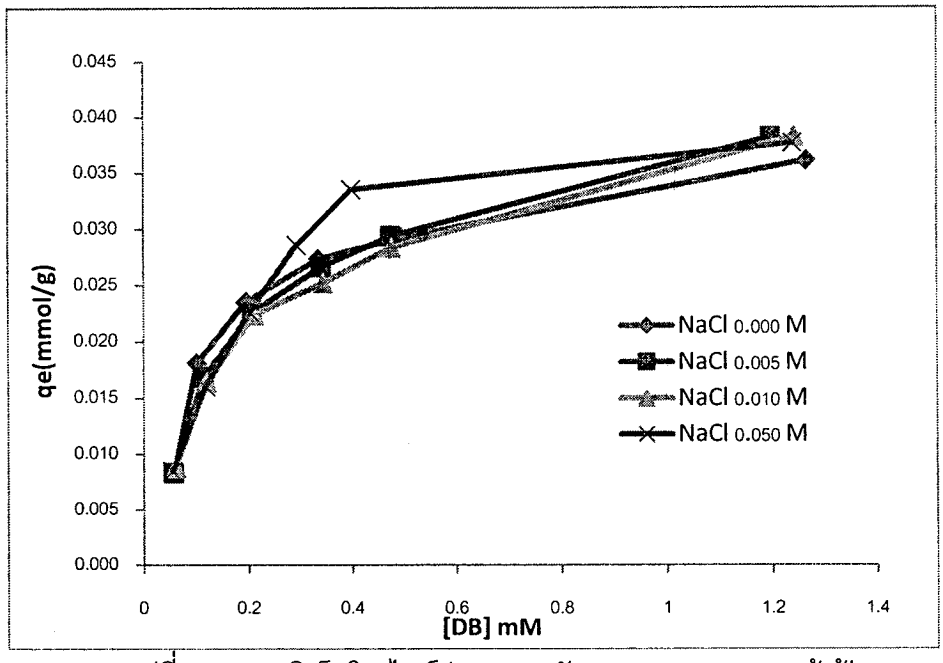
รูปที่ 2 การดูดซับสารละลาย Domiphen bromide บนผ้าฝ้ายที่เวลาต่างๆ



รูปที่ 3 ไอโซเทอมของการดูดซับของสารละลาย DB บนผ้าฝ้าย

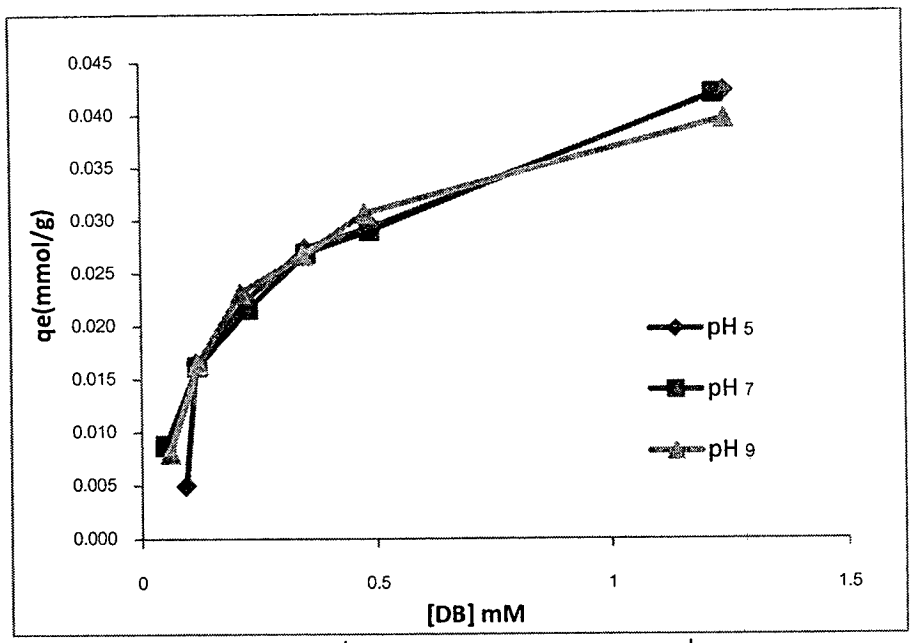


รูปที่ 4 การพล็อตไอโซเทอมแบบแลงก์เมียร์และแบบฟรอยด์ลิช



รูปที่ 5 ผลของอิเล็กโทรไลท์ต่อการดูดซับสารละลาย DB บนผ้าฝ้าย

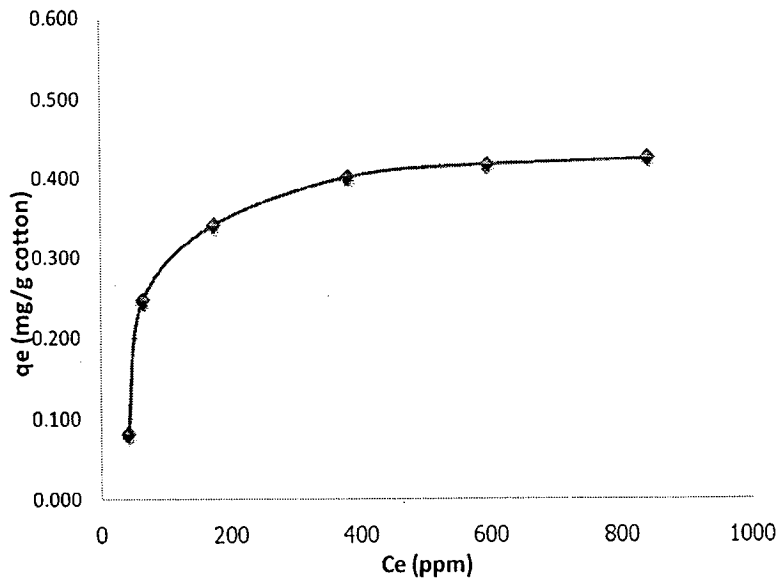
ได้ทำการศึกษาผลของความเข้มข้นของอิเล็กโทรไลท์ที่มีต่อความสามารถในการดูดซับ DB บนผ้าฝ้าย ซึ่งทดลองโดยศึกษาการดูดซับสารละลาย DB บนผ้าฝ้ายที่ใช้โซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้นต่างๆกัน ผลการทดลองพบว่าความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ในช่วง 0-0.050 M ให้ผลที่ใกล้เคียงกันดังแสดงในรูปที่ 5 ซึ่งเป็นผลที่ได้ในลักษณะเดียวกับการดูดซับ DB บนผ้าฝ้ายที่ pH ต่างๆ คือ ไม่มีความแตกต่างๆอย่างมีนัยสำคัญ ดังแสดงในรูปที่ 6



รูปที่ 6 การดูดซับ DB บนผ้าฝ้ายที่ pH ต่างๆ

ซึ่งผลการทดลองที่ได้ข้างต้นนี้จะใช้เป็นข้อมูลเบื้องต้นที่สามารถนำไปใช้ช่วยวิเคราะห์ผลการทดลองในขั้นต่อไป

<u>3.1.2 การดัดแปรผ้าฝ้ายด้วยสารลดแรงตึงผิวชนิดลบ</u>



รูปที่ 7 ไอโซเทอมของการดูดซับพอลิเอทิลีนอิมีนบนผ้าฝ้าย

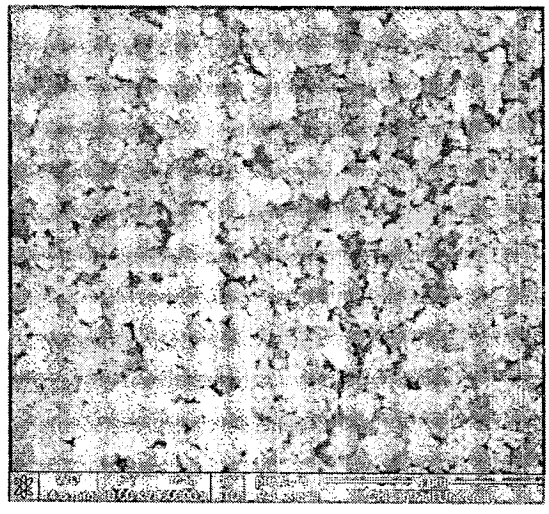
ได้ทำการดัดแปรผ้าฝ้ายด้วยพอลิเอทิลีนอิมีนซึ่งเป็นพอลิเมอร์ชนิดบวกเพื่อเปลี่ยนสภาพผิวของผ้าฝ้ายให้มีความเป็นบวกให้พร้อมที่จะดูดซับสารลดแรงตึงผิวชนิดลบ SDBS ผลการทดลองพบว่าปริมาณของ PEI `ที่ถูกดูดซับจะเพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นเริ่มต้นของ PEI จนกระทั่งเริ่มคงที่ที่ความเข้มข้นประมาณ 600 ppm ส่วนการทดลองเพื่อศึกษาการดูดซับสารลดแรงตึงผิวชนิดลบบนผ้าฝ้ายที่ถูกดัดแปร

ด้วยพอลิเมอร์ชนิดบวก ไม่สามารถทำการทดลองต่อได้ เนื่องจากสารลดแรงตึงผิวชนิดลบที่นำมาศึกษา คือ โซเดียมโดเดคิลเบนซีนซัลโฟเนต สามารถตกตะกอนกับพอลิเอทิลีนอิมีนได้

3.2 การปรับปรุงสมบัติไม่ชอบน้ำของผ้าฝ้ายด้วยวิธีไอเคมีตกสะสม

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

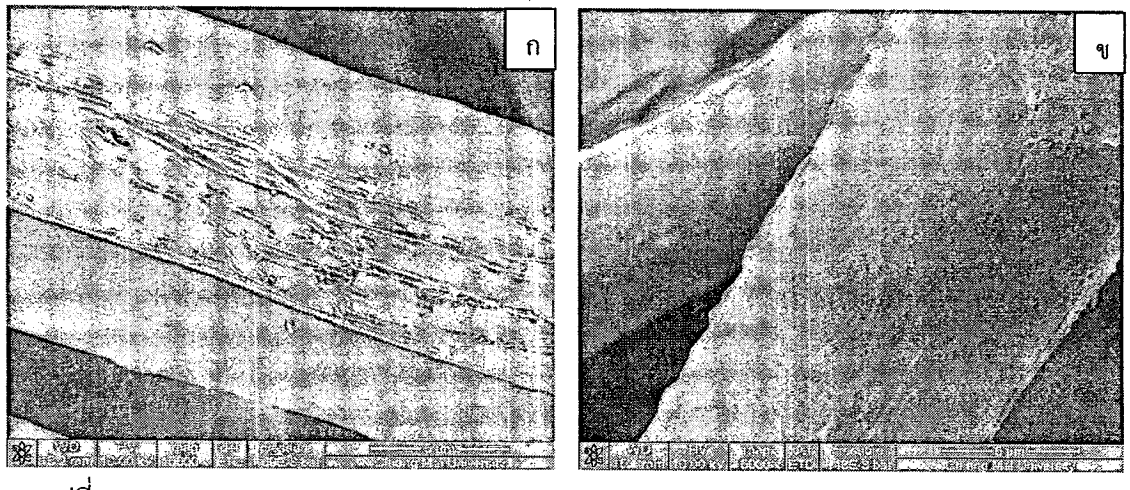
3.2.1.1 การเตรียม Silica Nanoparticles



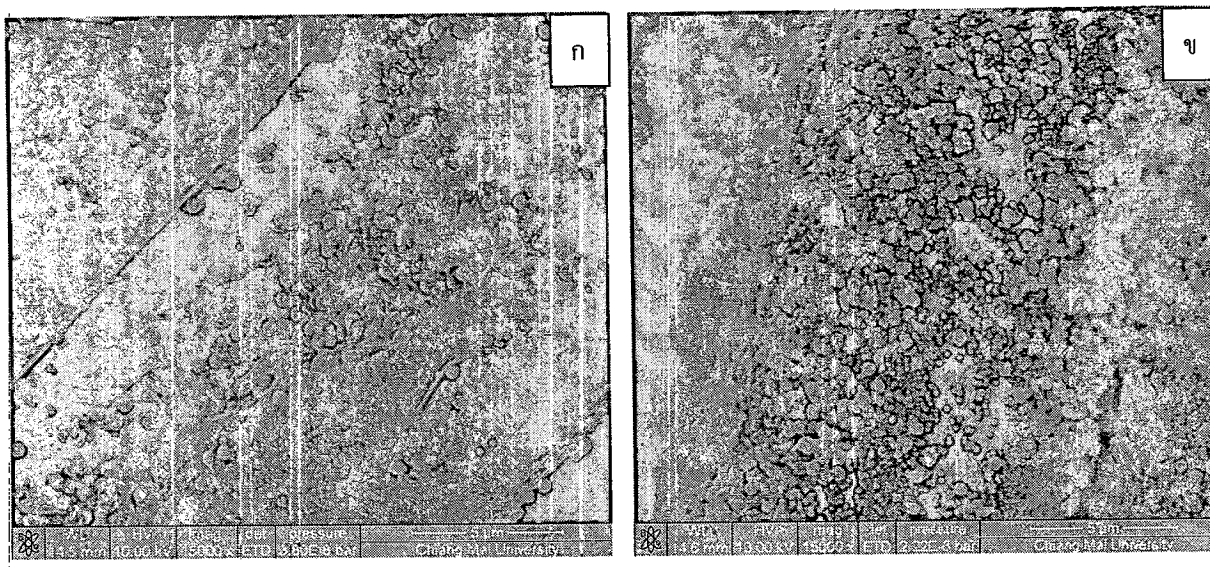
รูปที่ 8 ภาพ SEM ของอนุภาคซิลิกาที่มี ขนาด ~100 nm และขนาด ~400 nm

ได้ทำการสังเคราะห์ Silica Nanoparticles ด้วยวิธี Stober และเมื่อนำอนุภาคซิลิกาที่เตรียมมาหาขนาดอนุภาคพบว่า มีอนุภาคซิลิกาอยู่ 2ขนาด คือ ขนาด~100 nm และขนาด~400nm แสดงในรูปที่ 8

3.2.1.2 การดัดแปรผ้าที่เคลือบด้วย Silica Nanoparticles ด้วย POTS โดยใช้สารพอลิเมอร์ชนิดบวกเป็นตัวช่วยยึดอนุภาคซิลิกาให้ติดกับผ้าฝ้าย

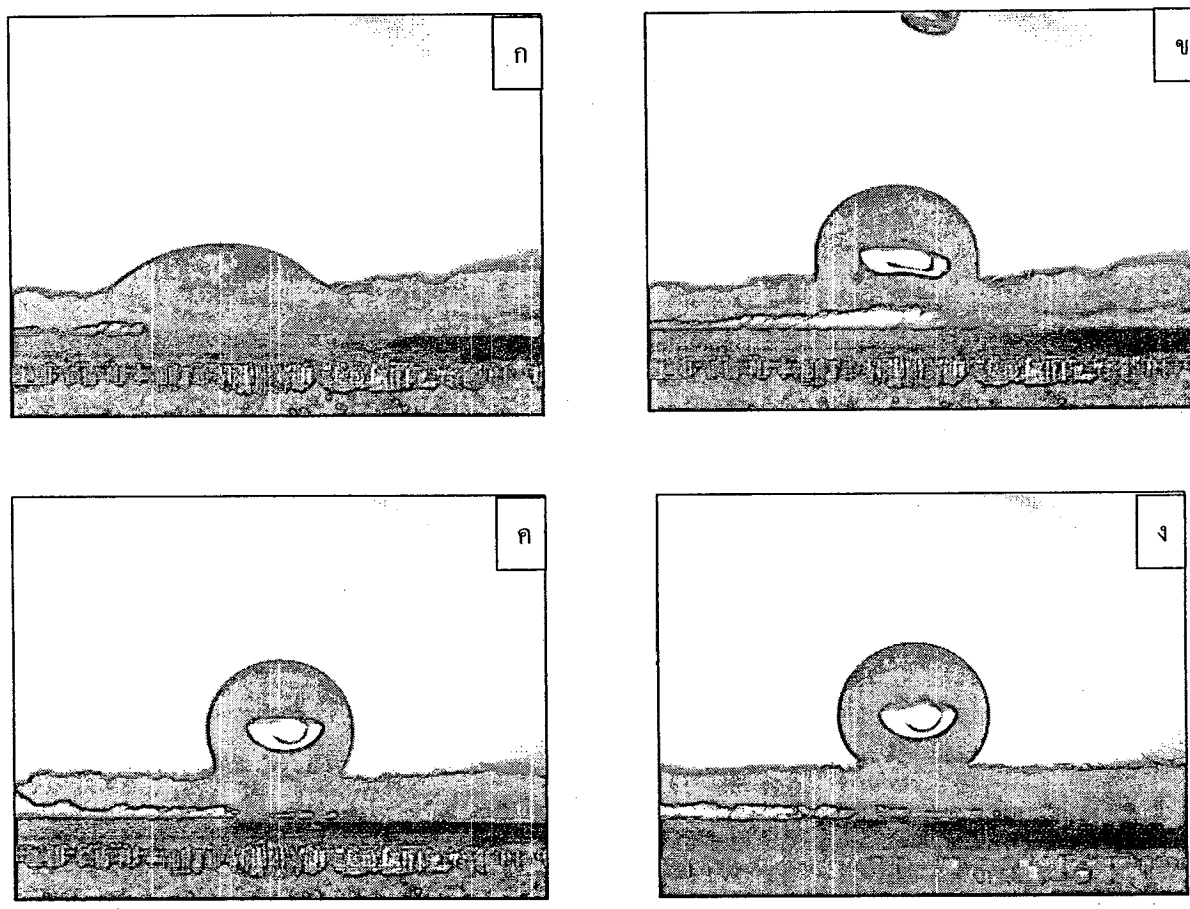


รูปที่ 9 ก. ภาพ SEM ของ Untreated cotton ข. ภาพ SEM ของ Cotton - POTS



รูปที่ 10 ก. ภาพ SEM ของ Cotton-silica(PolyDADMAC)-POTS

ข. ภาพ SEM ของ Cotton-silica(PEI)-POTS



รูปที่ 11 ก. ภาพของหยดน้ำบน Untreated cotton

ข. ภาพของหยดน้ำบน Cotton-POTS

ค. ภาพของหยดน้ำบน Cotton-silica(PolyDADMAC)-POTS

ง. ภาพของหยดน้ำบน Cotton-silica(PEI)-POTS

เมื่อพิจารณาจากภาพถ่าย SEM ในรูปที่ 10 ก. และ ข. พบว่าผ้าที่ถูกดัดแปรด้วย PolyDADMAC ในรูป ก. จะมีอนุภาคของซิลิกาที่หนาแน่นน้อยกว่า ในรูป ข. ที่เป็นผ้าที่ถูกดัดแปรด้วย PEI ซึ่งภาพนี้สามารถบ่งบอกได้ว่า PEI สามารถช่วยอนุภาคซิลิกาติดบนผ้าได้ดีกว่าพอลิเมอร์อีกชนิดหนึ่ง ดังนั้นเมื่อนำผ้าทั้งสองแบบไปดัดแปรให้เป็นไฮโดรโฟบิกต่อด้วย POTS จึงเป็นผลให้ลักษณะของหยดน้ำเป็นไปดังรูปที่ 11 ซึ่งเป็นภาพของหยดน้ำบนผ้าทั้ง 4 แบบ คือ (ก) ผ้าที่ไม่ผ่านการดัดแปรในภาพ (ข) ผ้าที่ผ่านการดัดแปรด้วย POTS อย่างเดียว (ค) ผ้าที่ดัดแปรด้วย silica(PolyDADMAC)-POTS (ง)ผ้าที่ดัดแปรด้วย silica(PEI)-POTS

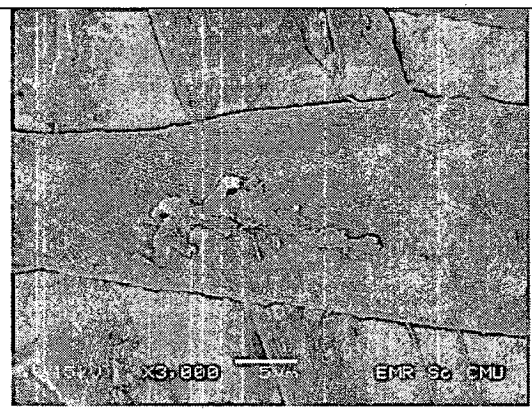
3.2.2 การปรับปรุงสมบัติไม่ชอบน้ำของผ้าฝ้ายที่เคลือบด้วยซิลิกอนเททราคลอไรด์ ($SiCl_4$)โดย Perfluorooctyltriethoxy-silane (POTs)

3.2.2.1 การเคลือบผิวผ้าฝ้ายด้วย $SiCl_4$

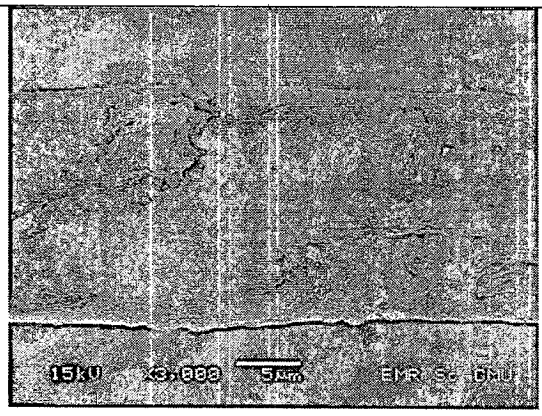
- การศึกษาผลของเวลาที่มีต่อการเคลือบไอ $SiCl_4$ บนผ้าฝ้าย

การศึกษาผลของเวลาที่มีต่อการเคลือบไอสารซิลิกอนเททราคลอไรด์บนผ้าฝ้าย โดยใช้เทคนิค SEM ในการวิเคราะห์พื้นผิว ได้ผลดังรูปที่12 และ 13

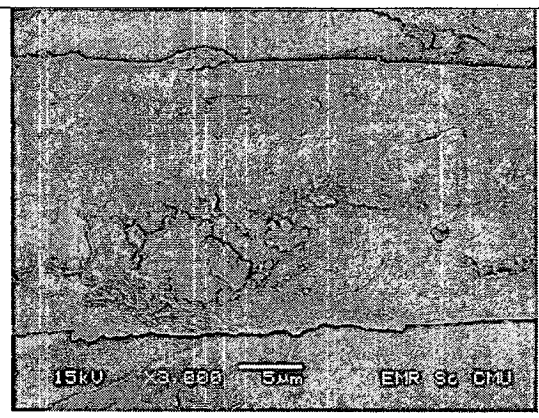
Cotton



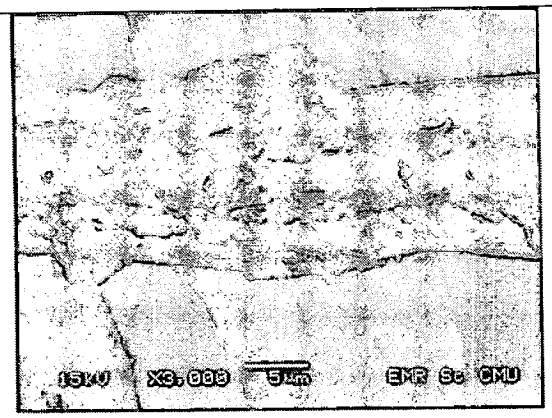
Cotton+ $SiCl_4$: 5 mins



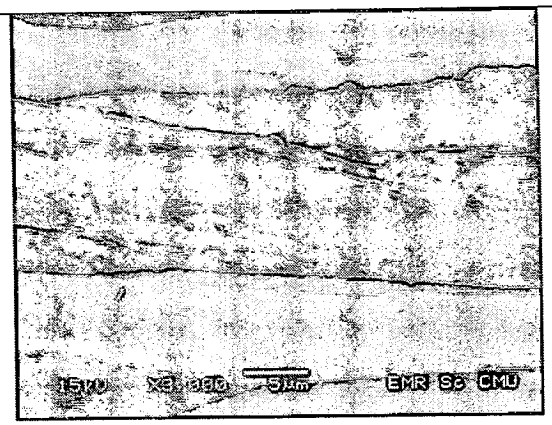
Cotton+ $SiCl_4$: 10 mins



Cotton+ $SiCl_4$: 15 mins



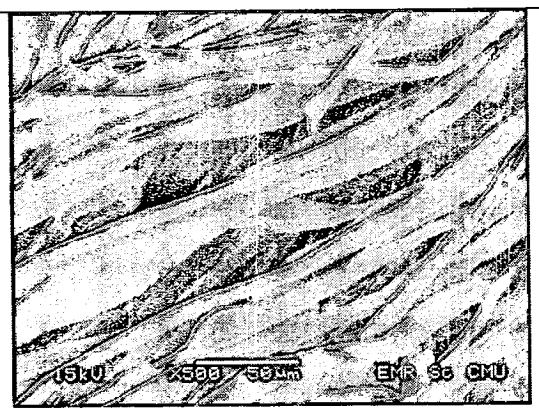
Cotton+ $SiCl_4$: 20 mins



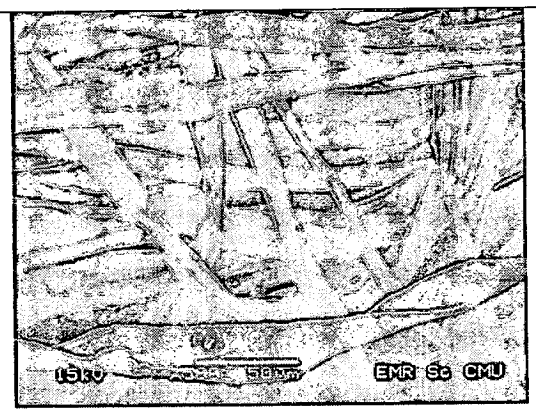
Cotton+ $SiCl_4$: 30 mins

รูปที่12 SEM images ของผ้าฝ้ายที่ถูกเคลือบด้วยไอสารซิลิกอนเททราคลอไรด์ ที่เวลาต่างๆ

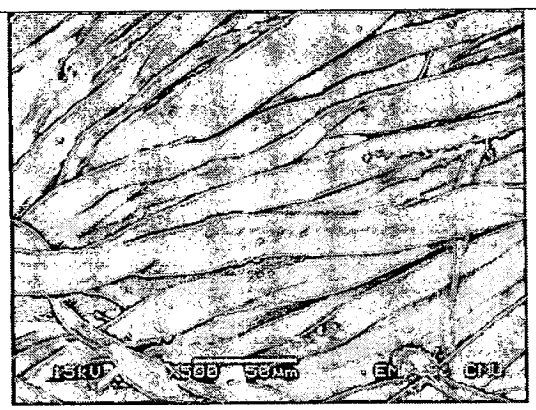
(กำลังขยาย x3000)



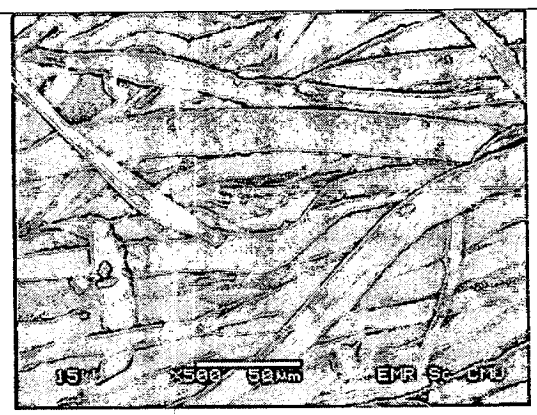
Cotton



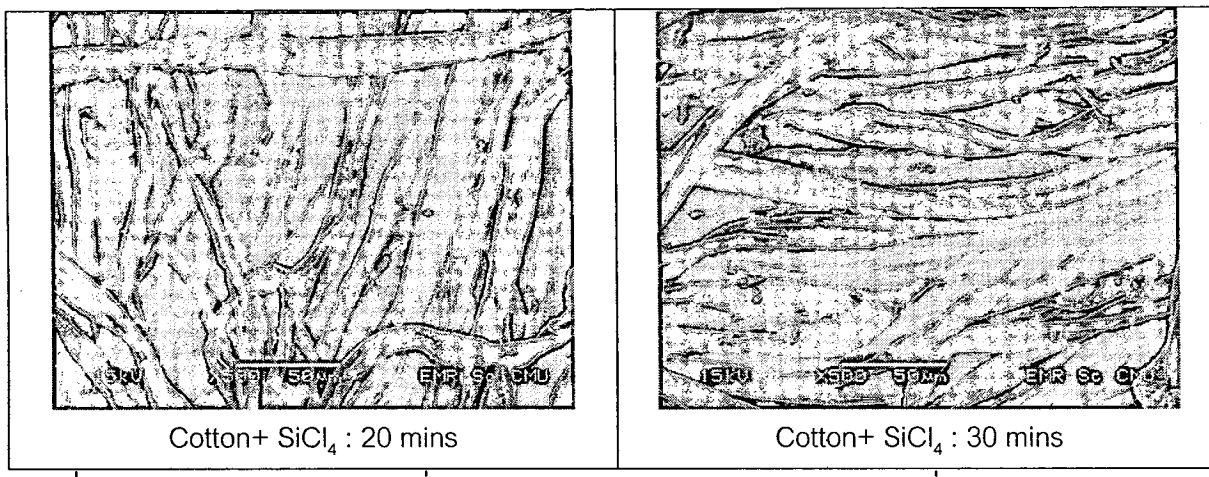
Cotton+ $SiCl_4$: 5 mins



Cotton+ $SiCl_4$: 10 mins



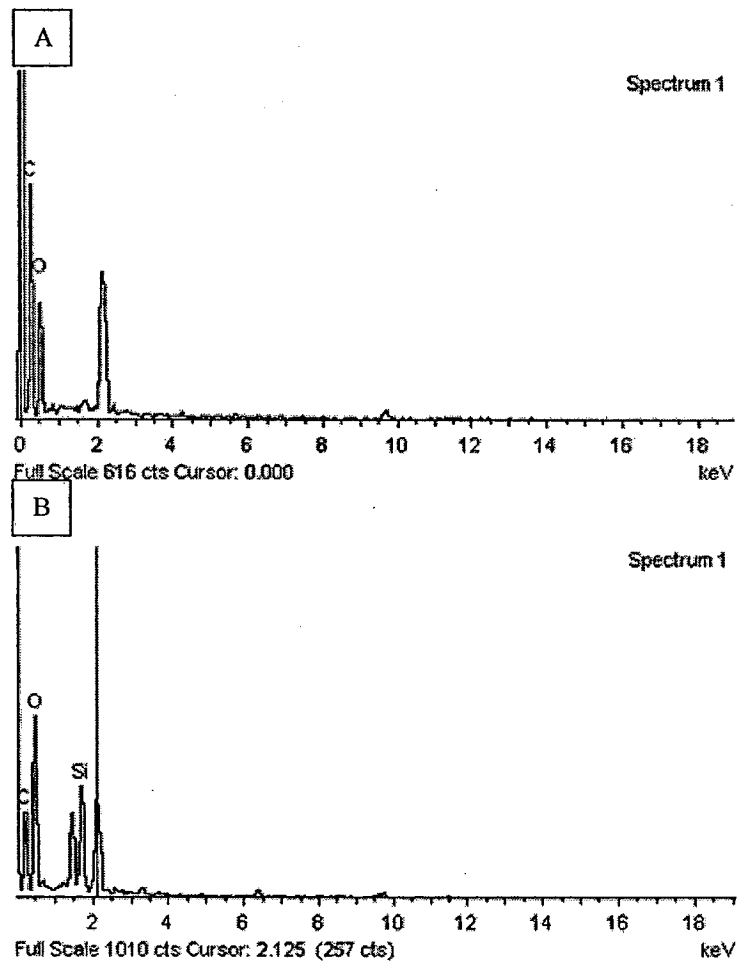
Cotton+ $SiCl_4$: 15 mins



Cotton+ $SiCl_4$: 20 mins | Cotton+ $SiCl_4$: 30 mins

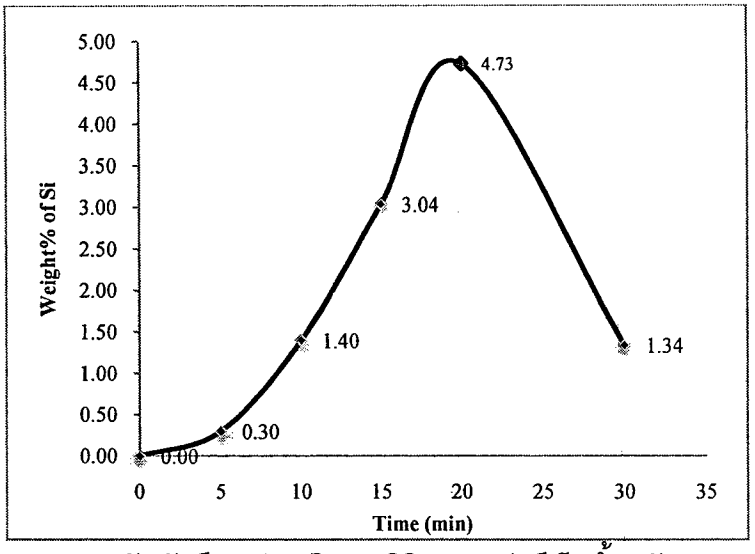
รูปที่13 SEM images ของผ้าฝ้ายที่ถูกเคลือบด้วยไอสารซิลิกอนเททราคลอไรด์ ที่เวลาต่างๆ (กำลังขยาย x500)

จากรูปที่12 และ 13 จะเห็นได้ว่ามีการเปลี่ยนแปลงบนพื้นผิวของผ้าฝ้าย เมื่อทำการเคลือบด้วยไอสารซิลิกอนเททราคลอไรด์ ซึ่งบริเวณพื้นผิวผ้าฝ้ายจะมีลักษณะเป็นผลึกเป็นกลุ่มก้อนเกาะกันอยู่ เมื่อเทียบกับผ้าฝ้ายที่ไม่มีการเคลือบ



รูปที่ 14 EDS สเปกตรัม ของ (A) untreated cotton cloth and (B) $SiCl_4$-cotton cloth

Electron dispersive X-ray spectrometer (EDS) สามารถวิเคราะห์สารประกอบทางเคมีบนพื้นผิวได้ จะเห็นได้ว่า จากรูปที่ 14 (A) ผ้าฝ้ายที่ไม่ได้ถูกเคลือบจะแสดงปริมาณธาตุ C และ O บน EDS สเปกตรัม และเมื่อมีการเคลือบด้วยไอของสารซิลิกอนเททราคลอไรด์ลงบนผ้าฝ้ายแล้ว พบปริมาณธาตุ C, O และ Si บน EDS สเปกตรัมดังรูปที่14 (B) ซึ่งจะเห็นได้ว่ามีปริมาณของซิลิกอนเพิ่มขึ้น เนื่องมาจากซิลิกอนเททราคลอไรด์เมื่อนำมาเคลือบอยู่บนพื้นผิวของผ้าฝ้าย ซิลิกอนเททราคลอไรด์จะกลายเป็นซิลิกอนออกไซด์อยู่บนพื้นผิวผ้าฝ้าย คือ SiO_2 จึงทำให้เห็นสเปกตรัมของ Si เกิดขึ้น แสดงให้เห็นว่ามีการเกิดการเคลือบของสารซิลิกอนเททราคลอไรด์บนผิวผ้าฝ้ายจริง

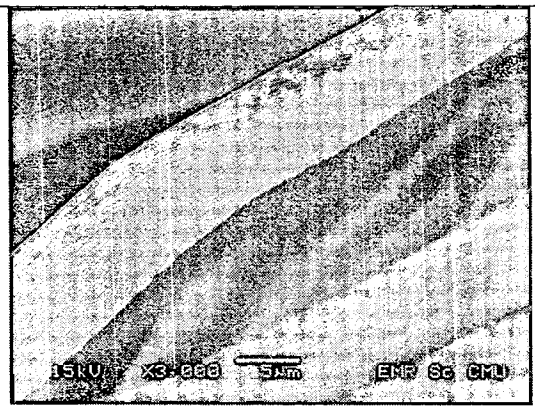


รูปที่ 15 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณซิลิกอน (เปอร์เซ็นน้ำหนัก) และ เวลา(นาที)

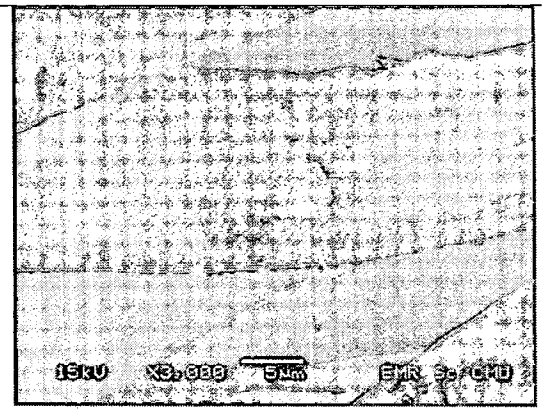
จากรูปที่ 15 เห็นได้ว่า เมื่อเวลาในการปฏิกิริยาระหว่างผ้าฝ้ายและซิลิกอนเททราคลอไรด์เพิ่มขึ้น ปริมาณซิลิกอนก็จะเพิ่มขึ้นเช่นกัน และจะมีปริมาณมากที่สุด ที่เวลา 20 นาที และจะลดลงเมื่อเวลาเพิ่มมากขึ้น เนื่องมาจากเมื่อเวลาการเกิดปฏิกิริยาของซิลิกอนเททราคลอไรด์บนผ้าฝ้ายมากเกินไป บริเวณพื้นผิวของผ้าฝ้ายเกิดการรวมตัวของซิลิกอนออกไซด์ เมื่อมีความหนาของซิลิกอนมากเกินไป จึงทำให้อาจเกิดการหลุดออกของซิลิกอนที่เคลือบบนพื้นผิวผ้าฝ้ายได้

- การศึกษาผลของจำนวนรอบที่มีต่อการเคลือบไอซิลิกอนเททราคลอไรด์บนผ้าฝ้าย

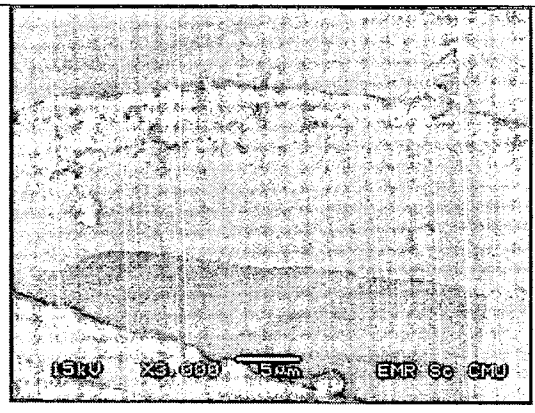
การศึกษาผลของจำนวนที่มีต่อการเคลือบไอสารซิลิกอนเททราคลอไรด์บนผ้าฝ้าย โดยใช้เทคนิค SEM ในการวิเคราะห์พื้นผิว ได้ผลดังรูปที่ 16-17



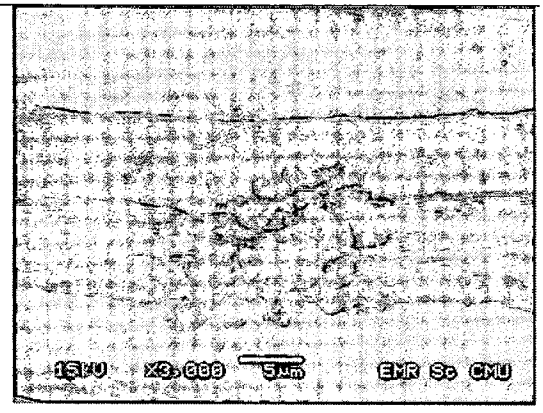
Cotton



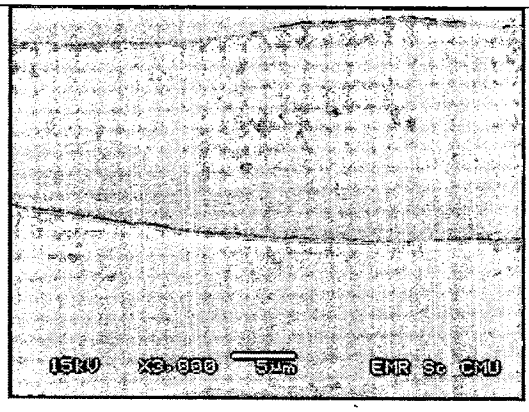
Cotton + $SiCl_4$: 2 time



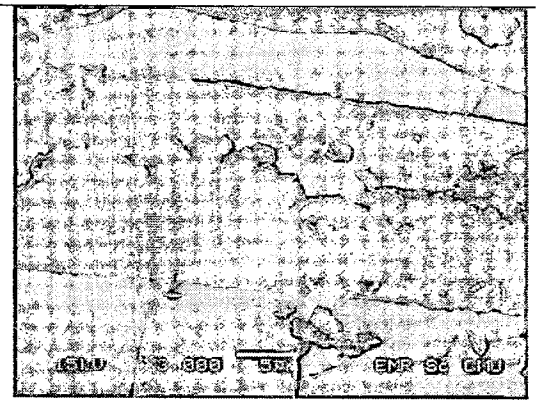
Cotton + $SiCl_4$: 4 time



Cotton + $SiCl_4$: 6 time



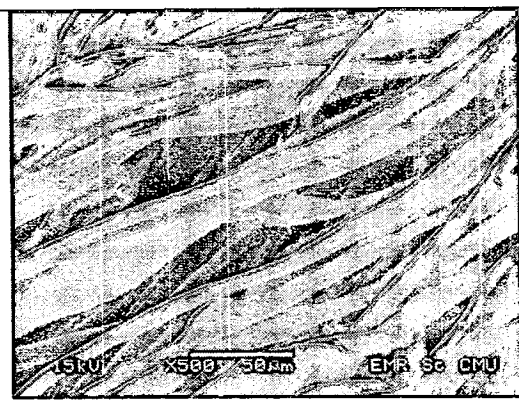
Cotton + $SiCl_4$: 8 time



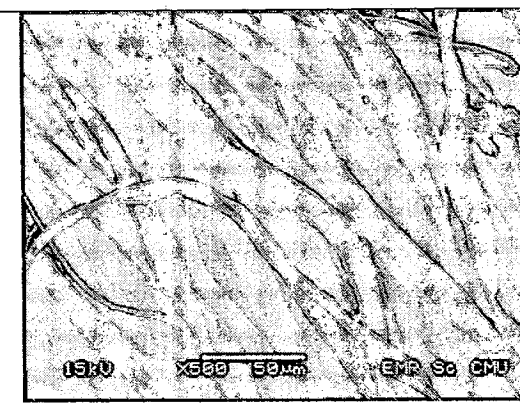
Cotton + $SiCl_4$: 10 time

รูปที่16 SEM images ของผ้าฝ้ายที่ถูกเคลือบด้วยไอสารซิลิกอนเททราคลอไรด์ ที่จำนวนรอบต่างๆ

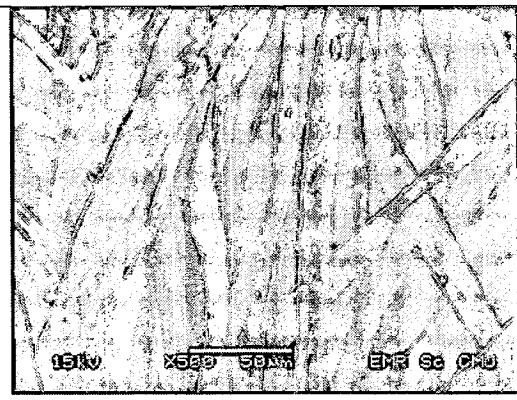
(กำลังขยาย x3000)



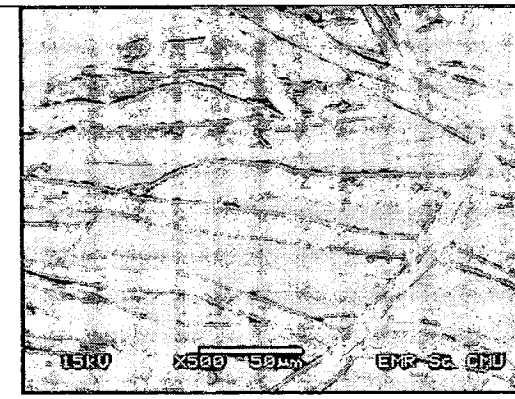
Cotton



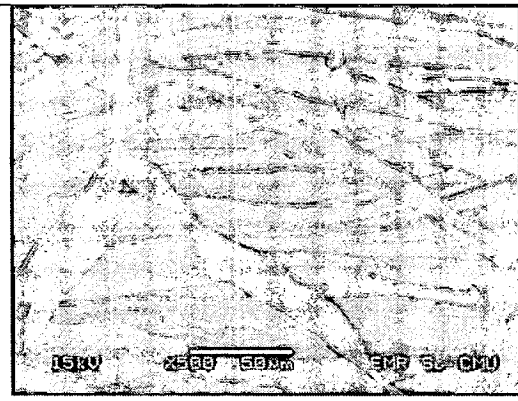
Cotton + $SiCl_4$: 2 time



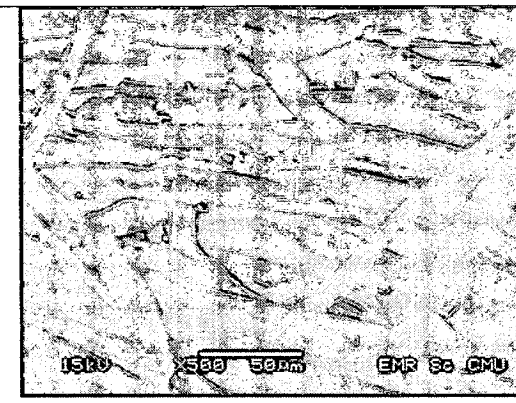
Cotton + $SiCl_4$: 4 time



Cotton + $SiCl_4$: 6 time

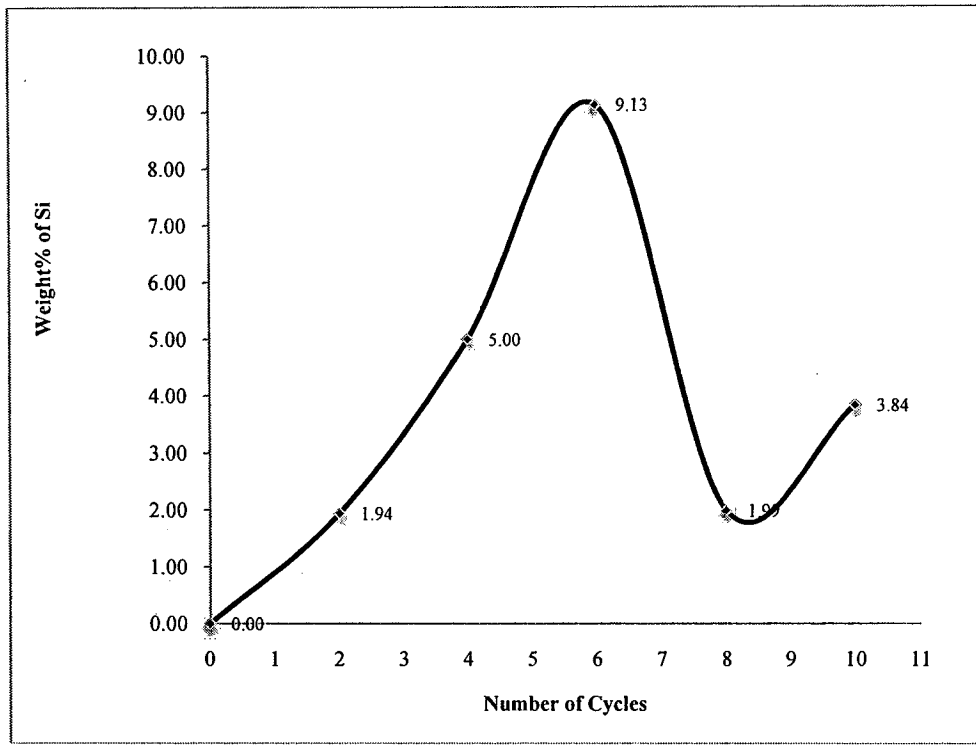


Cotton + $SiCl_4$: 8 time



Cotton + $SiCl_4$: 10 time

รูปที่ 17 SEM images ของผ้าฝ้ายที่ถูกเคลือบด้วยไอสารซิลิกอนเททราคลอไรด์ ที่จำนวนรอบต่างๆ (กำลังขยาย x500)

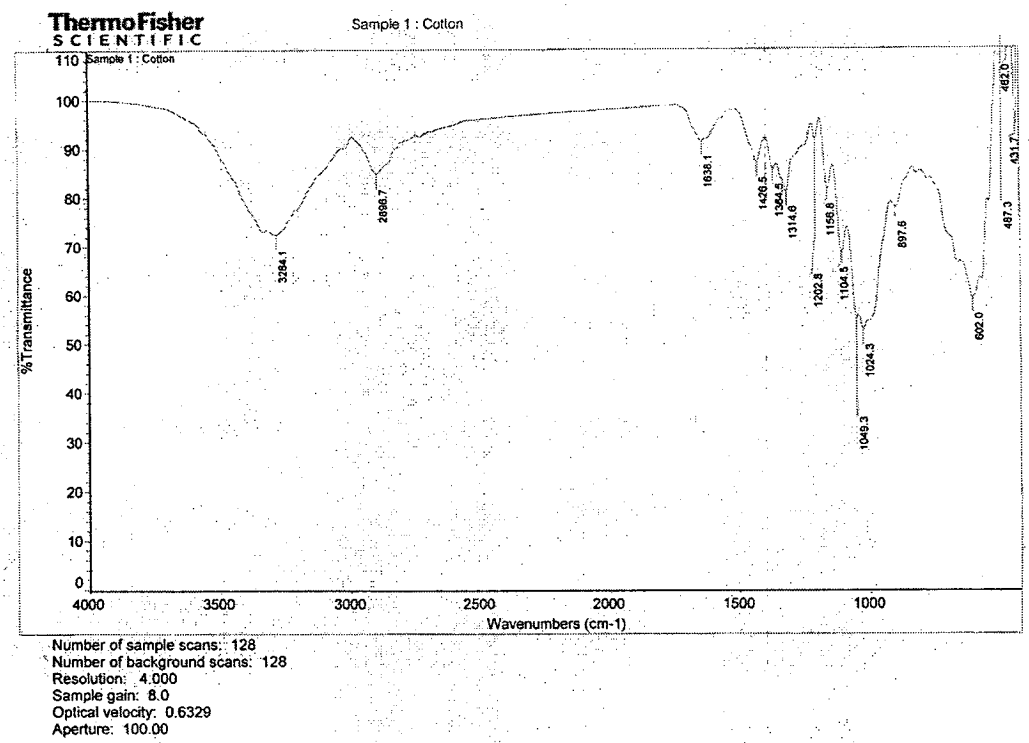


รูปที่ 18 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณซิลิกอน (%wt) และ จำนวนรอบของการเกิดปฏิกิริยา (Number of Cycles)

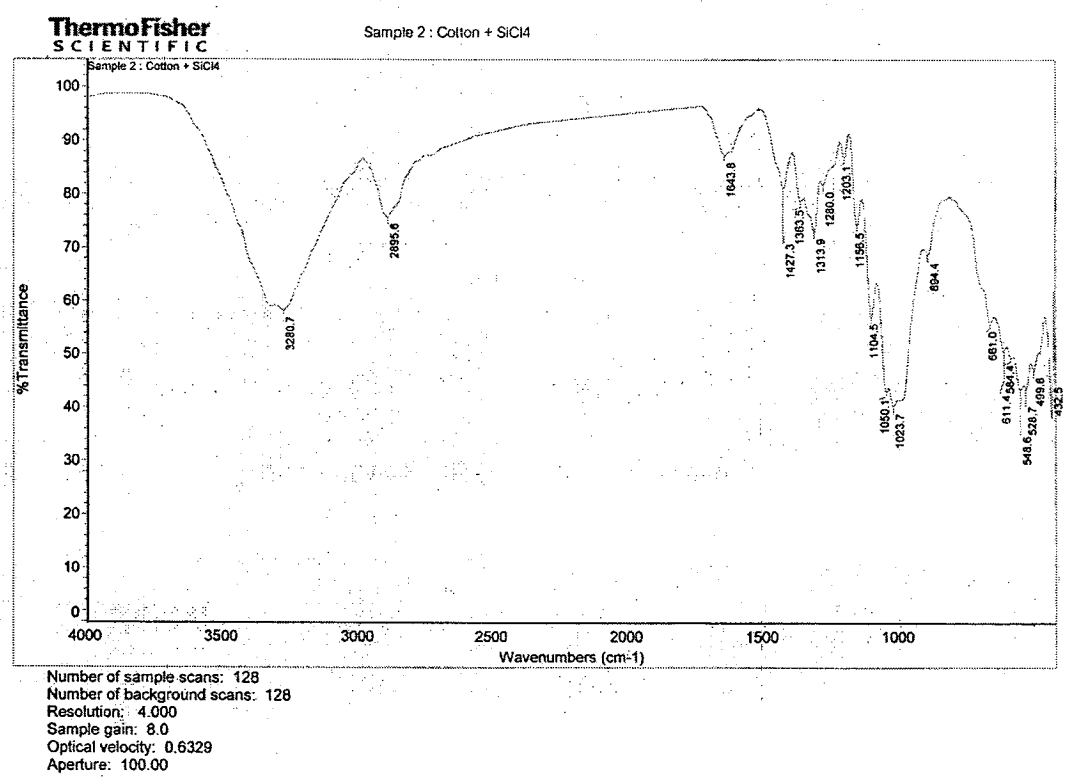
รูปที่18 เป็นกราฟที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณซิลิกอน และรอบของการเกิดปฏิกิริยา เห็นได้ว่า เมื่อจำนวนรอบในการเกิดปฏิกิริยาเพิ่มขึ้น ปริมาณซิลิกอนก็จะเพิ่มขึ้น และในรอบที่ 6 จะมีปริมาณมากที่สุด จากนั้นจะลดลงเมื่อเกิดปฏิกิริยาในรอบต่อไป เนื่องมาจากเมื่อจำนวนรอบของการเกิดปฏิกิริยาของซิลิกอนเททราคลอไรด์บนผ้าฝ้ายมากเกินไป บริเวณพื้นผิวของผ้าฝ้ายเกิดการรวมตัวของซิลิกอนออกไซด์ เมื่อมีความหนาของซิลิกอนมากเกินไป จึงทำให้อาจเกิดการหลุดออกของซิลิกอนที่เคลือบบนพื้นผิวผ้าฝ้ายได้

- ผลการวิเคราะห์จาก FT-IR ของผ้าฝ้าย และผ้าฝ้ายที่ถูกเคลือบด้วย $SiCl_4$

จากผลสเปคตรัม FT-IR แสดงให้เห็นว่า มีพีคที่กว้างที่ 3280 -3285 cm^{-1} และ 1638 -1643 cm^{-1} เป็นช่วงเลขคลื่นของแถบการสั่นหมู่ฟังก์ชัน –OH และ ช่วงพีค 1313 -1427 cm^{-1} และ 1023 -1280 cm^{-1} เป็นช่วงเลขคลื่นของแถบการสั่นหมู่ฟังก์ชัน CH_2, CH_3 และ C-OH ตามลำดับ ซึ่งเป็นลักษณะโครงสร้างของผ้าฝ้าย



รูปที่ 19 แสดง FT-IR (ATR) สเปกตรัมของผ้าฝ้าย

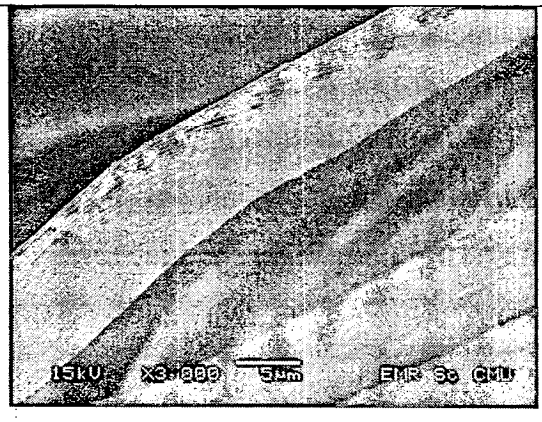


รูปที่ 20 แสดง FT-IR (ATR) สเปกตรัมของผ้าฝ้ายที่ถูกเคลือบด้วยไอสารซิลิกอนเททราคลอไรด์

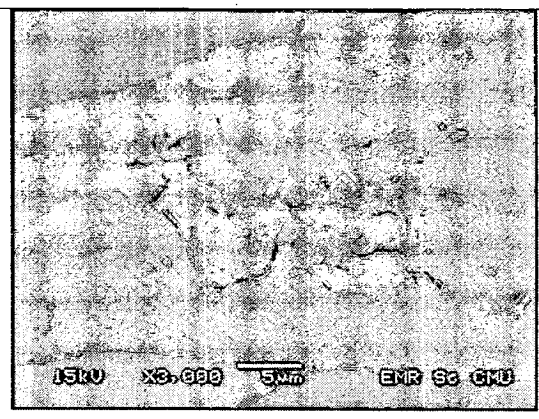
พีคที่แตกต่างเกิดขึ้นที่ช่วงคลื่น 661 cm^{-1} และ 528 cm^{-1} เป็นช่วงเลขคลื่นของแถบการสั่นหมู่ฟังก์ชัน C-halogen (C–Cl) ซึ่งยังแสดงให้เห็นว่ามีการเปลี่ยนแปลงของหมู่ฟังชันเกิดขึ้น เพราะคลอรีนเป็นส่วนประกอบของสารซิลิกอนเททราคอนไรด์ที่นำมาเคลือบบนผ้าฝ้าย ส่วนพีคของช่วงเลขคลื่นของแถบการสั่นหมู่ฟังก์ชัน Si –OH ควรมีการปรากฏที่ช่วงคลื่น 800 -1100 cm^{-1} นั้น ไม่แสดงผล เนื่องมาจากมีการหมู่ของซิลิกอนอยู่บนผิวผ้าฝ้ายในปริมาณที่น้อยเกินไป จึงไม่สามารถเห็นพีคได้

3.2.2.2 การดัดแปรพื้นผิวผ้าฝ้ายที่ถูกเคลือบด้วยไอ $SiCl_4$ ด้วย POTS

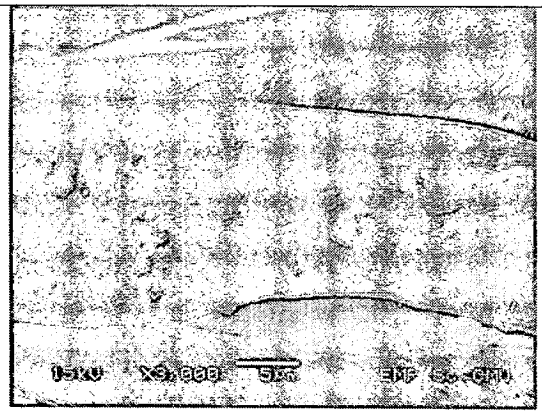
การศึกษาผลของเวลาที่มีต่อผ้าฝ้ายที่ถูกดัดแปรด้วย POTS และผ้าฝ้ายที่ถูกดัดแปรด้วยซิลิกอนเททราคลอไรด์และ POTS โดยใช้เทคนิค SEM ในการวิเคราะห์พื้นผิว ได้ผลดังรูปที่ 21-24



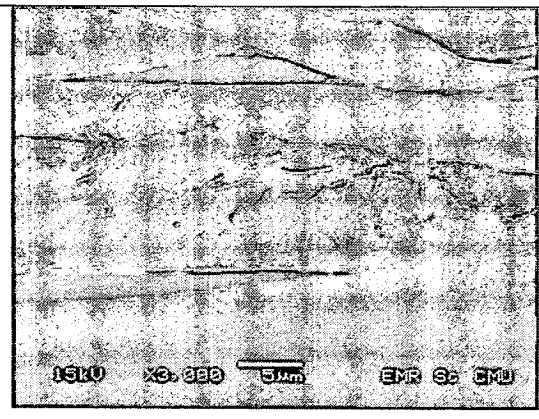
Cotton



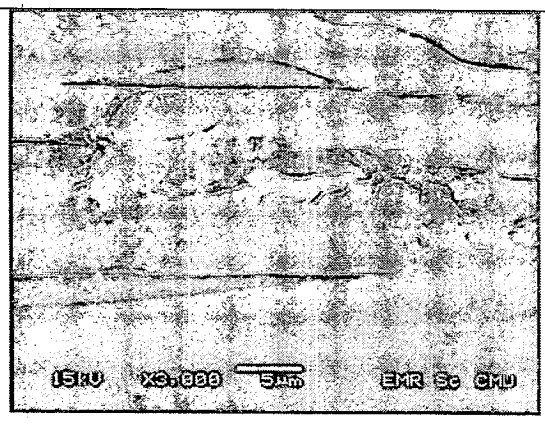
Cotton + POTS 10 mins



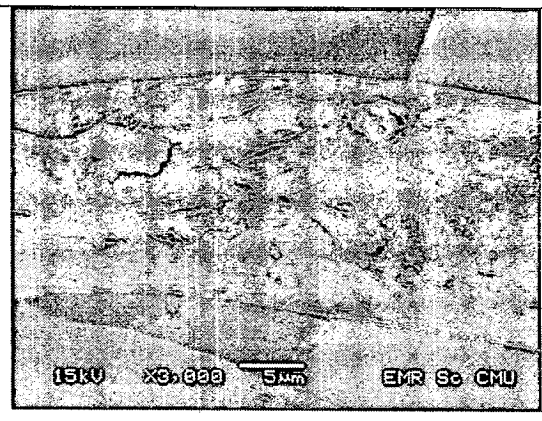
Cotton + POTS 30 mins



Cotton + POTS 60 mins

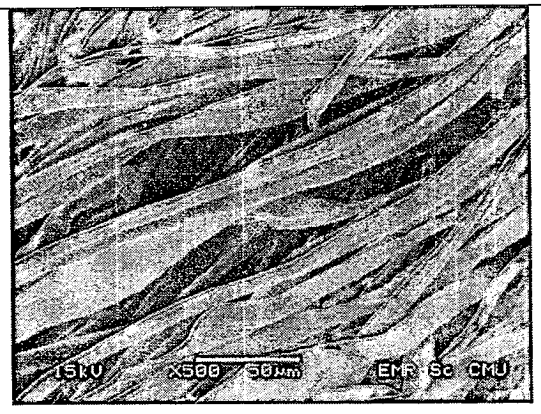


Cotton + POTS 120 mins

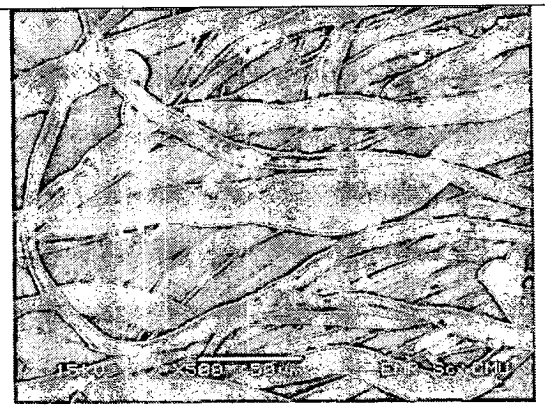


Cotton + POTS 180 mins

รูปที่ 21 SEM images ของผ้าฝ้ายที่ถูกดัดแปรด้วย POTS ที่เวลาต่างๆ (กำลังขยาย x3000)

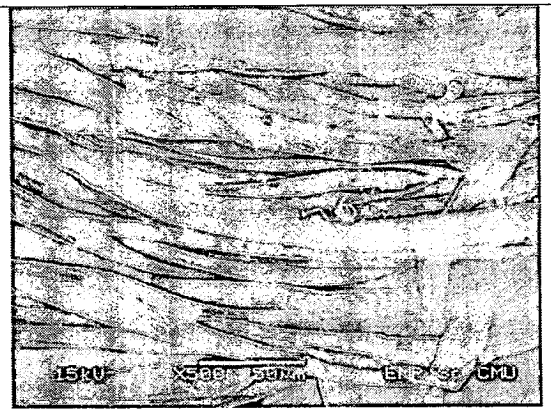


Cotton

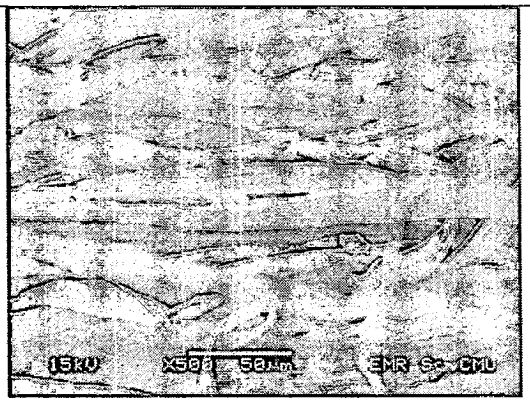


Cotton + POTS 10 mins

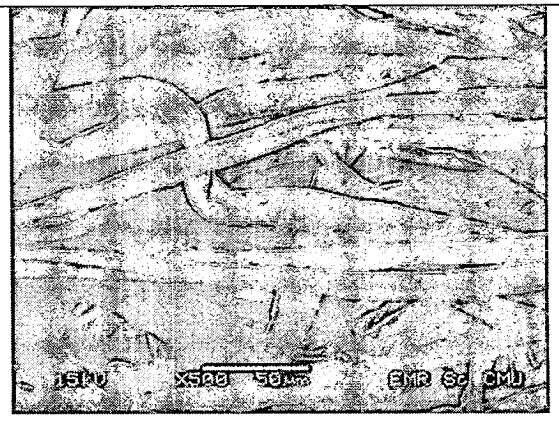
Cotton + POTS 30 mins



Cotton + POTS 60 mins

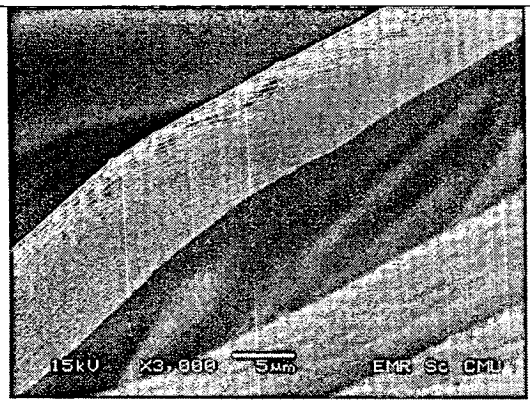


Cotton + POTS 120 mins

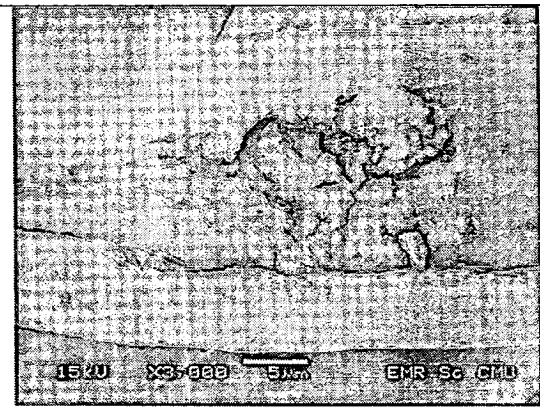


Cotton + POTS 180 mins

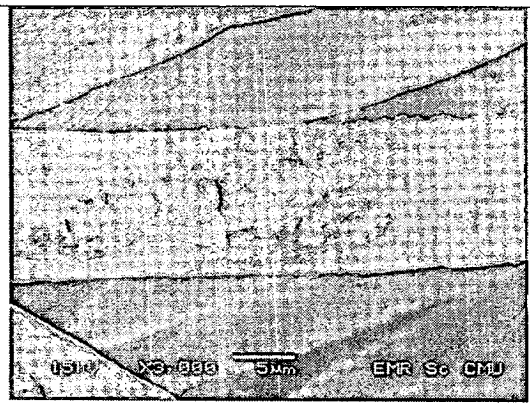
รูปที่22 SEM images ของผ้าฝ้ายที่ถูกดัดแปรด้วย POTS ที่เวลาต่างๆ (กำลังขยาย x500)



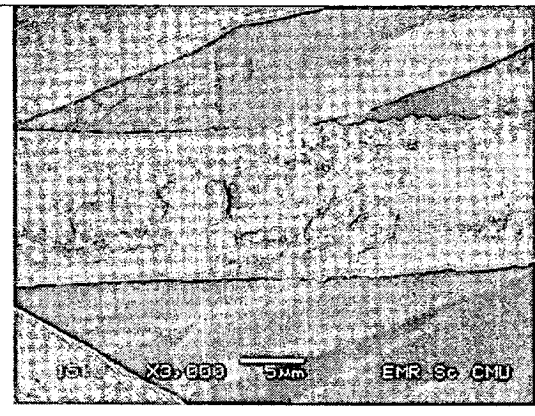
Cotton



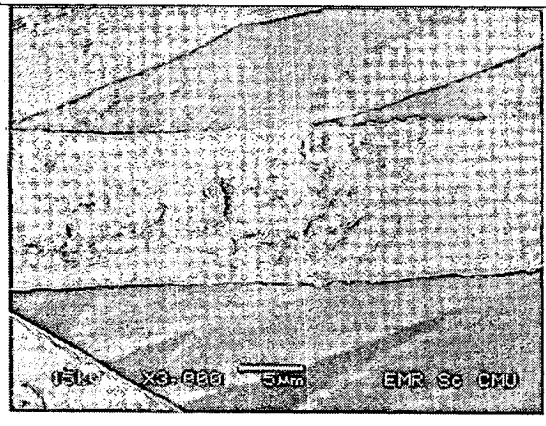
Cotton + $SiCl_4$ + POTS 10 mins



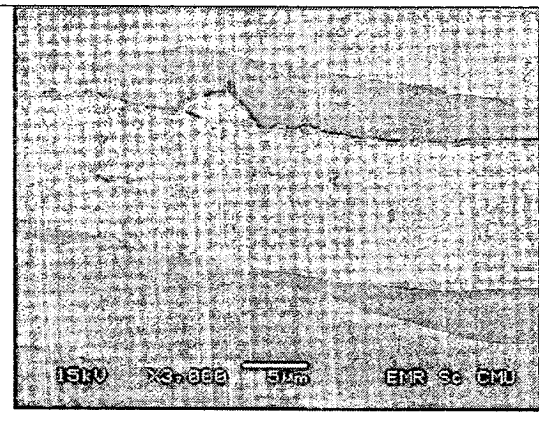
Cotton + $SiCl_4$ + POTS 30 mins



Cotton + $SiCl_4$ + POTS 60 mins



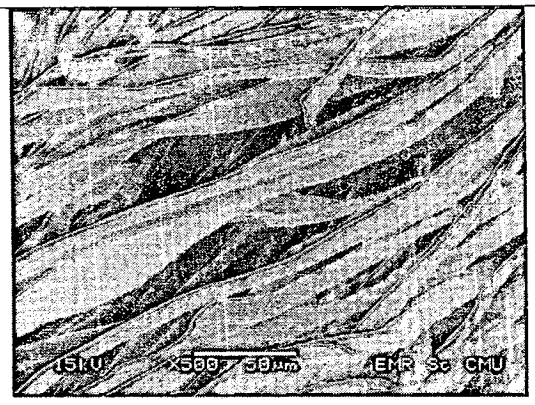
Cotton + $SiCl_4$ + POTS 120 mins



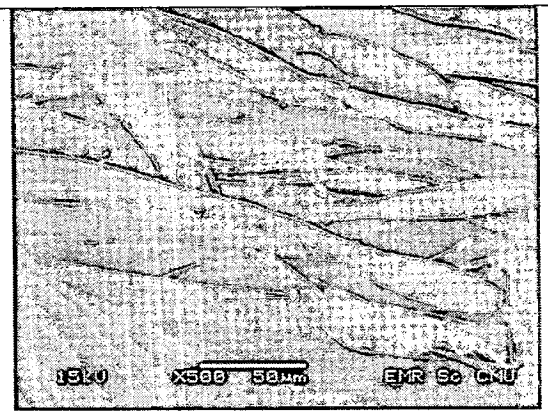
Cotton + $SiCl_4$ + POTS 180 mins

รูปที่ 23 SEM images ของผ้าฝ้ายที่ถูกดัดแปรด้วยซิลิกอนเททราคลอไรด์ และ POTS ที่เวลาต่างๆ

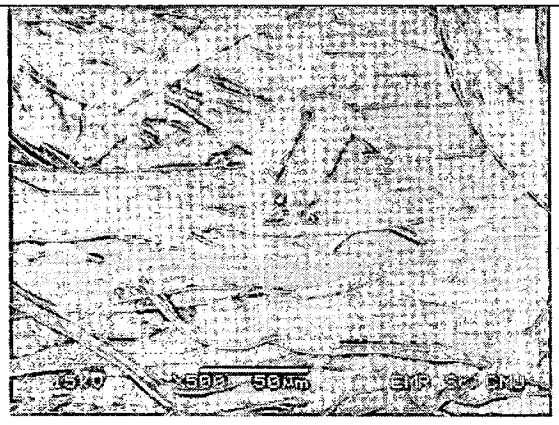
(กำลังขยาย x3000)



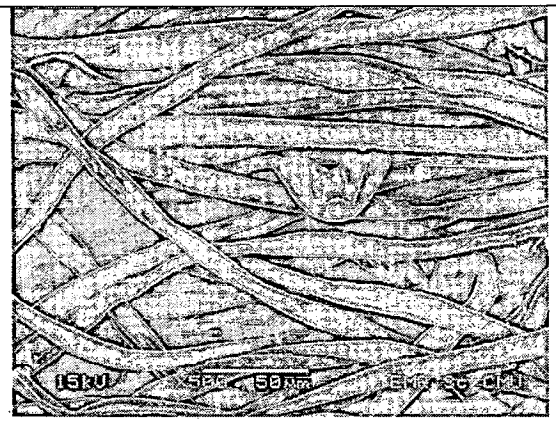
Cotton



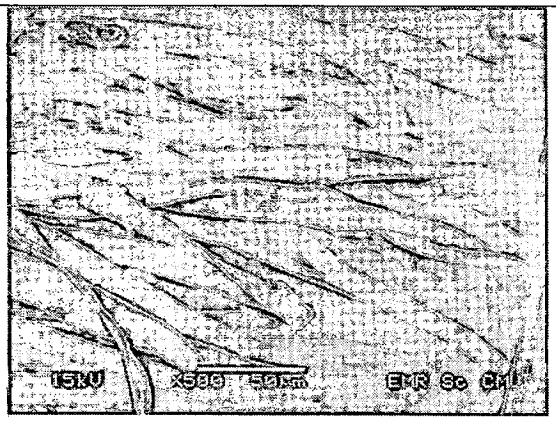
Cotton + $SiCl_4$ + POTS 10 mins



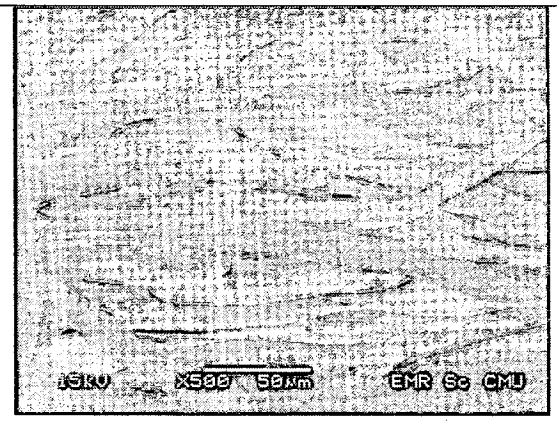
Cotton + $SiCl_4$ + POTS 30 mins



Cotton + $SiCl_4$ + POTS 60 mins



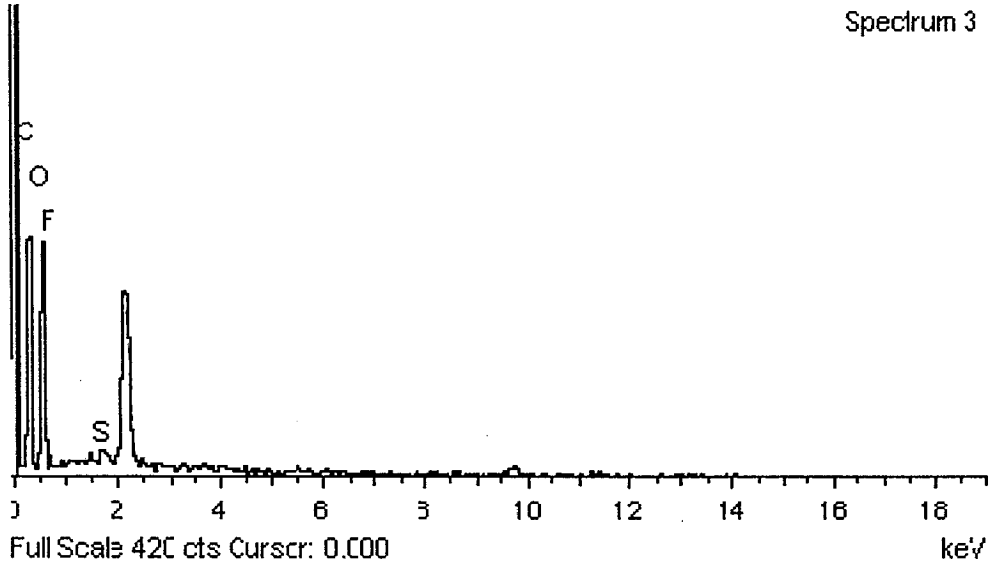
Cotton + $SiCl_4$ + POTS 120 mins



Cotton + $SiCl_4$ + POTS 180 mins

รูปที่24 SEM images ของผ้าฝ้ายที่ถูกดัดแปรด้วยซิลิกอนเททราคลอไรด์ และ POTS ที่เวลาต่างๆ (กำลังขยาย x500)

จากรูปที่21-24 จะเห็นได้ว่ามีการเปลี่ยนแปลงบนพื้นผิวของผ้าฝ้าย เมื่อทำการดัดแปรด้วยซิลิกอนเททราคลอไรด์และ POTS โดยจะมีลักษณะเป็นกลุ่มก้อนเกาะผลึกกันอยู่บนผิวผ้าฝ้าย และจากภาพจะเห็นได้ว่า มีปริมาณกลุ่มก้อนของซิลิกอนอยู่บนพื้นผิวของผ้าฝ้ายที่ถูกดัดแปรด้วยซิลิกอนเตทราคลอไรด์และ POTS มากกว่า ผ้าฝ้ายที่ถูกดัดแปรด้วย POTS อย่างเดียว

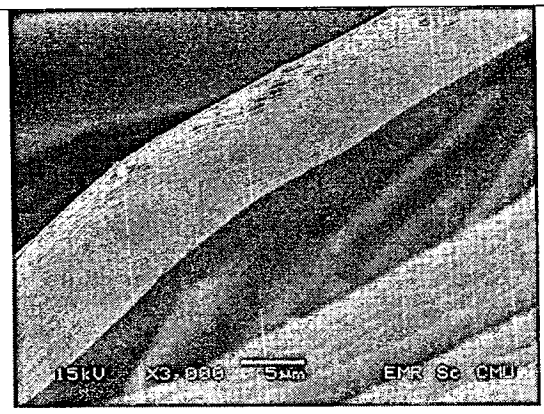


รูปที่ 25 แสดง EDS สเปกตรัมของผ้าฝ้ายที่ถูกดัดแปรด้วยซิลิกอนเททราคลอไรด์และPOTS

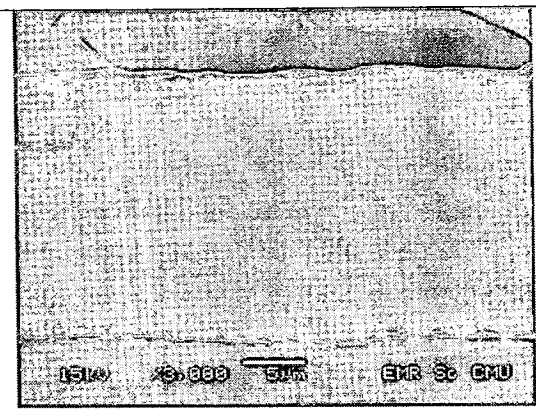
จากรูปที่25 EDS สเปกตรัมของผ้าฝ้ายที่ถูกเคลือบด้วยไอสารซิลิกอนเททราคลอไรด์และ POTS พบปริมาณธาตุ C, O, F และ Si เกิดขึ้น แสดงว่ามีปริมาณฟลูออลีนเกิดขึ้นบริเวณพื้นผิว เนื่องมาจากฟลูออลีนเป็นส่วนประกอบของ POTS ที่นำมาดัดแปรบนผิวผ้าฝ้ายที่ถูกเคลือบด้วยไอสารซิลิกอนเททราคลอไรด์ ดังนั้นจึงยืนยันได้ว่ามี POTS อยู่บริเวณพื้นผิวจริง

3.2.2.3 การดัดแปรผ้าฝ้ายที่ถูกเคลือบด้วยซิลิกอนเททราคลอไรด์ด้วย DMDCS

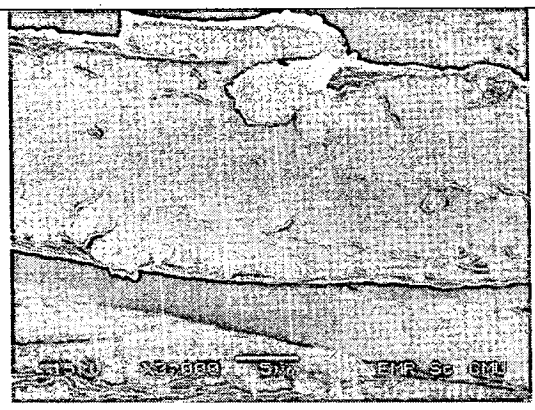
การศึกษาผลของเวลาที่มีต่อผ้าฝ้ายที่ถูกดัดแปรด้วย DMDCS และผ้าฝ้ายที่ถูกดัดแปรด้วยซิลิกอนเททราคลอไรด์และ DMDCS โดยใช้เทคนิค SEM ในการวิเคราะห์พื้นผิว ได้ผลดังรูปที่26-29



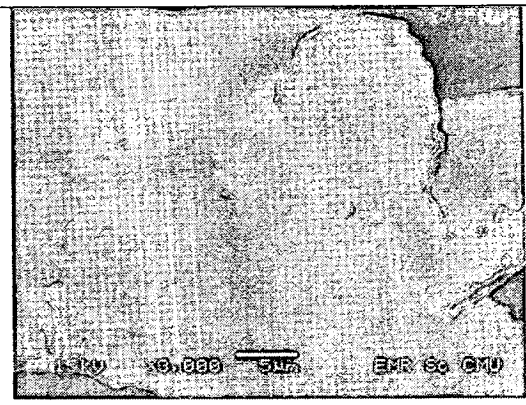
Cotton



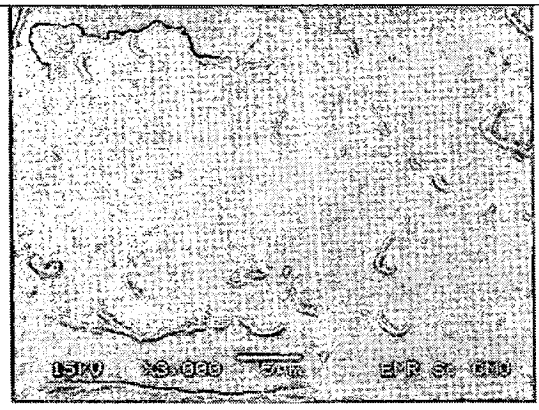
Cotton + DMDCS : 10 mins



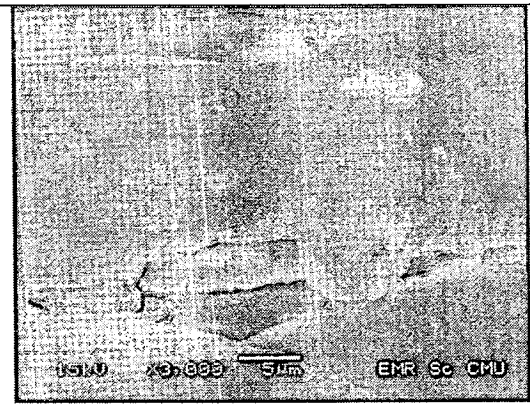
Cotton + DMDCS : 20 mins



Cotton + DMDCS : 30 mins

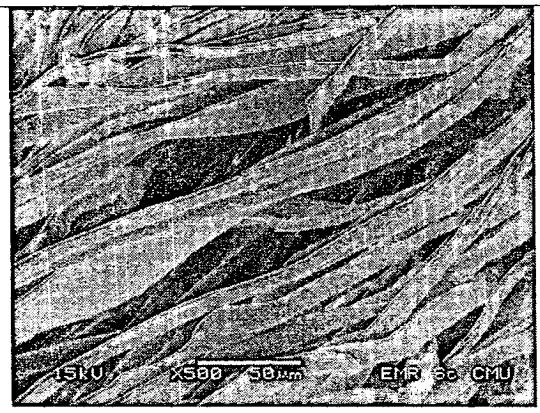


Cotton + DMDCS : 60 mins

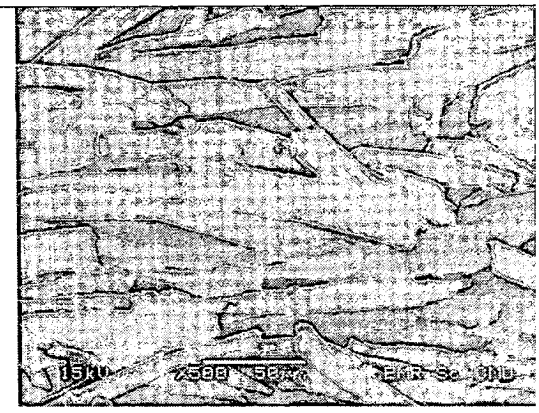


Cotton + DMDCS : 120 mins

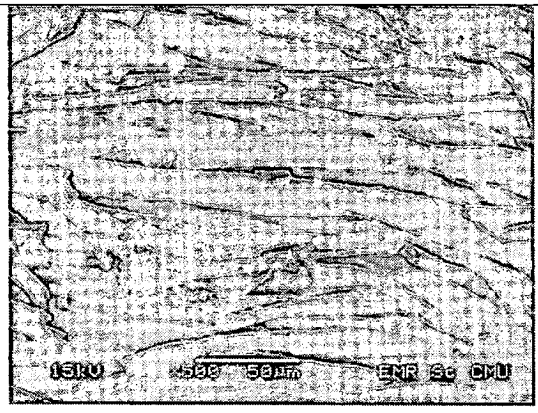
รูปที่26 SEM images ของผ้าฝ้ายที่ถูกดัดแปรด้วย DMDCS ที่เวลาต่างๆ (กำลังขยาย x3000)



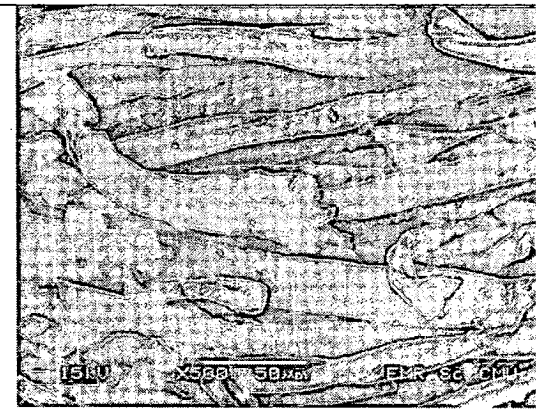
Cotton



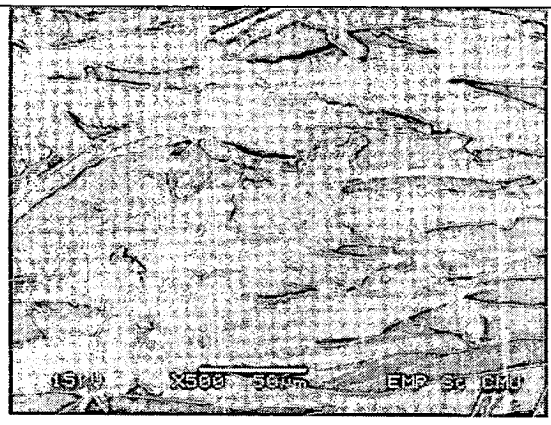
Cotton + DMDCS : 10 mins



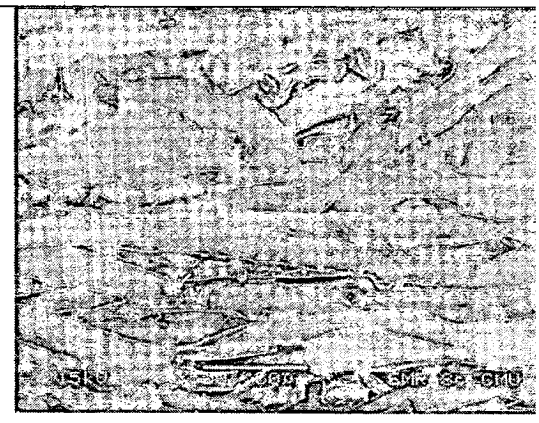
Cotton + DMDCS : 20 mins



Cotton + DMDCS : 30 mins

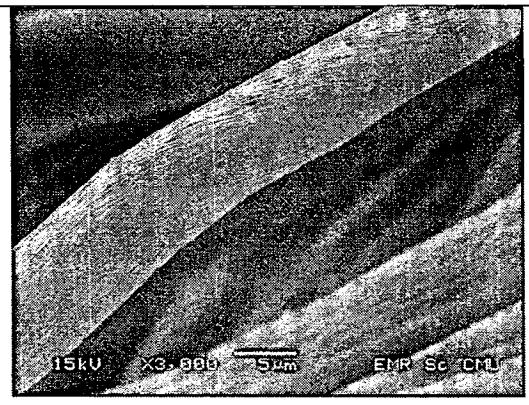


Cotton + DMDCS : 60 mins

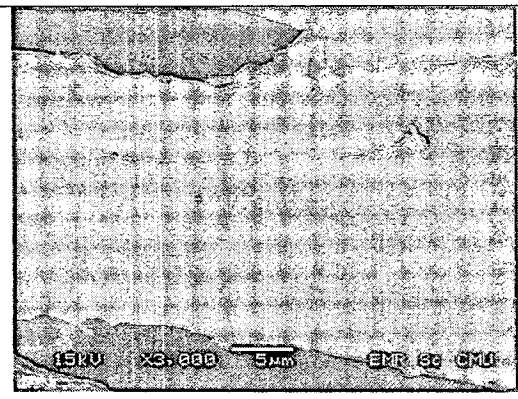


Cotton + DMDCS : 120 mins

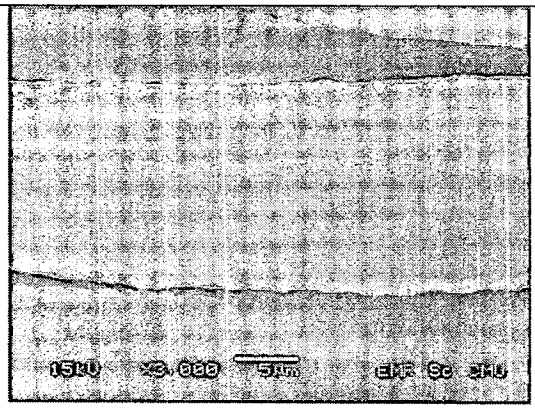
รูปที่27 SEM images ของผ้าฝ้ายที่ถูกดัดแปรด้วยDMDCS ที่เวลาต่างๆ (กำลังขยาย x500)



Cotton

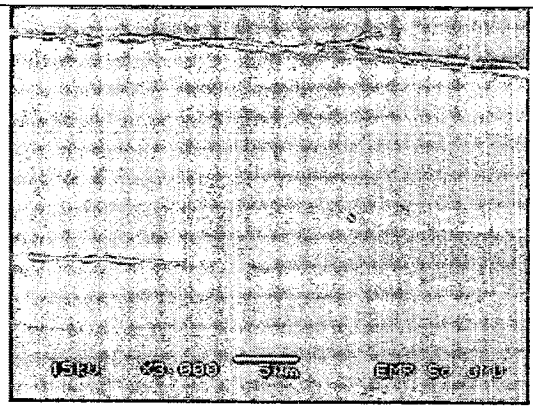


Cotton + $SiCl_4$ + DMDCS : 10 mins

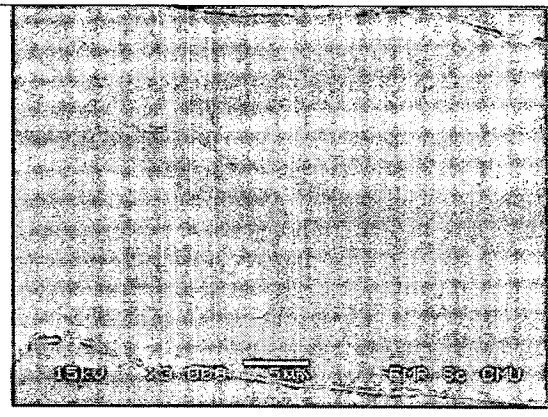


Cotton + $SiCl_4$ + DMDCS : 20 mins

Cotton + $SiCl_4$ + DMDCS : 30 mins

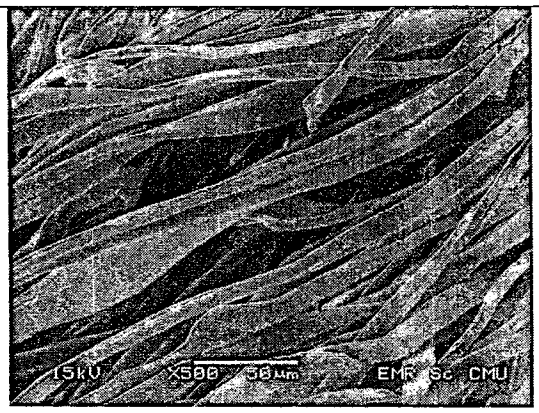


Cotton + $SiCl_4$ + DMDCS : 60 mins

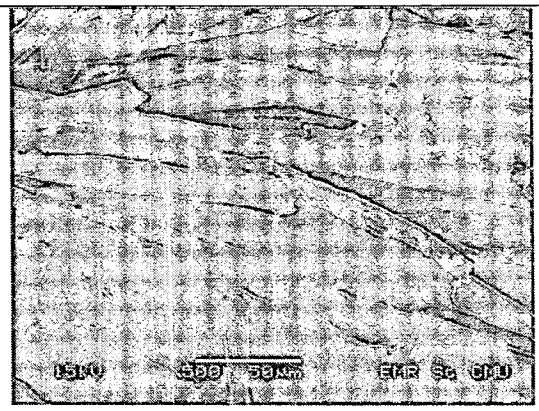


Cotton + $SiCl_4$ + DMDCS : 120 mins

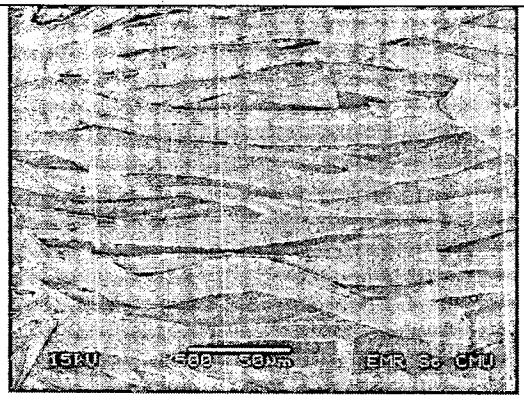
รูปที่28 SEM images ของผ้าฝ้ายที่ถูกดัดแปรด้วยซิลิกอนเททราคลอไรด์ และ DMDCS ที่เวลาต่างๆ (กำลังขยาย x3000)



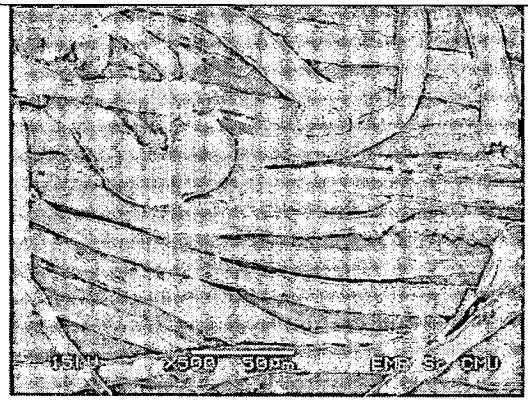
Cotton



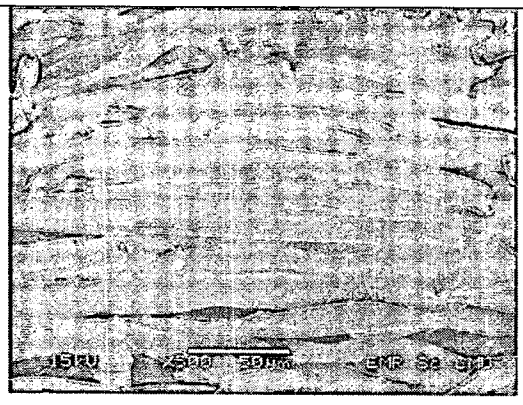
Cotton + $SiCl_4$ + DMDCS : 10 mins



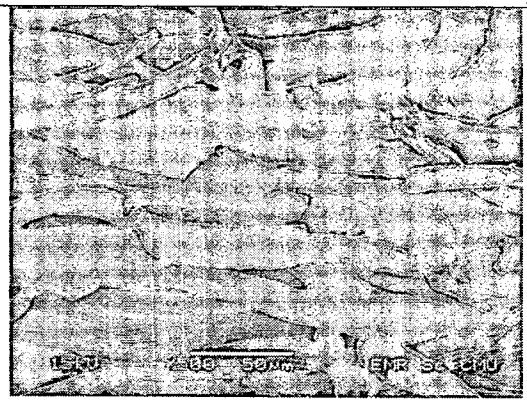
Cotton + $SiCl_4$ + DMDCS : 20 mins



Cotton + $SiCl_4$ + DMDCS : 30 mins



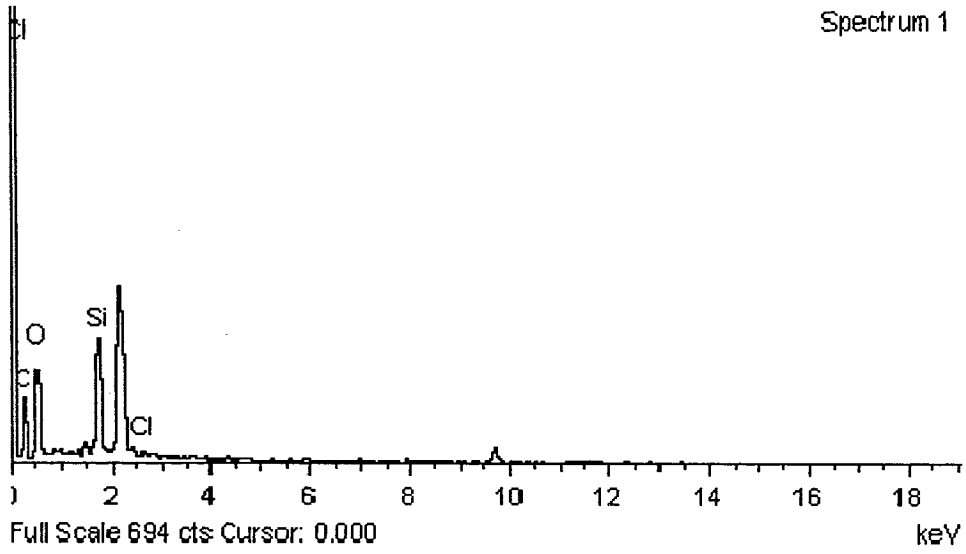
Cotton + $SiCl_4$ + DMDCS : 60 mins



Cotton + $SiCl_4$ + DMDCS : 120 mins

รูปที่29 SEM images ของผ้าฝ้ายที่ถูกดัดแปรด้วยซิลิกอนเททราคลอไรด์ และ DMDCS ที่เวลาต่างๆ (กำลังขยาย x500)

จากรูปที่26-29 จะเห็นได้ว่ามีการเปลี่ยนแปลงบนพื้นผิวของผ้าฝ้าย เมื่อทำการดัดแปรด้วยซิลิกอนเททราคลอไรด์ และ DMDCS จะมีลักษณะเกิดเป็นการเคลือบหลอมอยู่บนบริเวณพื้นผิวของผ้าฝ้าย และลักษณะการเคลือบหลอมบนพื้นผิวของผ้าฝ้ายที่ถูกดัดแปรด้วยซิลิกอนเททราคลอไรด์ก่อน จะมีลักษณะที่เรียบกว่าผ้าฝ้ายที่ไม่ได้ถูกดัดแปร



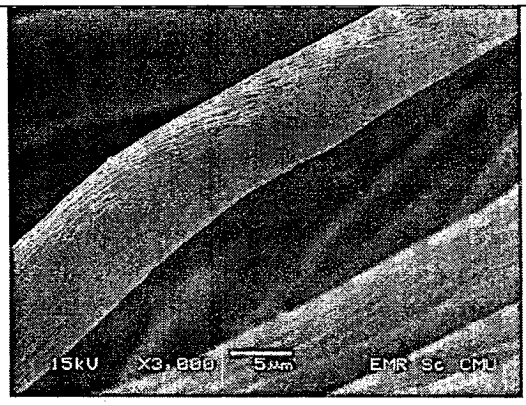
รูปที่ 30 แสดง EDS สเปกตรัมของผ้าฝ้ายที่ถูกเคลือบด้วยไอสารซิลิกอนเททราคลอไรด์และ DMDCS

จากรูปที่ 30 EDS สเปกตรัมของผ้าฝ้ายที่ถูกเคลือบด้วยไอสารซิลิกอนเททราคลอไรด์และ DMDCS พบว่ามีปริมาณธาตุ C, O, Si และ Cl เกิดขึ้น แสดงให้เห็นว่ามีปริมาณของคลอรีนเกิดขึ้นบริเวณพื้นผิวของผ้าฝ้ายที่ถูกดัดแปร เนื่องมาจากคลอรีนเป็นส่วนประกอบของ DMDCS ที่นำมาดัดแปรบนผิวผ้าฝ้ายที่ถูกเคลือบด้วยไอสารซิลิกอนเททราคลอไรด์ ดังนั้นจึงยืนยันได้ว่ามี DMDCS อยู่บริเวณพื้นผิวจริง

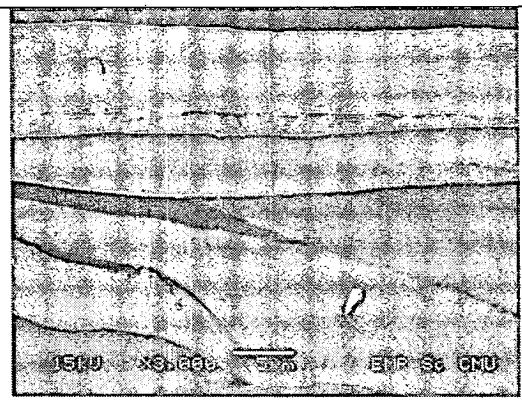
3.3 การดัดแปรผ้าฝ้ายที่ถูกเคลือบด้วยซิลิกอนเททราคลอไรด์ด้วยวุธีการจุ่ม

3.3.1 การดัดแปรผ้าฝ้ายที่ถูกเคลือบด้วยซิลิกอนเททราคลอไรด์ด้วย SA

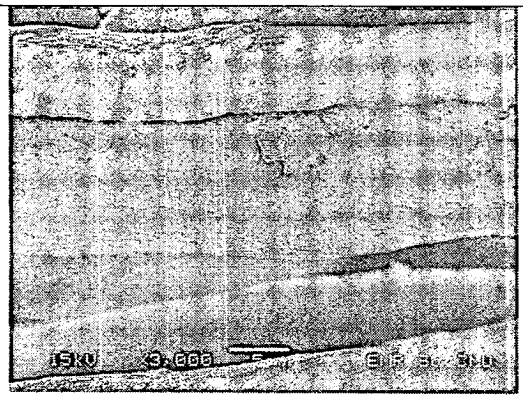
การศึกษาผลของเวลาที่มีต่อผ้าฝ้ายที่ถูกดัดแปรด้วย SA และผ้าฝ้ายที่ถูกดัดแปรด้วยซิลิกอนเททราคลอไรด์และ SA โดยใช้เทคนิค SEM ในการวิเคราะห์พื้นผิว ได้ผลดังรูปที่ 31-34



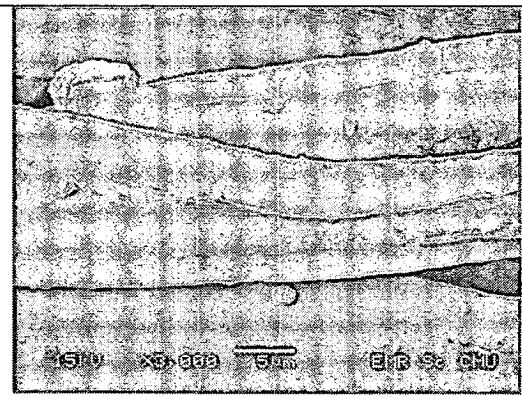
Cotton



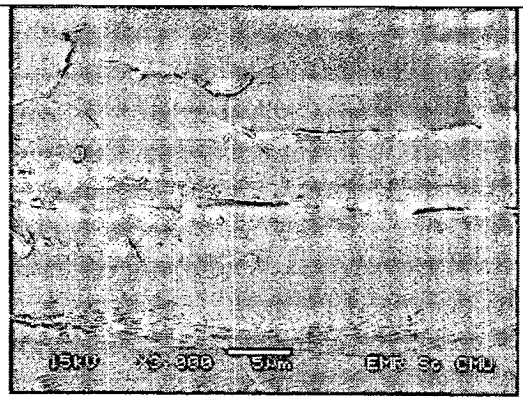
Cotton + SA conc. 0.005 M



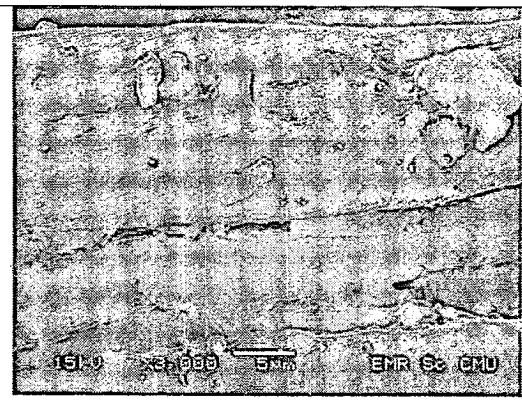
Cotton + SA conc. 0.01 M



Cotton + SA conc. 0.05 M

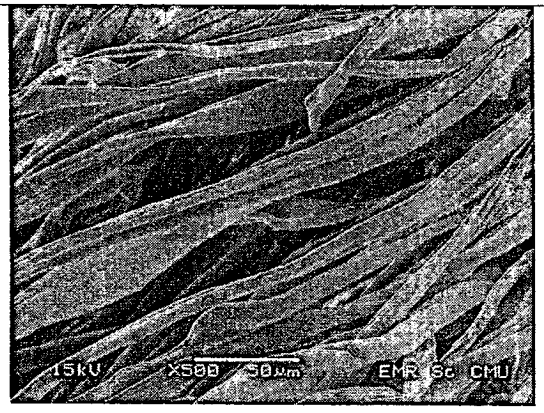


Cotton + SA conc. 0.1 M

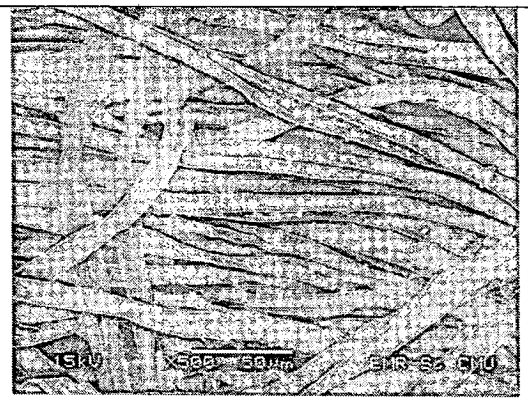


Cotton + SA conc. 0.2 M

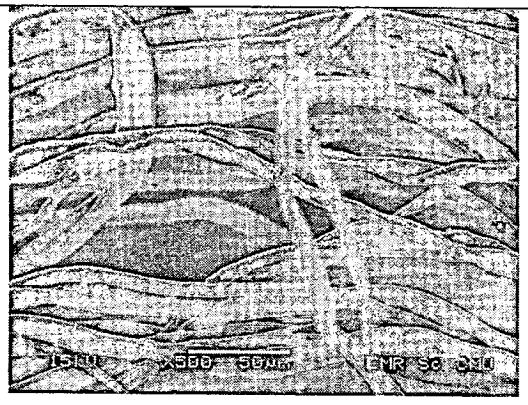
รูปที่ 31 SEM images ของผ้าฝ้ายที่ถูกดัดแปรด้วย SA ที่ความเข้มข้นต่างๆ (กำลังขยาย x3000)



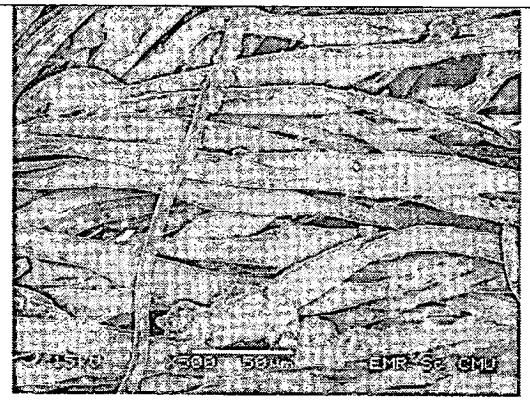
Cotton



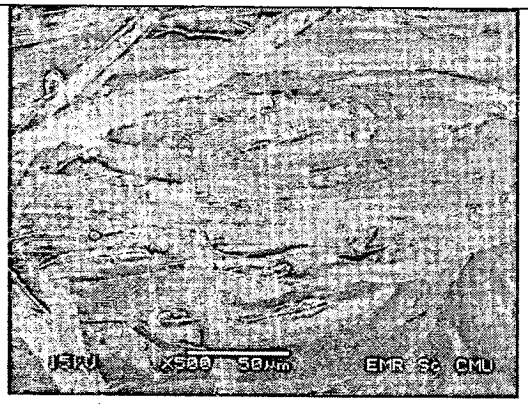
Cotton + SA conc. 0.005 M



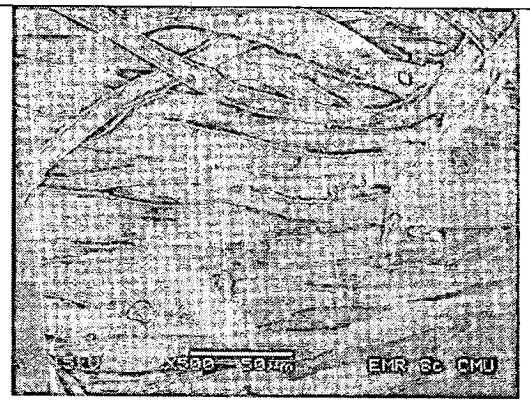
Cotton + SA conc. 0.01 M



Cotton + SA conc. 0.05 M

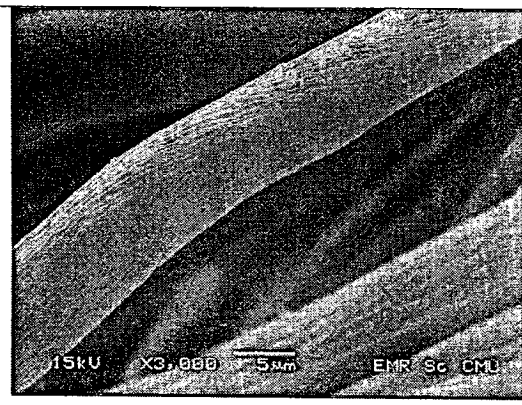


Cotton + SA conc. 0.1 M

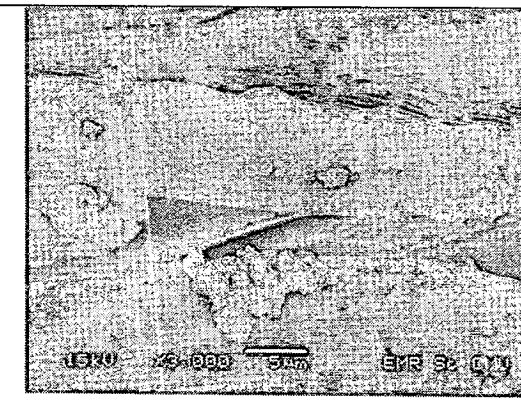


Cotton + SA conc. 0.2 M

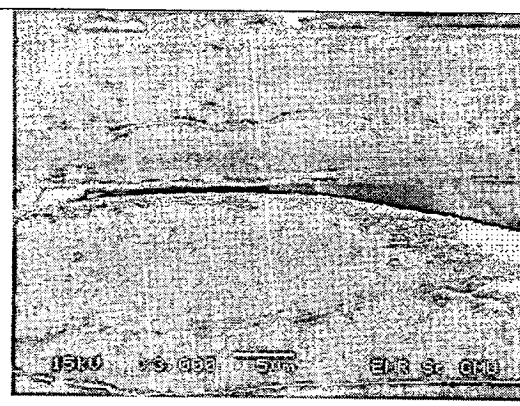
รูปที่ 32 SEM images ของผ้าฝ้ายที่ถูกดัดแปรด้วย SA ที่ความเข้มข้นต่างๆ (กำลังขยาย x500)



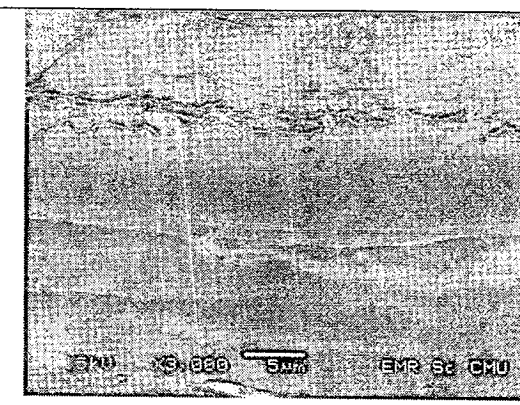
Cotton



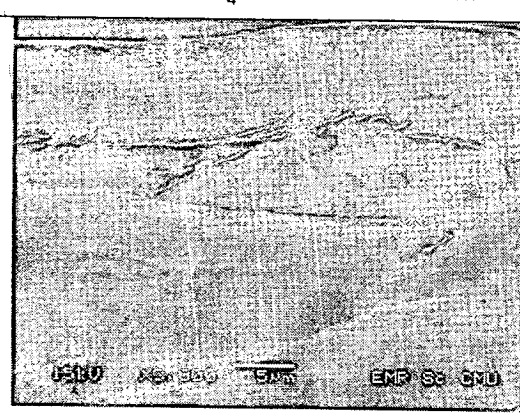
Cotton + $SiCl_4$ + SA conc. 0.005 M



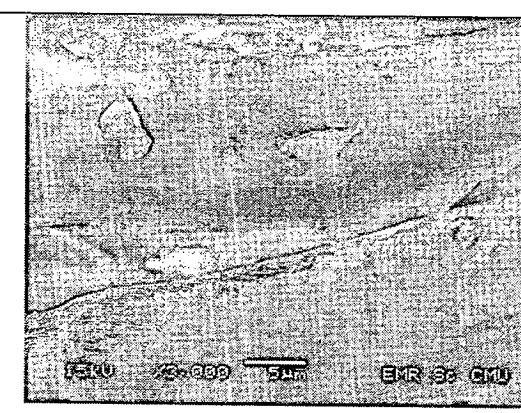
Cotton + $SiCl_4$ + SA conc. 0.01 M



Cotton + $SiCl_4$ + SA conc. 0.05 M

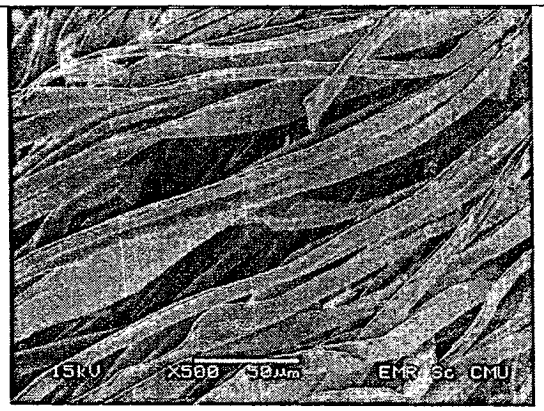


Cotton + $SiCl_4$ + SA conc. 0.1 M

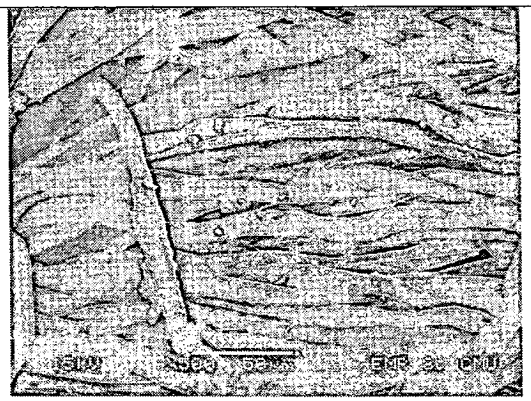


Cotton + $SiCl_4$ + SA conc. 0.2 M

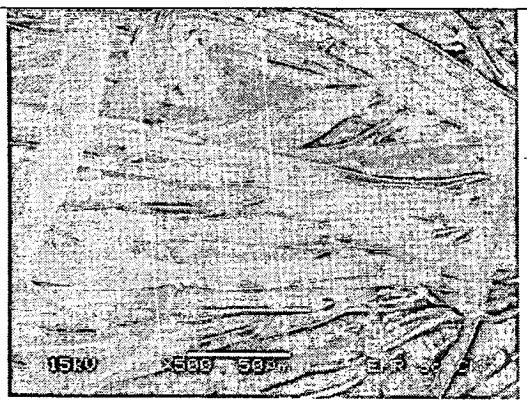
รูปที่ 33 SEM images ของผ้าฝ้ายที่ถูกดัดแปรด้วยซิลิกอนเททราคลอไรด์ และ SA ที่ความเข้มข้นต่างๆ (กำลังขยาย x3000)



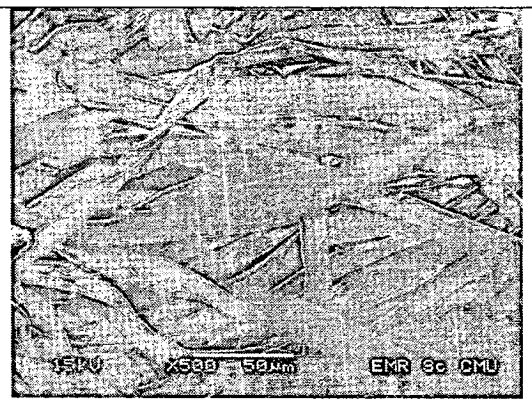
Cotton



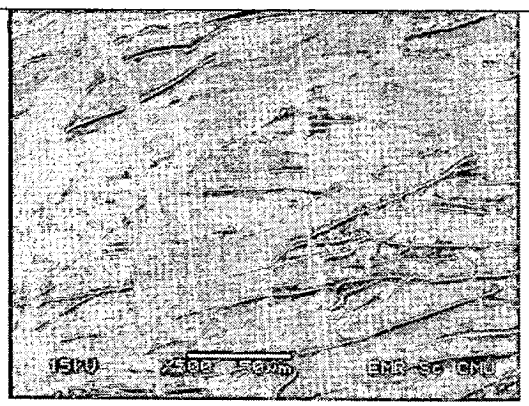
Cotton + $SiCl_4$ + SA conc. 0.005 M



Cotton + $SiCl_4$ + SA conc. 0.01 M



Cotton + $SiCl_4$ + SA conc. 0.05 M

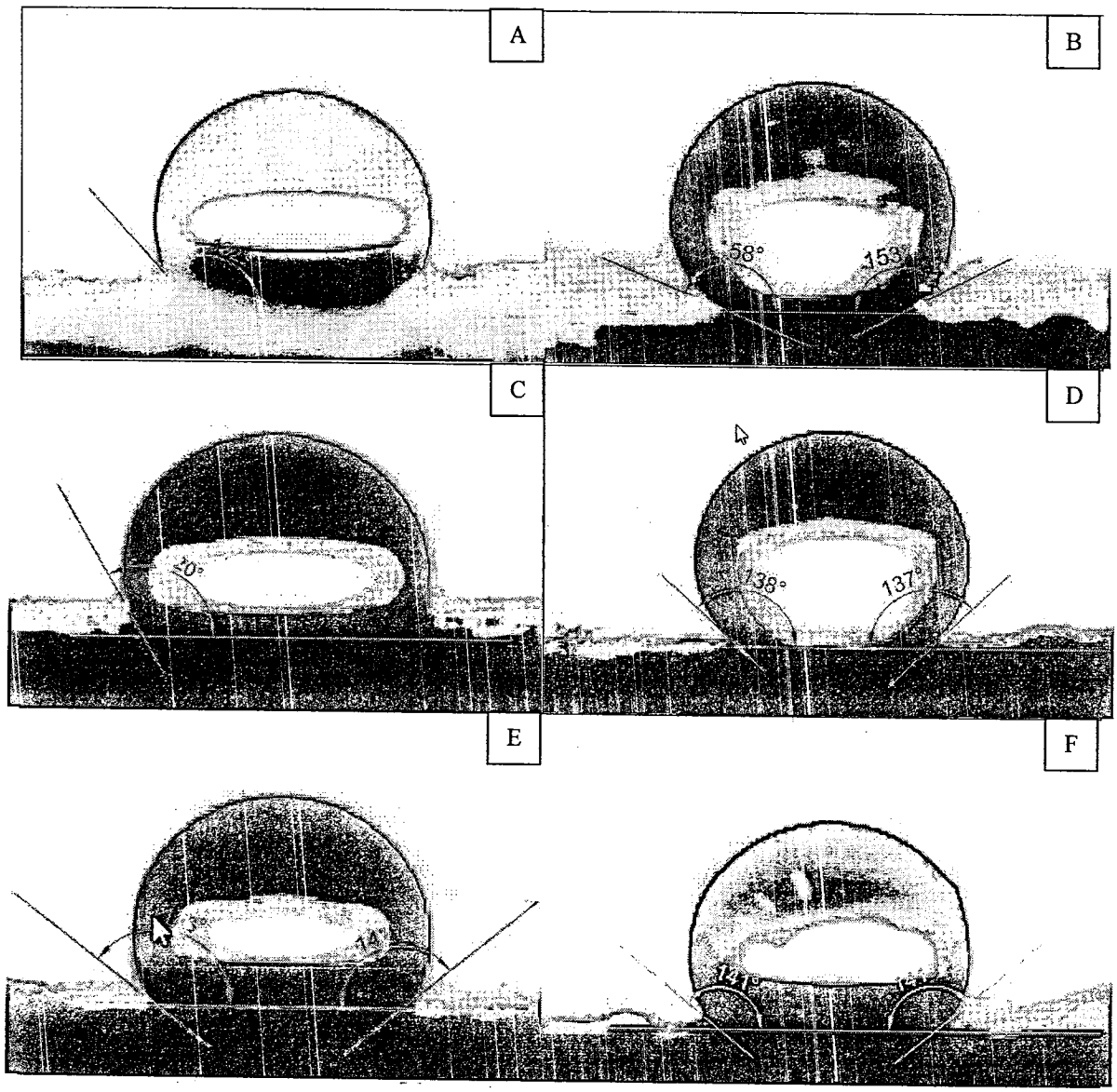


Cotton + $SiCl_4$ + SA conc. 0.1 M

Cotton + $SiCl_4$ + SA conc. 0.2 M

รูปที่ 34 SEM images ของผ้าฝ้ายที่ถูกดัดแปรด้วยซิลิกอนเททราคลอไรด์ และ SA ที่ความเข้มข้นต่างๆ (กำลังขยาย x500)

3.4 การศึกษามุมสัมผัสของน้ำบน ผ้าฝ้าย, ผ้าฝ้ายที่ถูกดัดแปรด้วย POTS, ผ้าฝ้ายที่ถูกดัดแปรด้วยซิลิกอนเททราคลอไรด์และ POTS, ผ้าฝ้ายที่ถูกดัดแปรด้วย DMDCS, ผ้าฝ้ายที่ถูกดัดแปรด้วยซิลิกอนเททราคลอไรด์และ DMDCS, ผ้าฝ้ายที่ถูกดัดแปรด้วย SA และ ผ้าฝ้ายที่ถูกดัดแปรด้วยซิลิกอนเททราคลอไรด์และ SA



รูปที่ 35 แสดงมุมสัมผัสของน้ำบน (A) ผ้าฝ้ายถูกดัดแปรด้วย POTS (B) ผ้าฝ้ายที่ถูกดัดแปรด้วยซิลิกอนเททราคลอไรด์และ POTS (C) ผ้าฝ้ายถูกดัดแปรด้วย DMDCS (D) ผ้าฝ้ายที่ถูกดัดแปรด้วยซิลิกอนเททราคลอไรด์และ DMDCS (E) ผ้าฝ้ายถูกดัดแปรด้วย SA (F) ผ้าฝ้ายที่ถูกดัดแปรด้วยซิลิกอนเททราคลอไรด์และ SA

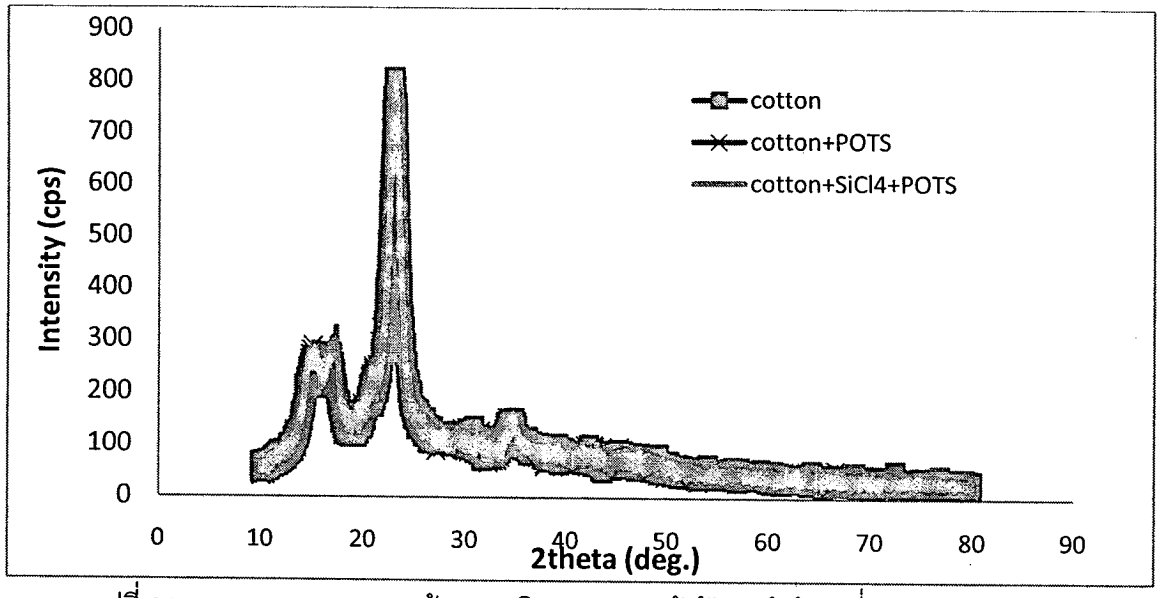
ตารางที่ 3.1 แสดงมุมสัมผัสของน้ำบนตัวอย่างต่างๆ

The sample	Water Contact Angle (Max.CA)
Untreated cotton cloth	69°
SDS-PEI-cotton cloth	67°
SDS-PolyDADMAC-cotton cloth	69°
DB-cotton cloth	65°
POTS-silica nano particle-cotton cloth	151°
POTS-modified cotton cloth (120 mins.)	132°
POTS-$SiCl_4$ modified cotton cloth (120 mins.)	158°
DMDCS-modified cotton cloth (30 mins)	120°
DMDCS-$SiCl_4$-modified cotton cloth(30 mins)	138°
Stearic acid-modified cotton cloth (0.2 M)	142°
Stearic acid -$SiCl_4$-modified cotton cloth(0.2 M)	141°

จากตารางที่ 3.1 แสดงมุมสัมผัสของน้ำบนพื้นผิวผ้าฝ้ายจะเห็นได้ว่า ผ้าฝ้ายที่ถูกทำให้เกิดความไม่ชอบน้ำด้วย stearic acid ให้ค่ามุมสัมผัสที่ดีกว่า ผ้าฝ้ายที่ถูกดัดแปรด้วย POTS และ DMDCS คือ 142° และเมื่อเพิ่มการเคลือบด้วยไอสารซิลิกอนเททราคลอไรด์ มีค่ามุมสัมผัส เท่ากับ 141 ° องศา ซึ่งถือว่ามีค่าใกล้เคียงกันมากจึงถือว่าการปรับปรุงพื้นผิวด้วยซิลิกอนเททราคลอไรด์ก่อนการดัดแปรด้วย stearic acid ไม่ได้ทำให้เกิดความไม่ชอบน้ำเพิ่มขึ้น แต่สำหรับการดัดแปรพื้นผิวให้มีความไม่ชอบน้ำด้วย POTS และ DMDCS ให้ค่ามุมสัมผัส เท่ากับ 132 ° และ 120 ° ตามลำดับ และเมื่อผ้าฝ้ายที่ถูกเคลือบด้วยไอสารซิลิกอนเททราคลอไรด์มาดัดแปรด้วย POTS และ DMDCS มีค่ามุมสัมผัส เท่ากับ 158° และ 138 ° จะเห็นได้ว่าการปรับปรุงพื้นผิวด้วยซิลิกอนเททราคลอไรด์ก่อนการดัดแปรด้วย POTS และ DMDCS ทำให้มีค่ามุมสัมผัสที่เพิ่มมากขึ้น และ ผ้าฝ้ายที่ถูกดัดแปรด้วยซิลิกอนเททราคลอไรด์และ POTS ให้ค่ามุมสัมผัสที่ดีที่สุด ดังนั้นจึงเห็นว่า POTS, DMDCS และ stearic acid สามารถทำให้เกิดความไม่ชอบน้ำบนพื้นผิวของผ้าฝ้ายได้

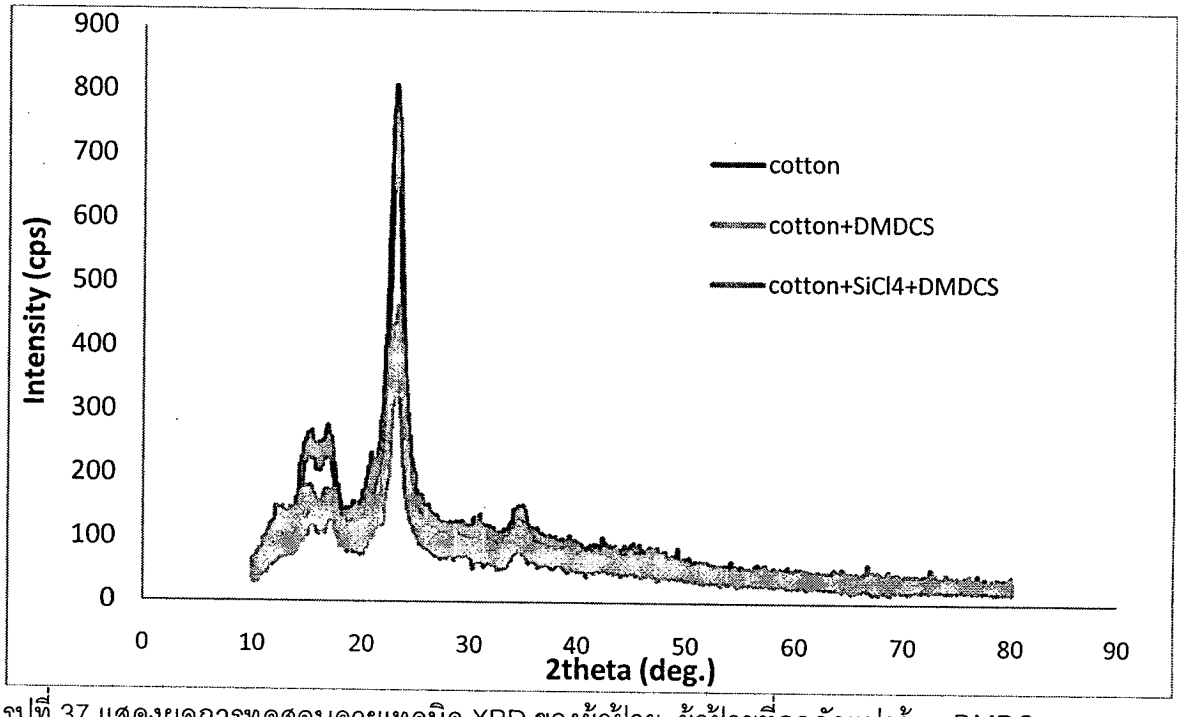
3.5 การวิเคราะห์โครงสร้างผลึกของตัวอย่างผ้าฝ้ายด้วย X-ray diffractrometer

ได้ทำการเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์เทคนิค XRD ของผ้า*ฝ้าย และผ้าฝ้ายที่ถูกดัดแปร* พบว่าการวิเคราะห์ของผ้าฝ้าย, ผ้าฝ้ายที่ถูกดัดแปรด้วย POTS และ ผ้าฝ้ายที่ถูกดัดแปรด้วยซิลิกอนเททราคลอไรด์ และPOTS แสดงดังรูปที่ 36



รูปที่ 36 แสดงผลการทดสอบด้วยเทคนิค XRD ของผ้าฝ้าย, ผ้าฝ้ายที่ถูกดัดแปรด้วย POTS และ ผ้าฝ้ายที่ถูกดัดแปรด้วยซิลิกอนเททราคลอไรด์และ POTS

จะเห็นได้ตำแหน่งของพีคที่ 2θ ของผ้าฝ้าย, ผ้าฝ้ายที่ถูกดัดแปรด้วย POTS และ ผ้าฝ้ายที่ถูกดัดแปรด้วยซิลิกอนเททราคลอไรด์ และPOTS อยู่ในตำแหน่งเดียวกัน และมี intensity ปริมาณเท่ากัน จึงถือว่าลักษณะโครงสร้างผลึกไม่มีการเปลี่ยนแปลง



รูปที่ 37 แสดงผลการทดสอบดวยเทคนิค XRD ของผ้าฝ้าย, ผ้าฝ้ายที่ถูกดัดแปรด้วย DMDC และ ผ้าฝ้ายที่ถูกดัดแปรด้วยซิลิกอนเททราคลอไรด์และ DMDCS

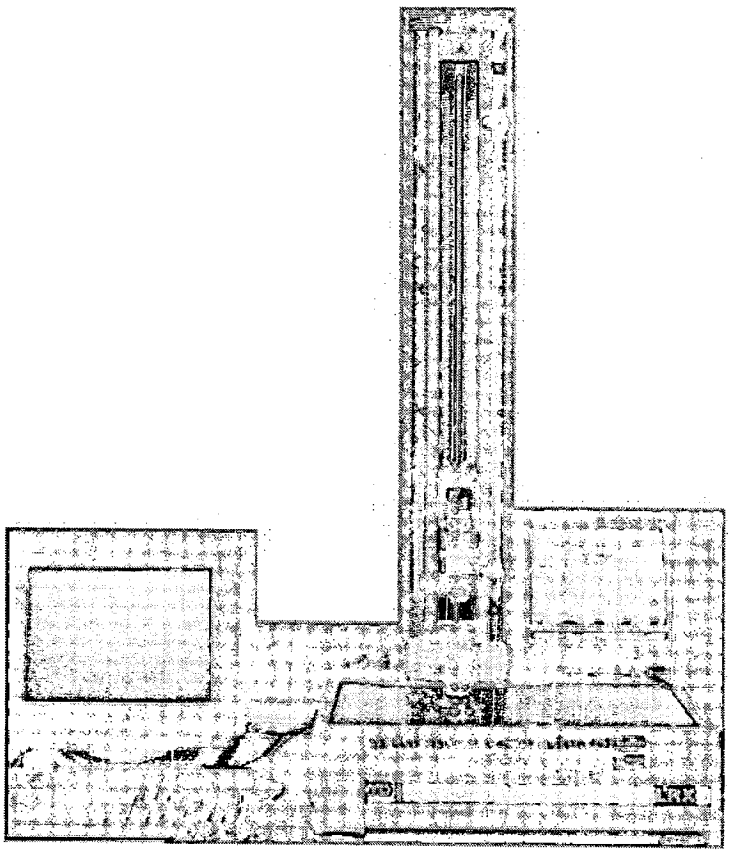
ส่วนรูปที่ 37 แสดงผลการวิเคราะห์ ของผ้าฝ้าย, ผ้าฝ้ายที่ถูกดัดแปรด้วย DMDCS และ ผ้าฝ้ายที่ถูกดัดแปรด้วยซิลิกอนเททราคลอไรด์ และDMDCS พบว่าจะเห็นได้ตำแหน่งของพีคที่ 2θ ของผ้าฝ้าย, ผ้าฝ้ายที่ถูกดัดแปรด้วย DMDCS และ ผ้าฝ้ายที่ถูกดัดแปรด้วยซิลิกอนเททราคลอไรด์ และDMDCS อยู่ในตำแหน่งเดียวกัน แต่ผ้าฝ้ายที่ถูกดัดแปรด้วย DMDCS และ ผ้าฝ้ายที่ถูกดัดแปรด้วยซิลิกอนเททราคลอไรด์ และDMDCS จะมี ปริมาณ intensity ที่น้อยกว่า ผ้าฝ้ายที่ไม่ถูกดัดแปร แสดงให้เห็นว่าการดัดแปรด้วย DMDCS ทำให้มีความเป็นผลึกของพื้นผิวน้อยลง

3.6 การทดสอบสมบัติเชิงกลของผ้าฝ้าย

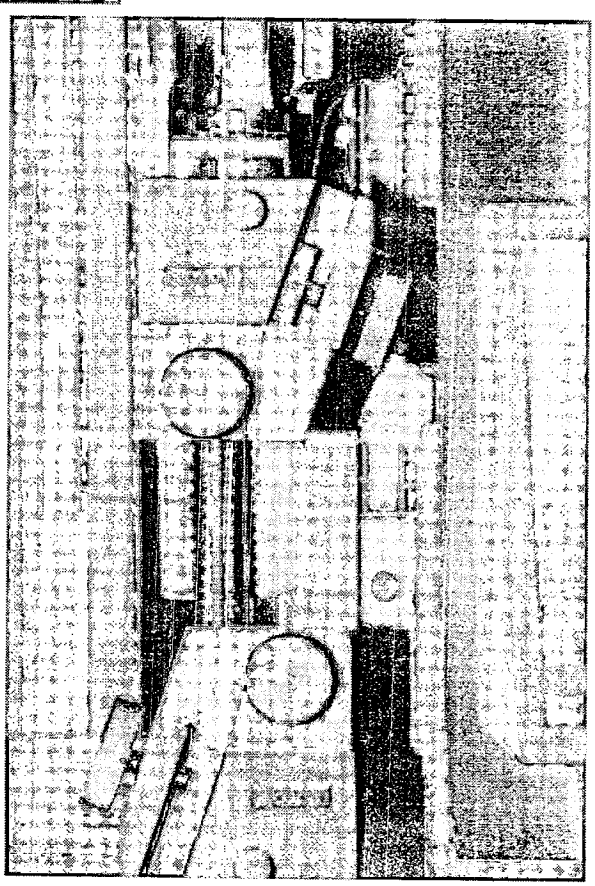
เส้นผ้าฝ้ายที่ถูกดัดแปรถูกนำไปทดสอบสมบัติเชิงกล เพื่อหาความแข็งแรงด้วยเครื่องทดสอบสมบัติเชิงกล (Universal Mechanical Testing Machine) ของบริษัท LLOYD Instruments รุ่น LRX ดังรูปที่27 (ก) การทดสอบสมบัติเชิงกลทำได้ดังนี้

เลือกเส้นผ้าฝ้ายที่มีผิวเรียบสม่ำเสมอ ตัดให้มีความยาวประมาณ10 cm วัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นใยด้วยเวอร์เนียร์ (vernia) ที่มีความละเอียด 0.001mm นำเส้นผ้าฝ้ายมาพันรอบ ballard grips ข้างละ1รอบ หนีบเส้นใยที่ปลายทั้งสองให้แน่น โดยกำหนดให้มี initial gauge length (ระยะห่างของ ballard grips) 4.00 cm ดังแสดงในรูป 27 (ข) ดึงเส้นผ้าฝ้ายด้วย load cell ขนาด 0.0100 N ด้วยอัตราเร็วเริ่มต้นในการดึง (cross-head speed) 8.00 cm/min ซึ่งเส้นผ้าฝ้ายจะถูกดึงจนขาด ณ บรรยากาศห้องปฏิบัติการ (26.0-27.0 ^{o}C) ซึ่งสภาวะที่ใช้ในการเป็นดังนี้

General Purpose Pull with Yieids Setup	
Preload:	0.0100 N
Speed:	8.00 cm/min
Gauge Length:	About 4.00 cm
Area:	About 0.236 mm Diameter
Stop At:	Deflection of 550.0 mm
Break:	Load drops quickly



(ก)



(ข)

รูปที่ 38 (ก) เครื่องทดสอบสมบัติเชิงกล (Universal Mechanical Testing Machine)

(ข) ลักษณะการพันเส้นผ้าฝ้ายบน bollard grips

ตารางที่ 3.2 ปริมาณ Stress at Maximum Load (MPa) ของตัวอย่างเส้นผ้าฝ้ายต่างๆ

ตัวอย่าง	Stress at Maximum Load (MPa)
เส้นใยฝ้าย	88.35
เส้นใยฝ้าย+ สารลดแรงตึงผิว	85.47
เส้นใยฝ้าย+ silica nano particle + POTS	75.34
เส้นใยฝ้าย+ $SiCl_4$	29.47
เส้นใยฝ้าย + POTS	77.19
เส้นใยฝ้าย + $SiCl_4$ + POTS	20.16
เส้นใยฝ้าย + DMDCS	Not detected
เส้นใยฝ้าย + $SiCl_4$ + DMDCS	7.12
เส้นใยฝ้าย + SA	75.86
เส้นใยฝ้าย + $SiCl_4$ + SA	41.32

ผลการทดสอบสมบัติเชิงกลของเส้นใยฝ้ายที่ผ่านการดัดแปรที่สภาวะต่างๆ แสดงในตารางที่ 3.2 พบว่า ความแข็งแรงของเส้นใยฝ้ายมีแนวโน้มที่ลดลงเมื่อมีการดัดแปรเพื่อเพิ่มความเป็นไฮโดรโฟบิกให้กับเส้นใยฝ้าย เมื่อพิจารณาในเชิงเปรียบเทียบจะพบว่าการดัดแปรด้วยสารลดแรงตึงผิว ซึ่งจะเป็นการดัดแปรที่อาศัยแรงดึงดูดทางกายภาพเพื่อให้เกิดความเป็นไฮโดรโฟบิก จะส่งผลต่อความแข็งแรงของเส้นใยไม่มาก เมื่อเทียบกับการดัดแปรด้วยวิธีไอเคมีตกสะสม และการจุ่มในกรดสเตียริก ซึ่ง 2 กรณีหลังนี้จะสังเกตได้ว่า ความแข็งแรงของเส้นใยฝ้ายจะมีค่าลดลงค่อนข้างมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งการดัดแปรด้วย DMDCS อาจจะมีสาเหตุจากการดัดแปรด้วย 2 วิธีหลังนี้สามารถเกิดพันธะกับเส้นใยฝ้ายได้ และอาจมีผลต่อโครงสร้างของเส้นใยฝ้าย ทำให้เส้นใยฝ้ายมีความแข็งแรงลดลง